

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Energia- ja ympäristötekniikan koulutus

Riikka Kinnunen  
Riina Kupiainen

Rakennustyömaan muovijätevirrat ja lajittelun ympäristövaikutukset

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2019

**OPINNÄYTETYÖ****Huhtikuu 2019****Energia- ja ympäristötekniikan kou-  
lutus**Karjalankatu 3  
80200 JOENSUU  
+358 13 260 600 (vaihde)**Tekijät**

Riikka Kinnunen, Riina Kupiainen

**Nimeke**

Rakennustyömaan muovijätevirrat ja lajittelun ympäristövaikutukset

**Toimeksiantaja**

Karelia-amk

**Tiivistelmä**

Opinnäytetyössä selvitettiin rakennustyömaalla kertyneiden muovijakeiden määrät ja muovityypit lajittelututkimuksen avulla. Tutkimuskohteena oli Joensuussa sijaitseva rakennustyömaa, johon oli rakenteilla noin 200 opiskelija-asuntoa sekä ravintolatilat. Selvitettyjen muovityyppien ja määrien perusteella toteutettiin hiilijalanjäljen määrittäminen muovijätteen kierrätykselle sekä vaihtoehtoisesti muovijätteen polttamiselle elinkaariarviointia ja SimaPro-ohjelmaa hyödyntämällä.

Tutkimus toteutettiin rakennusjätemuovin koostumuksen ja kierrättämisen suppean nykytiedon takia. Tutkimustulokset antoivat kattavaa tietoa rakennustyömaalla syntyvistä muovijätevirroista ja tietoja on mahdollista myöhemmin hyödyntää jatkotutkimuksissa. Elinkaariarvioinnilla pyrittiin tuomaan lisäarvoa tutkimukselle tunnistamalla muovin kierrätyksen ja polton ympäristövaikutuksia.

Tulosten perusteella 89 - 98 % tutkimusaineiston sisällöstä oli muovijätepuristimeen kelpaavaa materiaalia, josta suurin osa on suojaukseen ja pakkaukseen käytettävää PE-LD-kalvomuovia. Ympäristövaikutuslaskelmien mukaan muovin kierrätyksellä voidaan välttää noin 50 % elinkaaren aikaisesta hiilijalanjäljestä ja polttamalla puolestaan noin 25 %.

Muovin kierrättäminen työmaalla on erityisesti ympäristönäkökulmasta erittäin kannattavaa, ja sitä tulisi jatkossa yleistää. Muovin hyödyntämisvaihtoehtoja tulisi kehittää, jotta saataisiin kierrättämisestä mahdollisimman paljon hyötyä ja se olisi myös taloudellisesti järkevää.

Kieli  
suomi

Sivuja 45

**Asiasanat**

Muovijäte, kierrätys, rakennusjäte, lajittelu, kiertotalous, hiilijalanjälki, ympäristövaikutukset



**THESIS**  
**April 2019**  
**Degree Programme in Energy and Environmental Technology**

Karjalankatu 3  
80200 JOENSUU  
FINLAND  
+ 358 13 260 600 (switchboard)

Authors  
Riikka Kinnunen, Riina Kupiainen

Title  
Plastic Waste Streams of Construction Site and Environmental Impacts of Sorting

Commissioned by  
Karelia UAS

Abstract

The thesis explored quantities and types of plastic fractions accumulated at the construction site. The research method was sorting research. The project focused on a construction site in Joensuu where about 200 student homes and restaurant facilities are under construction. Based on the clarified plastic types and quantities, a carbon footprint was determined for the recycling of plastic waste and alternatively for the burning of plastic waste using a life cycle assessment and SimaPro program.

The study was carried out due to the limited current knowledge of the composition and recycling of construction waste plastic. The results of the research provided comprehensive information on the plastic waste streams generated on the construction site, which can later be utilized in further research. The Life Cycle Assessment was done to add value to research by identifying the environmental impacts of plastic recycling and incineration.

Based on the results, 89 - 98 % of the content was material suitable for the plastic waste press. Most of the content was PE-LD plastic used for protection and packaging. According to environmental impact calculations, plastic recycling can avoid about 50 % of the life cycle carbon footprint and, in turn, burn about 25 %.

Recycling of plastic on the construction site is particularly profitable from an environmental point of view and should be generalized in the future. The options for the re-use of plastics should be developed in order to maximize the benefits of recycling. Plastic recycling should also be made economically viable.

Language  
Finnish

Pages 45

Keywords

Plastic waste, recycling, construction waste, sorting, circular economy, carbon footprint, environmental impacts

## Sisältö

1	Johdanto.....	6
2	Keskeiset käsitteet.....	7
3	Kiertotalous.....	8
3.1	Kiertotalous Suomessa.....	8
3.2	Kiertotalous rakennustyömailla.....	10
3.3	Muovit osana kiertotaloutta.....	11
4	Muovilajikkeet ja -jätteet rakennustyömailla.....	13
4.1	Yleistä.....	13
4.2	Kerta- ja kestumuovit.....	14
4.3	PE-LD.....	15
4.4	PEX.....	16
4.5	PP.....	16
4.6	PE-HD.....	17
4.7	PVC.....	18
4.8	PET.....	18
5	Muovin ympäristönäkökohdat.....	19
5.1	Muovin ja sen kierrätyksen hyödyt.....	19
5.2	Muovin haitat.....	20
5.3	Hiilijalanjälki ja elinkaariarviointi.....	21
6	Tutkimuksen tavoitteet.....	22
6.1	Tutkimuksen tarkoitus.....	22
6.2	Aiheen rajaus.....	23
7	Lajittelututkimus.....	24
7.1	Tutkimusmenetelmä ja näytteenotto.....	24
7.2	Lajittelu ja punnitus.....	26
7.3	Tulokset.....	28
7.4	Tulosten tulkinta.....	29
8	Kierrätyksen ympäristövaikutukset.....	31
8.1	Tavoite ja rajaus.....	31
8.2	Tulokset.....	33
8.3	Tulosten tulkinta.....	38
9	Pohdinta.....	39
9.1	Kierrätyksen kannattavuuden arviointi.....	39
9.2	Luotettavuuden arviointi.....	39
9.3	Muovin kierrätyksen mahdollisuudet.....	40
	Lähteet.....	42

### Kuvat

- Kuva 1 Muovien materiaalimerkinnot.  
Kuva 2 Puhas Oy:n lajitteluohjeet rakennustyömaalla (Kuva: Riikka Kinnunen).  
Kuva 3 Muovikasa (Kuva: Riina Kupiainen).  
Kuva 4 Muovinäytteen otto koneellisesti (Kuva: Riikka Kinnunen).  
Kuva 5 Muovien lajittelua ja tunnistamista (Kuva: Riina Kupiainen).  
Kuva 6 PE-LD -muovia lajiteltuna (Kuva: Riikka Kinnunen).

#### Kuviot

- Kuvio 1 Ensimmäisen otoksen muovin polttoskenaarion verkostokuva.
- Kuvio 2 Toisen otoksen muovin polttoskenaarion verkostokuva.
- Kuvio 3 Ensimmäisen otoksen muovin kierrätyskenaarion verkostokuva.
- Kuvio 4 Toisen otoksen muovin kierrätyskenaarion verkostokuva.

#### Taulukot

- Taulukko 1 Otoksen 1 lajittelututkimuksen tulokset massoina ja prosentteina.
- Taulukko 2 Otoksen 2 lajittelututkimuksen tulokset massoina ja prosentteina.
- Taulukko 3 Muovien koonti.
- Taulukko 4 Kierrätysprosessi.
- Taulukko 5 Polttoprosessi.

# 1 Johdanto

Opinnäytetyössä selvitettiin Rakennustoimisto K. Tervo Oy:n rakennustyömaalla kierrätettävän muovin laatu ja määritettiin lajittelun ympäristönäkökohtia ja -vaikutuksia. Työn menetelmänä käytettiin lajittelututkimusta. Muovijätepuristimen sisältöä tutkittiin kahdesta eri otoksesta, jolloin saatiin melko kattava näkemys rakennustyömaalla käytettävistä ja kierrätettävistä muovityypeistä. Ympäristövaikutuksia arvioitiin kierrätettävän muovin sekä vaihtoehtoisesti poltettavan muovin näkökulmasta elinkaariarviointia hyödyntäen.

Toimeksiantajana opinnäytetyölle toimi Karelia-ammattikorkeakoulu, ja työ toteutettiin osana CIRCWASTE Finland – Kohti kiertotaloutta -hanketta, jossa Karelia-ammattikorkeakoulu on osatoteuttajana. Hankkeen tavoitteena on edistää tehokasta materiaalivirtojen käyttöä ja ehkäistä jätteiden syntyä. Hanke on mukana viemässä Suomea kohti kiertotaloutta. (Suomen Ympäristökeskus 2017a.)

Tutkimus toteutettiin yhteistyössä Puhas Oy:n kanssa, joka tuottaa lakisääteisiä jätehuollon palveluja osakaskuntiensa puolesta Pohjois-Karjalan alueella (Puhas Oy 2018). Puhas Oy on mukana CIRCWASTE Finland – Kohti kiertotaloutta -hankkeessa. Jäteyhtiö on hankkinut muovijätepuristimen rakennustyömaalle, ja se toimittavaa lajittelututkimuksessa tarvittavia työvälineitä ja tietoja.

Opinnäytetyön aihe on ajankohtainen, sillä tulevaisuudessa muovin kierrätys tulee kehittymään ja kasvamaan. Tutkimus oli perusteltu, sillä se antoi uutta tietoa rakennusmuovin lajittelusta, koska useimmiten rakennustyömailla muovi sijoitetaan poltettavan jätteen sekaan. Ajankohtaisuutta aiheeseen tuo myös tällä hetkellä olevat haasteet muovijätteen kierrätyksessä ja hyödyntämisessä. Ihmisten ympäristötietoisuus muovien lajittelua kohtaan on kasvussa, joten aihetta voidaan pitää kiinnostavana ja hyödyllisenä.

## 2 Keskeiset käsitteet

**Ekologinen jalanjälki** tarkoittaa vesi- ja maapinta-alaa, jota tarvitaan tuottamaan yhteisöjen käyttämät resurssit ja käsittelemään syntyneet jätteet (Antikainen & Seppälä 2012, 18).

**Ekologisessa kestävydessä** pyritään säilyttämään luonnon biologinen monimuotoisuus ja toimivat ekosysteemit sekä lisäksi sopeuttamaan ihmisten toiminta luonnon kestävykseen (Ympäristöministeriö 2017).

**Energiatehokkuus** tarkoittaa, että energiaa ja luonnonvaroja kulutetaan sääste-  
liäästi (Ympäristöministeriö 2019).

**Hiilidioksidiekvivalentti** on termi, jolla kuvataan erilaisten kasvihuonekaasujen määrää yhteisellä yksiköllä. Hiilidioksidiekvivalentti tarkoittaa sitä hiilidioksidin määrää, jolla on vaikutusta ilmaston lämpenemiseen. (Brander 2012, 2.)

**Hiilijalanjälki** kertoo, kuinka paljon hiilidioksidia muodostuu ilmakehään jonkin toiminnan seurauksena (Global Footprint Network 2019).

**Jätepuristin** sopii erilaisten jätteiden lajitteluun. Se puristaa jätejakeen pieneen kokoon ja näin ollen säästää tilaa (Lassikko 2018).

**Loppusijoitus** tarkoittaa jätteiden sijoittamista lopullisesti niille rajatulle alueelle, kuten kaatopaikalle (Tilastokeskus 2019a).

**Materiaalitehokkuudessa** pyritään vähentämään materiaalien, raaka-aineiden sekä energian käyttöä mahdollisimman paljon. Lisäksi tuotteiden ja palvelujen haitallisia ympäristövaikutuksia pyritään minimoimaan koko elinkaaren ajan. (Suomen Ympäristökeskus 2014.)

**Muovigranulaatti** on useimmiten noin 2 - 3 millimetrin pituinen ja paksuinen muovirae (Muoviteollisuus 2019a).

**Polttokelpoisesta jätteestä** on aikaisemmin käytetty nimeä sekajäte. Nykyään polttokelpoiseen jätteeseen saa lajitella palavia materiaaleja, kuten styroxit, pölypussit, hygieniatuotteet, käyttökeltottomat vaatteet sekä likaiset pahvit ja paperit, mutta esimerkiksi lasiastiat täytyy kierrättää erikseen. (Puhas Oy 2019a.)

**Toiminnallinen yksikkö** on elinkaariarvioinnissa käytettävä yksikkö, jonka suhteen kootaan tutkimuksen inventaariotiedot koko prosessista, esim. yksi tonni tuotetta (Suomen Ympäristökeskus 2017b, 11).

**Tonnikilometri** tarkoittaa kuljetustyön määrää, joka saadaan kertomalla kuljetettu tavaramäärä (tonnia) ja kuljetusmatkan pituus (kilometriä) (Tilastokeskus 2019b).

**Yhdyskuntajäte** on kotitaloudessa ja tuotannossa syntynyttä kotitalouksiin verrattavaa jätettä, joka on kunnan jätehuollon piirissä (Tilastokeskus 2019c).

## 3 Kiertotalous

### 3.1 Kiertotalous Suomessa

Kiertotalous tarkoittaa taloutta, jossa pyritään hyödyntämään materiaalit ja tuotteet mahdollisimman kauan ennen niiden loppusijoitusta. Tuotteen uudelleenkäyttömahdollisuudet ja valmistuksessa syntyvät sivuvirrat huomioidaan jo suunnitteluvaiheessa. Kiertotalouden avulla pyritään pitämään jätemäärät minimissä. Uusiutuvien energialähteiden sekä luonnonvarojen käyttöä lisätään ja neitseellisten raaka-aineiden käyttöä vähennetään. (Ympäristöministeriö 2018a.)

Jätteiden kiertotaloutta Suomessa ohjaa Euroopan unionin jätedirektiivi 2008/98/EY. Jätedirektiiviin sisältyy viisiportainen jätehierarchy, jonka mukaan tulee noudattaa ensisijaisuusjärjestystä jätepolitiikassa. Ensisijaisuusjärjestyksen mukaan ensimmäisenä tulee pyrkiä ehkäisemään jätteen synty, minkä jälkeen noudatetaan seuraavaa järjestystä: uudelleenkäytön valmistelu, kierrättäminen, muu hyödyntäminen ja loppukäsittely. (Kuntaliitto 2016.)



Suomessa laki velvoittaa kuntia järjestämään toimivan jätehuollon kotitalouksille ja yrityksille (Jätelaki 646/2011, 32. §). Joensuun alueen kunnallisen jätehuolto-yhtiön Puhas Oy:n lajitteluohjeet ohjeistavat seuraavat jätejakeet lajiteltavaksi hyötykäyttöön:

1. biojäte
2. poltettava jäte
3. kartonkipakkaukset
4. lasi
5. metalli
6. paperi
7. tekstiilit
8. muovi.

Vaarallisille jätteille on erilliset keräyspaikat ja ne vastaanotetaan veloituksetta. (Puhas Oy 2019a).

Kiertotaloutta vauhditetaan Sitran, ministeriöiden ja eri toimijoiden luomalla suunnitelmalla (Ympäristöministeriö 2018a). Suomen kiertotalouden tiekartassa kuvataan, kuinka voidaan konkreettisesti edetä kohti kilpailukykyistä kiertotaloutta. Sen painopistealueita ovat kestävä ruokajärjestelmä, metsäperäiset kierrot, tekniset kierrot, liikkuminen ja logistiikka sekä yhteiset toimenpiteet. Painopistealueiden toteuttamisessa käytetään poliittisia toimia, avainhankkeita ja kehityskokeiluja eli pilotteja. Tiekartalla halutaan saavuttaa Suomen paikka kiertotalouden kärkimaana vuoteen 2025 mennessä. (Sitra 2016.)

Ympäristöön kohdistuvia haittoja ja jätteiden kierrätystä Suomessa edistää myös ympäristönsuojelulaki (527/2014). Sen tavoitteena on mm. ehkäistä ympäristön pilaantumista, vähentää jätteiden syntyä ja jätteistä aiheutuvia haittoja sekä tukea kestävästä kehityksestä. (Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527, 1. §.)

Suomalaiset ovat ympäristötietoisia sekä arvostavat ekologiseen kestäväyteen liittyviä asioita, mutta kuitenkin monet eivät toimi ympäristötietoisesti. Sitran tutkimuksen mukaan yksilön vastuu ympäristöasioissa korostuu ja pidetään tärkeänä, että näytetään esimerkkiä ympäristöteoissa, vaikkeivat muut niin tekisikään. Esimerkiksi jätteiden määrän vähentämistä tuotevalintojen kautta pidettiin

tärkeänä, mutta kuitenkin alle puolet kyselyyn osallistujista todellisuudessa tekee niin. (Sitra 2017.)

Vuonna 2017 vain noin prosentti Suomen yhdyskuntajätteestä päätyi kaatopaikalle. Energiantuotantoon käytettiin 58 % ja 41 % hyödynnettiin materiaalina. (Tilastokeskus 2017.) Yhdyskuntajätteen kierrätyksessä etenkin muovi aiheuttaa haasteita sen useiden eri laatuojen ja yhdistelmien takia. Lisäksi muovien erottelu varsinkin teollisuudessa on melko kallista ja tehotonta. (Järvinen 2016, 36.)

### **3.2 Kiertotalous rakennustyömailla**

Rakennustyömailla rakentamisesta ja purkamisesta syntyvää jätettä kutsutaan rakennusjätteeksi. Rakennusjätteitä lajitellaan suoraan hyödynnettäviin jätteisiin sekä jatkokäsittelyä vaativiin jätteisiin. mm. energiajäte, puujäte, metalli, kipsilevy sekä kattokuva ovat suoraan hyödynnettäviä jätelajeja. Jatkokäsittelyä vaativia jätelajikkeita ovat mm. PVC-muovi, sekalainen betonijäte sekä lasi- ja mineraalivillat. (Kiertokapula 2019.)

Jätelain (646/2011) 15. §:n mukaan laadultaan ja lajiltaan erilaiset jätteet on kerättävä ja pidettävä toisista erillään niin laajasti kuin se on tarpeellista ympäristölle tai terveydelle aiheutuvan haitan ehkäisemiseksi, ensisijajärjestyksen noudattamiseksi, asianmukaisen jätehuollon järjestämiseksi tai teknisesti ja taloudellisesti mahdollista.

Jätelain (646/2011) 15. §:ää on tarkennettu rakennusjätteen osalta siten, että rakennus- ja purkujätettä tulee pyrkiä vähentämään sekä käyttökelpoiset aineet ja esineet tulee käyttää uudelleen tai ottaa talteen. Toiminta täytyy myös järjestää rakennustyömailla niin, että syntyy mahdollisimman vähän jätettä. Työmailla on järjestettävä erilliskeräys seuraaville jätelajikkeille:

1. maa- ja kiviaines
2. paperi- ja kartonki
3. muovi
4. lasi
5. metalli

6. kyllästämätön puujäte
7. kipsipohjainen jäte
8. betoni-, tiili-, kivennäislaatta- ja keramiikkajäte.

(Valtioneuvoston asetus jätteistä 179/2012, 15. § - 16. §.)

Valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa on yhtenä tavoitteena rakentamisesta syntyvien jätemäärien vähentäminen. Rakennustyömailla pyritään tehostamaan kiertotaloutta ja materiaalitehokkuutta koulutuksilla, pilottihankkeilla sekä ohjeistuksilla. Toisena tavoitteena on nostaa rakennus- ja purkujätteen materiaalin hyödyntämistä 70 %:iin vuoteen 2020 mennessä. Tavoitetta toteutetaan mm. jätelajikohtaisilla suunnitelmissa, vertaamalla rakennusmateriaalien kierrätystä korkean kierrätysasteen maihin sekä tehostamalla verkkopohjaisten rakennusjätteilmoitusten käyttöä. (Ympäristöministeriö 2018b, 28 - 31.)

### **3.3 Muovit osana kiertotaloutta**

Suuri osa muovipakkauksista voidaan hyödyntää uudelleen, osasta valmistetaan uusioraaka-ainetta ja osa hyödynnetään energiana (Suomen Uusiomuovi Oy 2019a). Vuonna 2016 Suomeen tuli uusi kaatopaikka-asetus (331/3013), jonka mukaan muoveja ei saa viedä kaatopaikalle kuin aluehallintoviraston myöntämällä poikkeusluvalla. Vuonna 2006 kaatopaikalle sijoitettiin 80 % muovijätteestä ja vuonna 2014 luku väheni 17 %:iin. On myös arvioitu, että vuonna 2020 Suomen muovijätteestä enää vain muutama prosentti päätyy kaatopaikalle. Muovin energiahyötykäyttö on lisääntynyt merkittävästi uusien jätevoimalaitosten myötä ja sitä myötä kaatopaikkasijoitus on vähentynyt. (Järvinen 2016, 25 - 27.)

Muovin kierrätys on ympäristön ja luonnonvarojen kannalta paras vaihtoehto, mikäli kierrätys vähentää neitseellisten raaka-aineiden kuten öljyn käyttöä muoviteollisuudessa. Lisäksi tulee huomioida kierrätysprosesseista syntyvä ympäristökuormitus, kuten muovien päästöt veteen ja ilmaan. (Eskelinen, Haavisto, Salmenperä, Dahlbo 2016, 7.) Jotta uusiomuovi voidaan hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti, sen tulee olla puhdasta ja hyvin lajiteltua. Tällöin siitä saadaan

paras hyöty tuotantoprosessiin. Suomessa vuonna 2014 noin 20 % muoveista kierrätettiin hyötykäyttöön. (Järvinen 2016, 25, 31.) Kymmenessä vuodessa muovipakkausten kierrättäminen on lisääntynyt Euroopassa 75 % (PlasticsEurope 2018, 36). Euroopan komission muovistrategian (2018, 1) mukaan EU:n tavoite on, että vuoteen 2030 mennessä kaikki muovipakkaukset olisivat kierrätettäviä.

Euroopan komission muovistrategian lisäksi muovien kierrätystä Suomessa ohjaa mm. jätelaki. Jätelaki on kieltänyt muovituotteiden viennin kaatopaikalle vuodesta 2016 lähtien (Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 331/2013, 28 . §). Muovipakkauksille tulee olla Suomessa vähintään 500 keräyspistettä niin, että jokaisessa yli 10 000 asukkaan taajamassa on vähintään yksi keräyspiste. Yritysten muovijätteille on puolestaan oltava vähintään 30 vastaanottopaikkaa. Muovipakkauksia on vuonna 2020 kierrätettävä vähintään 22 %. (Valtioneuvoston asetus pakkauksista ja pakkausjätteistä 518/2014, 7. §, 9. §.)

EU:ssa kierrätetyistä muoveista noin puolet on päätynyt Aasiaan tai muualle EU:n ulkopuolelle Euroopan huonon kierrätysmuovin kysynnän vuoksi. Yli 85 % muovijätteen viennistä on kohdistunut Kiinaan. Kiina on kuitenkin vuonna 2018 ilmoittanut kieltävänsä tiettyjen muovien tuonnin maahan. Tämä todennäköisesti kiihdyttää EU:n omia kierrätysratkaisuja. (Euroopan komissio 2018, 16.)

Suomessa kierrätysmuovista jalostetaan mm. kierrätysmuovigranulaatteja Fortumin muovijalostamossa. Kierrätysmuovigranulaatit soveltuvat PE-LD-kalvoihin sekä PP- ja PE-HD-tuotteisiin, kuten putkien valmistukseen. Lisäksi Fortumin muovijalostamossa tuotetaan kierrätysmuovista valmistettuja profiileja ja lautoja, joita käytetään esimerkiksi ulkorakentamisessa, aidoissa sekä meluntorjuntarakenteissa. (Fortum Oyj 2019.) Myös Lassila & Tikanojan Merikarvian toimipisteessä uusioidaan muoviteollisuuden prosesseissa hylättyjä muovituotteita takaisin muoviraaka-aineeksi. Uusiomuovia käytetään pääosin suomalaisissa yrityksissä ja noin neljännesosa menee ulkomaille vientiin. (Suomen Uusiomuovi Oy 2019b.) Muovia voidaan hyödyntää myös kestävässä komposiittituotteissa, mutta siinä haasteena on komposiitin uudelleenkierrättämisen vaikeus. (Eskelinen, Haavisto, Salmenperä, Dahlbo 2016, 31, 36.)








Sekajätteeseen päätyvät muovit on hyödynnetty vuoden 2014 jälkeen energiana jätteenpolttolaitoksilla. Esimerkiksi Vantaan Energia Oy:n jätevoimala käyttää polttoaineenaan sekajätettä, josta 18 % on muovia. (Järvinen 2016, 26, 76.) Osa voimalan tuottamasta energiasta muutetaan sähköksi ja osa hyödynnetään kaukolämmön tuottamisessa. Jätevoimalan hyötysuhde on 95 %, eli lähes kaikki jätteessä oleva energia saadaan talteen. (Vantaan Energia 2019.)

## **4 Muovilajikkeet ja -jätteet rakennustyömailla**

### **4.1 Yleistä**

Muovit valmistetaan luonnonmukaisista orgaanisista aineksista, kuten kivihielestä, maakaasusta, selluloosasta ja raakaöljystä. Muovien tuotanto alkaa raakaöljyn tislauksesta öljynjalostamossa. Raskaasta raakaöljystä saadaan kevyempiä komponentteja, jotka ovat tärkeitä muovin valmistuksessa. (PlasticsEurope 2019a.)

Muoveja merkitään yleisesti seitsemällä eri materiaalimerkinnällä, jotka ohjaavat muovituotteiden lajittelua. Kuusi ensimmäistä kuuluu yleisimmin esiintyville muovityypeille (kuva 1). Seitsemäs merkki kuuluu muovityypeille, joissa on käytetty useita eri muoveja yhdessä sekä muille vähemmän käytetyille muoveille. (Suomen Uusimuovi Oy 2019c.)

MATERIAALIMERKINTÄ	MATERIAALI	KÄYTTÖKOhteITA
 PET	Polyeteenitereftalaatti	Muovipullot, mm. virvoitusjuomapullot
 PE-HD	Polyeteeni high-density	Mehupullot, virvoitusjuomakorit
 PVC	Polyvinyylikloridi	Harvoin pakkausmateriaalia.
 PE-LD	Polyeteeni low-density	Kalvot, muovipussit
 PP	Polypropeeni	Narut, kalvot, rasiat
 PS	Polystyreeni	Rasiat, pehmusteet
 Muut	Muut	Yhdistelmämuovit ja materiaalit, jotka eivät kuulu yleisimpien joukkoon

Kuva 1. Muovien materiaalimerkinnät. (Lähde: Suomen Uusiomuovi Oy, 2019c)

#### 4.2 Kerta- ja kestopuovit

Muovien suurimpia käyttökohteita Euroopassa ovat erilaiset pakkaukset, rakentamisen muovit sekä mm. kuluttajatuotteet, kotitalouskoneet, urheilu, terveys ja

turvallisuus (Järvinen 2016, 88). Rakennustuotteissa muovien tyypillisiä käyttökohteita ovat putket ja yhteet, kaapelin päällysteet, LVI-tarvikkeet, seinä- ja lattia-päällysteet sekä eristeet. Muovien eri ominaisuudet mahdollistavat niiden monipuolisen käytön rakentamisessa. Rakennustuotteissa muovien yleisominaisuuksia ovat mm. lujuus, keveys, muokattavuus, sähköneristys, kosteudensietokyky sekä äänenvaimennuskyky. (Kärhä 2019, 697.)

Muovit voidaan jakaa kerta- ja kestumuoveihin. Kertamuovien raaka-aine on sulamatonta, sillä molekyyliketjujen välillä on voimakkaita ristisilloittumia, jotka eivät hajoa edes kuumentaessa. Kertamuovit kovettuvat vain kerran. Niitä kuitenkin voidaan muokata nestemäisessä tai kiinteässä olomuodossa. Kertamuovien ominaisuuksiin kuuluu hyvä sähkönjohtavuus sekä korkea lämpötilankesto, jonka vuoksi ne soveltuvat käytettäväksi esimerkiksi autoissa, kengänpohjissa, kattilan kahvoissa sekä muovisissa veneissä. (Muoviyhdistys ry 2016.) Esimerkkejä kertamuoveista ovat mm. polyuretaani eli PUR, bakeliitti eli BF sekä tyydyttymätön polyesteri eli UP (Muoviteollisuus ry 2019a).

Kestomuovit eroavat kertamuoveista käsiteltävyyden vuoksi. Kestomuoveja on helppo työstää ja ne sulavat aina uudelleen kuumennettaessa eli niitä voidaan käyttää monta kertaa uudelleen. Kestomuovien ominaisuuksia voivat heikentää esimerkiksi UV-säteily, hapettuminen ja kemialliset aineet. (Muoviyhdistys ry 2016). Kestomuovit ovat kuitenkin kierrätettävissä muokattavuuden vuoksi. Esimerkkejä kestumuoveista ovat esimerkiksi polypropeeni eli PP, polyeteeni eli PE sekä polyvinyylidikloridi eli PVC. (Muoviteollisuus ry 2019a.)

### **4.3 PE-LD**

PE-LD eli matalatiheksinen polyeteeni on eniten maailmassa käytetty muovityyppi. PE-LD:n tunnistaa sen ulkoisista ominaisuuksista, joita ovat kirkkaus, venyvyys, pehmeys sekä vahamainen pinta. Kemiallinen kestävyys sekä nesteiden läpäisemättömyys ovat myös ominaisia piirteitä PE-LD-muoville. (Muoviteollisuus 2019a.) LD eli low density tarkoittaa matalaa tiheyttä ja PE-LD:n tiheys on vain noin 0,91 - 0,93 g/cm<sup>3</sup> (Järvinen 2016, 96).

PE-LD on eniten käytetty muovi myös Suomessa. Sen käyttökohteita ovat pääasiassa pakkauskalvot niin teollisuudessa kuin kuluttajatuotteissa. Rakennusmateriaaleissa PE-LD:tä käytetään erityisesti kalvoissa ja kuluttajatuotteissa mm. muovikasseissa. (Järvinen 2016, 96).

#### **4.4 PEX**

PEXillä tarkoitetaan polyeteeniä, joka on ristosilloitettu. Ristosilloitus tapahtuu liittämällä polymeeriketjut kiinni toisiinsa. PEXiä käytetään rakennusmateriaaleissa pääosin talousvesien ja lämpimän käyttöveden johtamiseen tarkoitetuissa putkissa. PEX-putkien rakenteeseen kuuluu usein myös ohut sulkukerros, jonka avulla estetään kaasujen diffuusio ja valon läpäisy putkeen. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesilaitteistoihin tarkoitettujen PEX-putkien olennaisista teknisistä vaatimuksista, 1. § - 2. §.)

PEX-putkia valmistettaessa voidaan käyttää monia erilaisia liuottimia, stabilisattoreita, antioksidanteja sekä liukuaineita. Lisäksi valmistuksessa syntyy erilaisia kemiallisia aineita, jotka tarttuvat putkiaineeseen. Tämä tulee huomioida, sillä valmistuksen yhteydessä syntyviä kemiallisia aineita ja niiden hajoamistuotteita päätyy aikaa myöten pieniä määriä talousveteen. Kuitenkin talousveteen päätyvien aineiden haitallisuus ja terveysriski on hyvin pieni. (THL 2019.)

#### **4.5 PP**

PP eli polypropeeni on toiseksi käytetyin muovi. Se jaotellaan kolmeen erilaiseen tyyppiin: homopolymeeri, blokkikopolymeeri sekä satunnais- tai randomkopolymeeri. Homopolymeeri on PP:n perinteisin tyyppi. Se on samankaltainen muovi kuin PE-HD. PP-homopolymeerin etuna PE-HD:een verrattuna on parempi lämmönkesto sekä vähemmän liukas pinta. (Järvinen 2008, 41.)



PP-homopolymeerin käyttökohteita ovat rapisevat pakkaus pussit ja -kääreet esimerkiksi makeisissa ja pastapakkauksissa. Lisäksi siitä valmistetaan monipuolisesti mm. teollisuussuursäkkejä, viemäriputkia, köysiä, mattoja, urheiluvaatteita, juomapullon korkkeja sekä voirasioita. (Järvinen 2016, 98 - 99.)

Blokkikopolymeeri muodostuu propeenista, johon on kopolymeroitu eli yhdistetty eteeniä. Eteenit ilmenevät polymeerissä säännöllisinä jaksoina. Tämä lisää PP:n pakkasenkestävyyttä sekä joustavuutta ja pehmeyttä. Blokkikopolymeeristä valmistetaan usein putkia, ulkokalusteita, pakkausämpäreitä, ulkotyökaluja ja -leluja. (Järvinen 2016, 98 - 99.)

Satunnais- eli randomkopolymeerissä eteeni ei ilmene säännöllisenä, vaan se sijaitsee satunnaisesti polymeerin pääketjussa sekä sivuhaaroissa. Satunnaiskopolymeerin ominaisuus on lähes lasinkirkas materiaali, jonka vuoksi siitä valmistetaan mm. pakasterasioita ja kertakäyttöruiskuja. (Järvinen 2016, 98 - 99.)

#### **4.6 PE-HD**

PE-HD:n eli suuritiheyspolyeteenin tiheys on  $0,94 - 0,97 \text{ g/cm}^3$ , joten se on huomattavasti jäykempää kuin PE-LD. PE-HD:n tunnusmerkkeihin kuuluu liukas pinta. (Järvinen 2016, 92.) Ominaisuuksiltaan PE-HD on kova, samaa sekä kestävä, mutta sen lisäksi joustava (Muoviteollisuus ry 2019a).

PE-HD:ta käytetään monissa tuotteissa, mutta suurimpia käyttökohteita ovat putket, kalvot, ruiskuvaletut tuotteet sekä puhallusmuovatut tuotteet. PE-HD:sta valmistetaan esimerkiksi kastelukannuja, muovikanistereita, pesuainepulloja sekä vesijohtoputkia. Liukkaitensa vuoksi PE-HD soveltuu hyvin myös mm. pulkkien ja liukureiden valmistukseen. (Järvinen 2016, 92 - 93.)

## 4.7 PVC

PVC eli polyvinyylidikloridi on vanhin kestopuovi (Järvinen 2016, 94). PVC:n piirteisiin kuuluu keveys, vahvuus sekä palonkestävyys (Plastics Europe 2019). PVC:n ominaisuudet ovat helposti muokattavissa, sillä sitä voidaan käsitellä pehmitin- ja lisäaineilla erittäin laajasti. Muokattavuus heikentää PVC:n tunnistamista. (Järvinen 2016, 95.)

PVC:tä käytetään moniin erilaisiin tarkoituksiin. Rakennustuotteissa PVC soveltuu mm. lattia- ja seinäpinnoitteisiin, kattolevyihin, putkistoihin sekä sähkö- ja televiestintäkanaviin. Vapaa-ajan tuotteissa PVC:tä käytetään sadetakeissa, puutarhaletkuissa sekä ilmapatjoissa. PVC:stä valmistetaan myös lääketieteellisiä tuotteita kuten veripusseja, verensiirtoputkia sekä käsineitä. (PlasticsEurope 2019b.)

Muovien kierrätyksessä tulee kiinnittää huomiota PVC-valmisteisiin, sillä niitä ei tule laittaa muovipakkausten mukana keräykseen. Kotitalouksissa vähäiset määrät PVC:tä voi lajitella poltettavan jätteen sekaan, mutta suuremmat määrät tulisi viedä erikseen jätekeskukseen. PVC:n polttaminen muodostaa syövyttävää suolahappoa, ja se voi synnyttää myös muita myrkyllisiä savukaasuja. (Puhas Oy 2019b.)

## 4.8 PET

PET:n eli polyeteenitereftaatin ominaisuuksia ovat sitkeys, kestävyys, vettä imeyttämättömyys ja lasinkirkkaus, jonka vuoksi se soveltuu erinomaisesti virvoitusjuomapulloihin. PET:n ominaisuuksiin kuuluu kuitenkin myös rajallinen UV- ja lämmönkestävyys. (Järvinen 2016, 90 - 91.)

PET on alunperin kehitetty vaateteollisuutta varten ja vaatteissa se tunnetaan paremmin nimellä polyesterikuitu. 2000-luvulla amorfinen PET on yleistynyt ja sitä käytetään suurimmaksi osaksi vesi- ja virvoitusjuomapulloissa, mutta myös muissa elintarviketeollisuuden pakkauksissa. PET:n kierrätysmahdollisuudet

ovat osittain aiheuttaneet materiaalin käytön yleistymistä. Vaatteiden ja juomapullojen lisäksi PET:stä valmistetaan mm. auton turvavöitä ja sisäverhoilukan-kaita, purjekangasta ja fleece-kuitua. (Järvinen 2016, 90 - 91.)

## **5 Muovin ympäristönäkökohdat**

### **5.1 Muovin ja sen kierrätyksen hyödyt**

Muovin kierrätys mahdollistaa useita ympäristöhyötyjä. Muovin valmistuksesta aiheutuvia päästöjä ja negatiivisia ilmastovaikutuksia pyritään vähentämään kierrättämällä ja käyttämällä muovia uudestaan. Myös muovin poltto aiheuttaa haitallisia hiilidioksidipäästöjä ilmastolle. Kierrättämällä muovia pystytään säästämään huomattavat määrät öljyä, jota kuluu uuden muovin valmistuksessa. Kierrätetty muovi luo uusia mahdollisuuksia erilaisille innovaatioille, työpaikoille ja sijoituksille. (Ympäristöministeriö 2018c.) Muoviteollisuus on erittäin tärkeää sen luomien työpaikkojen ja Euroopan talouden kannalta ja se työllistää Euroopassa yli 1,5 miljoonaa ihmistä (PlasticsEurope 2018b, 12).

WRAP:n tutkimusten (2008, 52 - 53) mukaan ympäristön kannalta paras muovijätteen hyödyntämismenetelmä on sen kierrättäminen. Tällöin kierrätysmuovilla pitäisi pystyä korvaamaan 70 % tai enemmän neitseellisen muovin valmistuksesta. Kierrätyksen hyödyt syntyvät, kun kierrätysmuovin tuotannolla vältetään neitseellisen muovin valmistusta. (WRAP 2008, 52 - 53.)

Muovin haitallisia ympäristövaikutuksia voidaan vähentää jo tuotteen suunnitteluvaiheessa. Materiaalin tehokkuus, käyttöikä ja kierrätettävyyys tulee olla osana suunnittelutyötä, jolloin minimoidaan muovin haitalliset ympäristövaikutukset. (Muovi kuuluu kiertoon 2019.)

Muoviteollisuus ry:n (2019b) mukaan muovi on itsessään energiatehokas ja hyödyllinen materiaalivalinta etenkin sen keveytensä ja monimuotoisuutensa vuoksi.

Muovien käyttö esimerkiksi autoteollisuudessa ja eristeissä rakennusalalla säästää enemmän resursseja, kuin mitä sen tuotantoon on käytetty, sillä muovi on kestävä ja hyvin lämpöä eristävä materiaali. Myös tuulivoimaloissa ja aurinkopaneeleissa muovi on yleisesti käytetty materiaali, ja sitä myötä se edistää uusiutuvan energian tuotantoa. (PlasticsEurope 2018a.)

## 5.2 Muovin haitat

Muovijätteen asianmukaisen kierrättämisen myötä sen haitat jäävät pieniksi ja siitä voidaan valmistaa uusia tuotteita tai hyödyntää muovi energiana. Muovi ei siis itsessään aiheuta ympäristöongelmia, vaan on parhaimmillaan vuosikymmeniä kestävä arvokas materiaali. Sen hylkääminen luontoon ja kierrättämättä jättäminen voi puolestaan aiheuttaa erilaisia ympäristöhaittoja. Edulliset muovituotteet voivat olla helppo heittää ympäristöön sen haitoista piittaamatta. (Muoviteollisuus ry 2019c.)

Yksi merkittävimmistä muovin ympäristöongelmista on sen päätyminen luontoon ja vesistöihin (Ympäristöministeriö 2018c). Maailman merissä arvioidaan olevan jopa 150 miljoonaa tonnia muovia (Ocean Conservancy 2015, 14). Euroopan komission mukaan mikromuovit eli alle 5 mm kokoiset muovikappaleet kerääntyvät suurissa määrin meriin ja sen myötä ravintoketjuihin merenelävien kautta. Mikromuoveja on löydetty myös ilmasta ja juomavedestä. Mikromuovi syntyy usein suurempien muovinpalojen pilkkoutuessa, mutta osa mikromuoveista pääsee ympäristöön suoraan esimerkiksi muovipellettien tuotannon, käytön ja kuljetuksen aikana. Mikromuoveja syntyy myös autojen renkaiden kulumisen yhteydessä. (Euroopan komissio 2018, 4, 13.) Kosmetiikkaan ja hygienia tuotteisiin tarkoituksella lisätyt mikromuovit päätyvät usein ympäristöön. Mikromuovit ovat näkymättömiä ja ne voivat vesistöön joutuessaan muovin tiheyden mukaan joko upota tai kellua. Ympäristössä mikromuovit keräävät itseensä ympäristömyrkyjä ja voivat ravintoketjuun päätyessä vaikuttaa myös ihmisten terveyteen. (Boucher, Friot 2017, 8.)

WWF:n raportin (2018, 15) mukaan monet merenelävät syövät meriin joutunutta muovia suoraan, vahingossa tai epäsuorasti saaliin kautta. Päätymällä eläinten ravintoketjuun muovit voivat johtaa vakaviin seurauksiin. Muovin syöminen vähentää nälän tunnetta ja voi aiheuttaa mm. tukkeumia ja haavoja suolistossa, mikä johtaa usein kuolemaan. (WWF 2018, 15.) Mereen päätynyt muovi on myös haitallista eläimille muilla tavoin. Linnut käyttävät muoviroskaa kuten köysiä, kalastusverkkoja sekä muovipakkauksia pesänsä rakentamiseen ja voivat juuttua niihin kiinni. Euroopan komission julkaiseman raportin mukaan kahdeksan vuoden aikana jopa 525 lintua on kuollut pesäänsä juuttumisen takia. Muoviroskaan kietoutuminen on myös suuri ongelma harmaahylkeille, joita kuolee juuttumisen takia vuosittain. (Werner ja muut 2016, 14 - 15.)

### **5.3 Hiilijalanjälki ja elinkaariarviointi**

Hiilijalanjäljellä voidaan määrittää tietyn tuotteen, palvelun tai toiminnan elinkaaren aikana syntyvät hiilidioksidipäästöt. Laskennassa huomioidaan kaikki materiaali- ja energiavirrat ja hiilijalanjälki ilmaistaan usein hiiliekvivalenttilukuna. (GBC Finland 2019.) Hiilijalanjälki perustuu elinkaariarviointiin sekä ekologiseen jalanjälkeen, mutta on kuitenkin itsenäinen indikaattori (Antikainen 2010, 63).

Elinkaariarvioinnin oleellisin osa on inventaario. Inventaariossa otetaan huomioon ympäristöä kuormittavia tekijöitä tuotteen tai palvelun elinkaaren ajalta eli määritetään kuormitustekijät. Kuormitustekijät ovat ympäristöä kuormittavia tai muuttavia tekijöitä ja niitä voivat olla esimerkiksi päästöt, maankäyttö ja luonnonvarojen otto. (Seppälä 2004, 7.)

Täydellisessä elinkaariarvioinnissa huomioidaan tuotteen tai palvelun ympäristövaikutukset koko elinkaaren ajalta tuotteen hylkäämiseen asti. Elinkaari sisältää raaka-aineen hankinnan, prosessoinnin, kuljetuksen sekä valmistuksen ja sen jälkeiset toiminnot, kuten jakelun ja kierrätyksen. Elinkaariarvioinnin tukena on kansainvälinen standardi ISO 14040. (Suomen Ympäristökeskus 2013.) Elinkaariarviointi voidaan tarvittaessa myös rajata koskemaan vain osaa tuotteen tai pal-

velun elinkaaresta (Seppälä 2004, 7). Elinkaariarvioinnin tuloksia voidaan hyödyntää tuotantoprosessin ja ympäristöystävällisempien ratkaisujen kehittämiseksi sekä esimerkiksi yritysten ympäristövastuullisuuden parantamisen tukena (LCA consulting 2019).

## **6 Tutkimuksen tavoitteet**

### **6.1 Tutkimuksen tarkoitus**

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Rakennustoimisto K. Tervo Oy:n työmaalla syntyneiden muovityyppien jakauma ja massa. Muovin kierrätyksen ja polton ympäristövaikutuksia ja hiilijalanjäljet selvitettiin elinkaarianalyysia ja SimaPro-ohjelmaa käyttäen.

Tutkimuksella pyrittiin saamaan uutta tietoa muovin kierrätyksestä rakennustyömaalla. Muovin lajittelututkimuksia rakennustyömaalla on tehty aiemmin hyvin vähän tai ei ollenkaan. Muovin kierrätystä ja lajittelua on kuitenkin tutkittu esimerkiksi päivittäistavarakauppojen puolelta. Tampereen ammattikorkeakoulussa kemiantekniikan koulutusohjelmassa Niko Keinonen (2014) on selvittänyt opinnäytetyössään päivittäistavarakaupoissa syntyvän jätemuovin kierrättämistä. Muita lajittelututkimuksia on tehty myös rakennusjätteen koostumuksista esimerkiksi Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa, jossa Miia Liikanen, Olli Helppi, Jouni Havukainen ja Mika Horttanainen (2018) ovat tutkineet rakennusjätteen koostumusta Etelä-Karjalassa. Opinnäytetyötä voidaan myöhemmin hyödyntää arvioitaessa muovin lajittelun kannattavuutta esimerkiksi rakennusalalla. Tutkimus on hyödyksi myös pohtiessa käyttökohteita ja jatkotoimenpiteitä kierrätetyille muoville.

## 6.2 Aiheen rajaus

Tutkimuskohteena oli rakennustyömaan muovipuristimen sisältö, johon oli kerätty työmaalta syntyvät muovijätteet lukuun ottamatta PVC ja styrox -muoveja. Rakennustyömaa sijaitsee Joensuussa ja tarkoituksena on rakentaa noin 200 asunnon kerrostalo ja ravintolatilat. Yhteensä rakennuskuutioita on noin 35 000 m<sup>3</sup>. Rakennustyömaalla on CIRCWASTE-hankkeen aikana pyritty lajittelemaan jätteet 13 eri materiaalin mukaan (kuva 2).

**RAKENNUSJÄTTEET KIERTOON!**

**KIVIAINES**

- Kivet, betonit, tiilet
- Kaakelit
- Keraamiset astiat
- Laastit
- Siporex
- Viesanpönnöt, laivoarit

Irrota vesikalusteista metalliosat.

**METALLI**

- Suuret metallikappaleet
- Pelti, metalliosat
- Tyhjät ja kulvat maalipurkit
- Sähkö- ja jalkajohdot

**ERISTEVILLA**

- Lasivilla
- Mineraalivilla

Saa olla pakattuna jätessäkkin. Folioita ei tarvitse poistaa.

**MUOVI**

- Pakkauksuuvit
- Tyhjät muovisangat ja -kannisterit
- Muuri muovit
- Ei PVC-muoveja
- Ei vaahdonmuovia
- Ei styroksia

**POLTETTAVA JÄTE**

- Kumi
- Likainen pahvi
- Styrox, uretaanilevyt
- Takelit
- Vaahdonmuovi

**KARTONKI**

- Pohjilaatikat, oaltopahvi
- Ruokaa valmistaneita
- Kartonki
- Vain kiviä ja puuta pakkauskäyttöä

Uutista ja pakkaa tiiviisti.

**KÄSITELTY PUU**

- Muokattu ja lakattu puu
- Kovalevy
- Laminointi
- Lasilevy
- Lämmittepuu
- MDF
- Parketit
- Vaneri

Ruuvit ja nauloja saa olla vähimmäisessä määrin.

**PUHDAS PUU**

- Kuormalavat
- Käsittelemättömän puhtaan puun
- Lämpökäsitelty puu
- Vähihabetoniset muotilaudat

Saa olla ruuveja ja nautoja.

**PVC**

- PVC-purkit

**KIPSII**

- Kipsilevyt ja niiden kappaleet
- Isom. Gypso

Kipsijätteen mukaan ei saa laittaa muita jätteitä.

**VAARALLISET JÄTTEET**

**KIINTEÄT MAALIT UN 3175**

- Maalijätteet
- Lakkajätteet
- Liimajätteet

JOS alkuperäispakkauksien. Ei saa sekoittaa keskenään.

**AEROSOLIT UN 1950**

- Uretaanvaahtopakkaukset
- Spray-maalipurkit
- Muut aerosolipakkaukset

**PAINEPAKKAUKSET UN 1011**

- Naulaimien ym. kaasupakkaukset

**TUNNISTA VAARAN MERKIT**

Välittömästi myrkyllinen, Syttyvä, Vaarallinen korostus, Ympäristölle vaarallinen, Puhdistusaineet liuotit, Hapettava, Syövyttävä, Terveyshaitta, Ärsyttävä

**puhos OY** Lisätietoa kierrätyksestä ja jätehuollosta  
013 318 198 asiakaspalvelu@puhos.fi www.puhos.fi

**circwaste**

Kuva 2. Puhos Oy:n lajitteluohteet rakennustyömaalla (Kuva: Riikka Kinnunen).

Rakentaminen on aloitettu keväällä 2018 ja tutkimuksen ensimmäinen otos käsittelee muovipuristimen sisältöä ajalta 22.11.2018-14.1.2019 ja toinen otos ajalta 14.1.-11.3-2019. Ensimmäisen ja toisen otoksen aikana työmaalla on ollut käynnissä keskivaiheen työt. Työmaan alkuvaiheen muovit oli tarkoituksena ottaa mukaan tutkimukseen, mutta kyseisen muovijätetipuristimen sisältö päättyi epähuomiossa poltettavaksi huonon tiedonkulun vuoksi rakennustyömaalla. Tämän

vuoksi rakennustyömaan alku- ja loppuvaiheessa syntyvät muovit jäivät tutkimuksen ulkopuolelle. Rakennettavan kerrostalon on tarkoitus valmistua elokuun 2019 loppuun mennessä.

## **7 Lajittelututkimus**

### **7.1 Tutkimusmenetelmä ja näytteenotto**

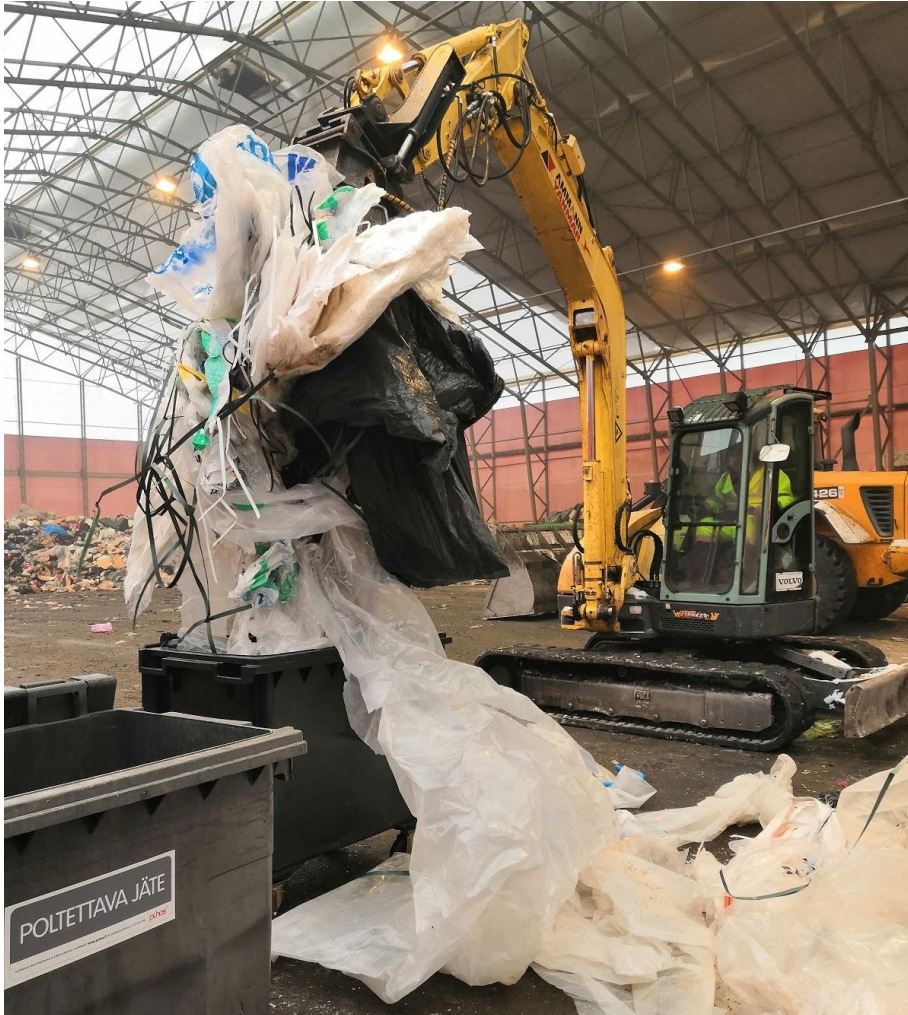
Tutkimusmenetelmänä käytettiin lajittelututkimusta, jolla saatiin selville rakennustyömaalla lajitellut eri muovityypit. Lajittelututkimuksen avulla selvitettiin lajiteltujen muovityyppien massat. Lajittelututkimus tehtiin kaksi kertaa ja tutkimusaineistona käytettiin rakennustyömaalta puristimeen lajiteltua muovijätettä.

Molempien otosten lajittelututkimukset toteutettiin samaa kaavaa noudattaen. Ensin muovipuristin siirrettiin kuljetusliikkeen toimesta rakennustyömaalta Puhas Oy:n lajitteluhalliin purettavaksi. Puristin tyhjennettiin halliin kasaksi (kuva 3) ja siitä otettiin koneellisesti kymmenen näytettä 660 l:n astioihin satunnaisotannalla (kuva 4). Muovit olivat helposti eroteltavissa toisistaan. Satunnaisotanta valittiin menetelmäksi, koska kymmenellä otoksella saatiin tarpeeksi monipuolinen tutkimusaineisto ja koko puristimen sisältö olisi ollut suuren muovimassan takia liian työläs tutkittavaksi. Satunnaisotannassa kaikilla on sama todennäköisyys päästä otokseen (Tilastokeskus 2019d). Näytteitä otettaessa kasaa hämmennettiin väliillä, jotta saatiin mahdollisimman kattavat otokset. Näytteet pyrittiin ottamaan tasaisesti joka puolelta muovikasaa.





Kuva 3. Muovikasa (Kuva: Riina Kupiainen).



Kuva 4. Muovinäytteen otto koneellisesti (Kuva: Riikka Kinnunen).

## 7.2 Lajittelu ja punnitus

Lajittelu tapahtui hallissa Puhas Oy:n tiloissa. Lajittelussa käytiin läpi yksi näyteastia kerrallaan, ja sen sisältö lajiteltiin seitsemän eri muovityypin mukaan tyhjiin 660 l:n astioihin tai jätesäkkeihin (kuva 5). Lisäksi kerättiin tunnistamattomat muovit sekä muovipuristimeen kuulumattomat jakeet.





Kuva 5. Muovien lajittelua ja tunnistamista (Kuva: Riina Kupiainen).

Näytteet lajiteltiin seuraaviin muovityyppeihin:

1. PET
2. PE-HD
3. PVC
4. PE-LD
5. PP
6. PEX
7. muoviyhdistelmät
8. tunnistamattomat
9. muut kuin muovit.

Osa muoveista tunnistettiin niissä olevien materiaalimerkintöjen avulla. Joissakin näytteissä selvitettiin tuotteen alkuperä sekä käyttötarkoitus ja sen avulla etsittiin tieto tuotteen muovityypistä. Tiedon etsinnässä hyödynnettiin mm. valmistajan verkkosivuja. Muovin lähteitä selvitettiin myös ennen lajittelua vieraillemalla rakennustyömaalla. Pieni osa näytteistä jäi kuitenkin tunnistamatta.

Lajittelun jälkeen jokainen astia punnittiin ja saadut tulokset kirjattiin ylös paperille, josta ne siirrettiin Excel-tiedostoon. Astiat oli punnittu myös tyhjänä tarkan tuloksen saamiseksi. Punnituksessa käytettiin Kern IFB -vaakaa, jonka tarkkuus on 10 g ja maksimipaino 300 kg.

### 7.3 Tulokset

Ensimmäisessä otoksessa käsiteltyjen kymmenen näytteen massa oli yhteensä 185,3 kg. Muovijätepuristimessa oli kokonaisuudessaan sisältöä 920 kg. Tulosten mukaan (taulukko 1.) suurin osa eli 129,1 kg näytteistä oli PE-LD-muovia. Muita muovityyppejä sekä materiaaleja oli yhteensä noin 30 % näytteistä. Vähiten näytteet sisälsivät eri muovien yhdistelmiä, joita oli 0,21 kg.

Taulukko 1. Otoksen 1 lajittelututkimuksen tulokset massoina ja prosentteina.

Muovityyppi	Muovin massa (kg)	Prosenttiosuus (%)
PET	0,9	0,49
PE-HD	8,95	4,83
PVC	5,13	2,77
PE-LD	129,1	69,66
PP	9,27	5,00
PEX	7,13	9,24
Yhdistelmät	0,21	0,11
Tunnistamattomat	0,67	0,36
Muut kuin muovit	13,96	7,53
<b>Yhteensä</b>	<b>185,32</b>	<b>100</b>

Toisessa otoksessa näytteisiin päätyi hieman suurempi massa muovia, noin 205,9 kg. Yhteensä muovijätepuristimen sisältö oli 1 800 kg. PE-LD-muovia oli otoksessa 178,3 kg eli lähes 87 % ja yhdistelmämuoveja 0,09 kg (taulukko 2).

Taulukko 2. Otoksen 2 lajittelututkimuksen tulokset massoina ja prosentteina.

Muovityyppi	Muovin massa kg	Prosenttiosuus %
PET	3,15	1,53
PE-HD	2,1	1,02
PE-LD	178,38	86,63
PP	10,58	5,14
PEX	7,26	3,53
Yhdistelmät	0,09	0,04
Tunnistamattomat	0,6	0,29
Muut kuin muovit	3,75	1,82
<b>Yhteensä</b>	<b>205,91</b>	<b>100</b>

#### 7.4 Tulosten tulkinta

Lajittelututkimuksen ensimmäisen ja toisen otoksen muovityyppien jakaumat olivat melko yhdenmukaiset, mikä johtuu mm. rakennustyömaalla meneillään olleista melko samanlaisista työvaiheista otosten aikana. Tulosten perusteella suurin osa rakennustyömaalla syntyvästä muovijätteestä on pakkaus-, suojaus- ja kalvomuovia eli PE-LD:tä (kuva 6). Suurin osa kyseisestä muovista oli silmämääräisesti melko puhdasta, mutta osassa oli rakennustyömaalta jäänyttä pölyä ja muita epäpuhtauksia.



Kuva 6. PE-LD -muovia lajiteltuna (Kuva: Riikka Kinnunen).

Kalvomuvien jälkeen seuraavaksi eniten otoksissa oli erilaisia rakennusputkia. Ensimmäinen otos sisälsi paljon PEX-muovista valmistettuja lattialämmitysputkia ja samoja putkia ilmeni hieman myös toisessa otoksessa. Myös PP- ja PE-HD-muoveista valmistettuja putkia oli molemmissa otoksissa.

Muovijätepuristimeen ei ohjeistuksen mukaan saanut lajitella PVC-muovia, mutta silti sitä oli ensimmäisessä otoksessa 2,77 %. PVC-muovi ilmeni otoksessa presuina sekä erilaisina putkina. Toisen otoksen kohdalla lajittelua oli parannettu, sillä PVC-muovia ei ollut päätenyt joukkoon ollenkaan.

Molempien otosten joukosta löytyi myös muovijätepuristimeen kuulumattomia jakeita eli muita materiaaleja kuin muovia. Ensimmäisessä otoksessa kuulumattomia oli 7,53 %. Niiden joukosta löytyi mm. puuta, metallia, styroxia, liimapulloja, älypuhelin sekä vaatteita. Vaatteet olivat punnittaessa jäisiä, mikä on kasvattanut kuulumattomien jakeiden massaa. Toisessa otoksessa muita materiaaleja oli huomattavasti vähemmän eli 1,82 % kokonaismäärästä.

Pääosin muovijätepuristin sisälsi vain muoveja, joita oli tarkoitus kerätä. Ensimmäisessä otoksessa lajittelu onnistui 89,7 -prosenttisesti ja toisessa otoksessa 98,2 -prosenttisesti. Tämä osoittaa lajittelun parantuneen työmaan edetessä ja tiedon lisääntyessä työntekijöiden keskuudessa.

## **8 Kierrätyksen ympäristövaikutukset**

### **8.1 Tavoite ja rajaus**

Tavoitteena oli tarkastella ympäristövaikutuksia ja laskea hiilijalanjälki kierrätettävälle muoville sekä vaihtoehtoisesti poltettavalle muoville SimaPro-ohjelmaa hyödyntämällä. SimaPro-ohjelmalla voidaan mallintaa ja analysoida monimutkaisia elinkaaria järjestelmällisesti sekä mittaamaan ympäristövaikutuksia elinkaarren jokaisessa vaiheessa.

Toiminnallisena yksikkönä ympäristövaikutusten arvioinnissa käytettiin yksi tonni syntypaikkalajiteltua kierrätettävää muovia rakennustyömaalta. Laskenta-arvoina hyödynnettiin lajittelututkimuksesta saatuja tuloksia ja ensimmäiselle sekä toiselle otokselle tehtiin omat hiilijalanjälkilaskennat. SimaPro-ohjelman valmisaineistosta etsittiin vastineet eri muovityypeille (taulukko 3). Muovityyppien koonnissa on huomioitu vain muovituotteen valmistus, mutta muovigranulaatin valmistusta ei ole huomioitu. Kierrätys- ja polttoprosesseita varten valittiin myös jokaiselle muovityypille prosessi (taulukko 4 ja taulukko 5). Laskennassa jätettiin ulkopuolelle muovijätepuristimeen kuulumattomat jakeet, sillä tarkoitus oli saada kattavaa tietoa nimenomaan muovijakeiden poltosta sekä kierrätyksestä. Tuloksien avulla voidaan vertailla eri otosten yhteneväisyyttä ja keskiarvoja. Hiilijalanjälkeä laskettaessa metodina käytettiin IPCC 2013 GWP 100a eli sadan vuoden hiilijalanjälkeä.

Muovijätepuristimen kuljetuksia huomioidessa käytettiin yksikköä tonnikipometri. Tonnikipometrit laskettiin sen mukaan, että polttoon muovi kuljetettaisiin Riikinvoima Oy:n voimalaitokselle Leppävirralle ja uudelleenkäytettäväksi WimaO Oy:lle Lappeenrantaan.

SimaPro -ohjelma käyttää oletuksena poltto- ja kierrätysprosesseissa tiettyjä korvaavuusarvoja. Elinkaarianalyysin prosessikirjastoissa muovin polton systeemi-prosesseja löytyy ainoastaan EU-tasolla. Tutkituissa skenaarioissa oletetaan, että muovin polttamisella energiakäyttöön korvataan fossiilista polttoainetta, eli EU 27 District Heating Mix:ä, joka sisältää 40 % maakaasua, 34 % kivihiihtä, 10 % biomassaa, 7 % ruskohiihtä, 6 % polttoöljyä sekä 3 % turvetta. Muovin kierrätyksellä oletetaan korvattavan uutta PE-HD granulaattia.

Taulukko 3. Muovien koonti.

<b>Materiaali</b>	<b>Vastine SimaProssa</b>
PE-LD	Packaging film, LDPE, at plant/RER U
PEX	HDPE pipes E
PP	Polypropylene, PP, granulate, at plant/RER
PE-HD	Polyethylene, HDPE, granulate, at plant/RER
PVC	PVC calendered sheet E
PET	PET film (production only) E
Vaahtomuovi	Polyurethane, flexible foam, at plant/RER U

Taulukko 4. Kierrätysprosessi.

<b>Materiaali</b>	<b>Vastine SimaProssa</b>
PE-LD	PE (waste treatment) {GLO}  recycling of PE   Conseq, U
PEX	PE (waste treatment) {GLO}  recycling of PE   Conseq, U
PP	PP (waste treatment) {GLO}  recycling of PP   Conseq, U
PE-HD	PE (waste treatment) {GLO}  recycling of PE   Conseq, U
PVC	PVC (waste treatment) {GLO}  recycling of PVC   Conseq, U
PET	PET (waste treatment) {GLO}  recycling of PET   Conseq, U
Vaahtomuovi	Mixed plastics (waste treatment) {GLO}  recycling of mixed plastics   Conseq, U



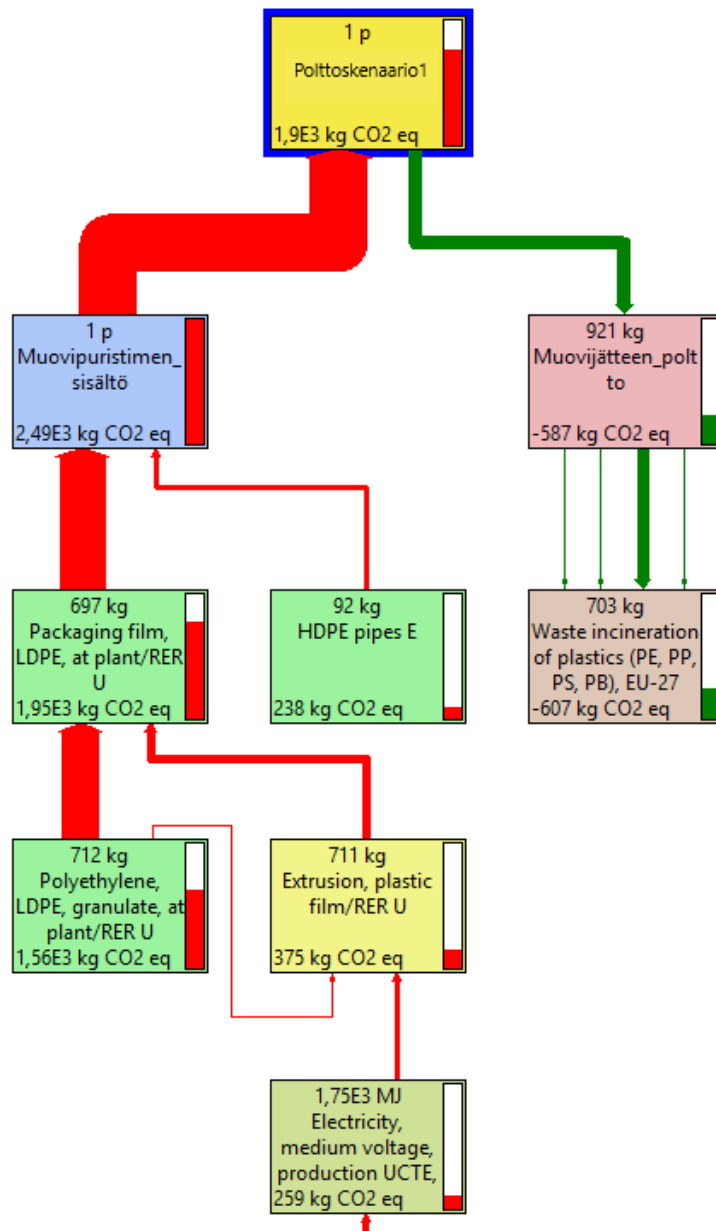
Taulukko 5. Polttoprosessi.

<b>Materiaali</b>	<b>Vastine SimaProssa</b>
PE-LD	Waste incineration of plastics (PE, PP, PS, PB) EU-27
PEX	Waste incineration of plastics (PE, PP, PS, PB) EU-27
PP	Waste incineration of plastics (PE, PP, PS, PB) EU-27
PE-HD	Waste incineration of plastics (PE, PP, PS, PB) EU-27
PVC	Waste incineration of plastics (rigid PVC) EU-27
PET	Waste incineration of plastics (PET, PMMA, PC) EU-27
Vaahtomuovi	Waste incineration of plastics (unspecified) fraction in municipal solid waste (MSW) EU-27

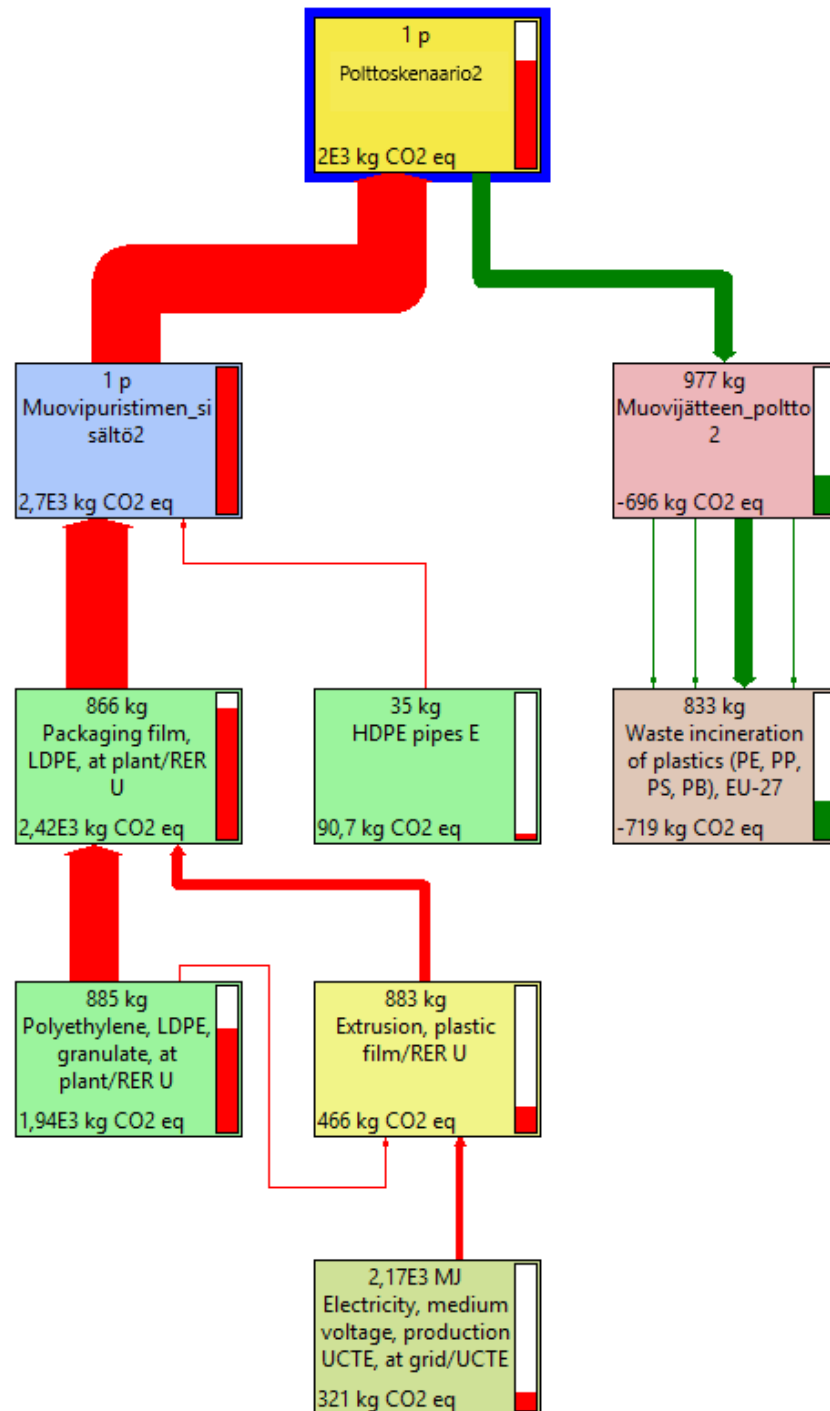
## 8.2 Tulokset

Kuviot 1 ja 2 havainnollistavat muovin polttoskenaarioiden hiilidioksidipäästöjen muodostumista. Vastaavasti kuviot 3 ja 4 kuvaavat muovin kierrätyskenaarioiden hiilidioksidipäästöjen muodostumista. Kuvioissa punaiset nuolet ilmentävät hiilidioksidipäästöjen syntymistä, mikä tarkoittaa, että suurimmat päästöt skenaarioissa syntyvät muovijätepuristimen koonnista eli muovien valmistuksesta. Kuvioiden vihreät nuolet kuvastavat puolestaan hyötyjä, joita syntyy, kun muovia joko poltetaan tai kierrätetään. Ylimpänä kuvioissa näkyy keltaisessa laatikossa koko skenaarion hiilidioksidipäästöt tonnia kohden.

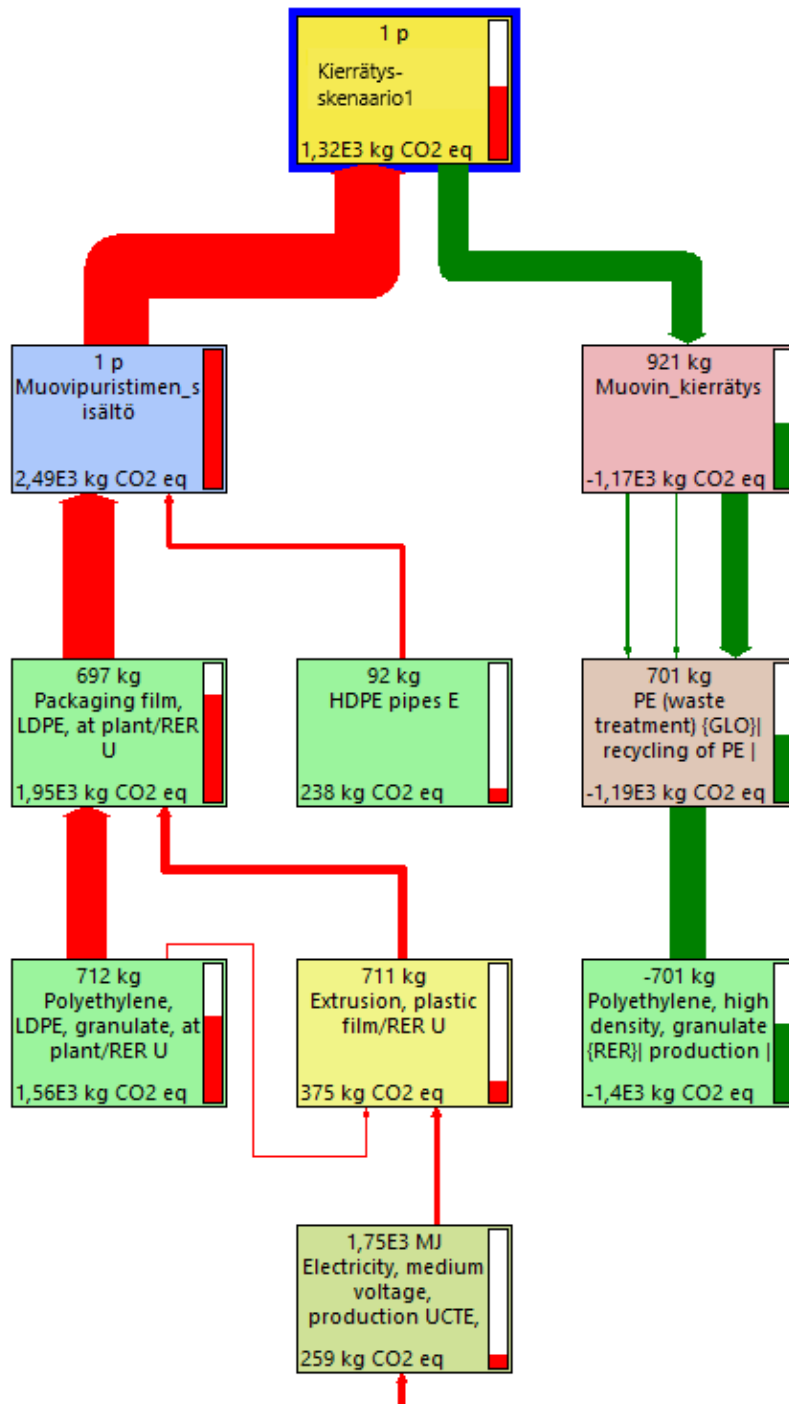
Muovin valmistuksessa syntyvät hiilidioksidipäästöt ovat ensimmäisessä otoksessa 2,49 tonnia CO<sub>2</sub>-eq/t (hiilidioksidiekvivalenttia per tonni) ja toisessa otoksessa 2,7 tonnia CO<sub>2</sub>-eq/t. Ensimmäisessä skenaariossa muovin polttoprosessista syntyvä kokonaishiilijalanjälki on 1,9 tonnia CO<sub>2</sub>-eq/t ja toisessa vastaavasti 2,0 tonnia CO<sub>2</sub>-eq/t. Muovin kierrätysprosessien hiilijalanjälki on molemmissa skenaarioissa sama eli 1,32 tonnia CO<sub>2</sub>-eq/t.



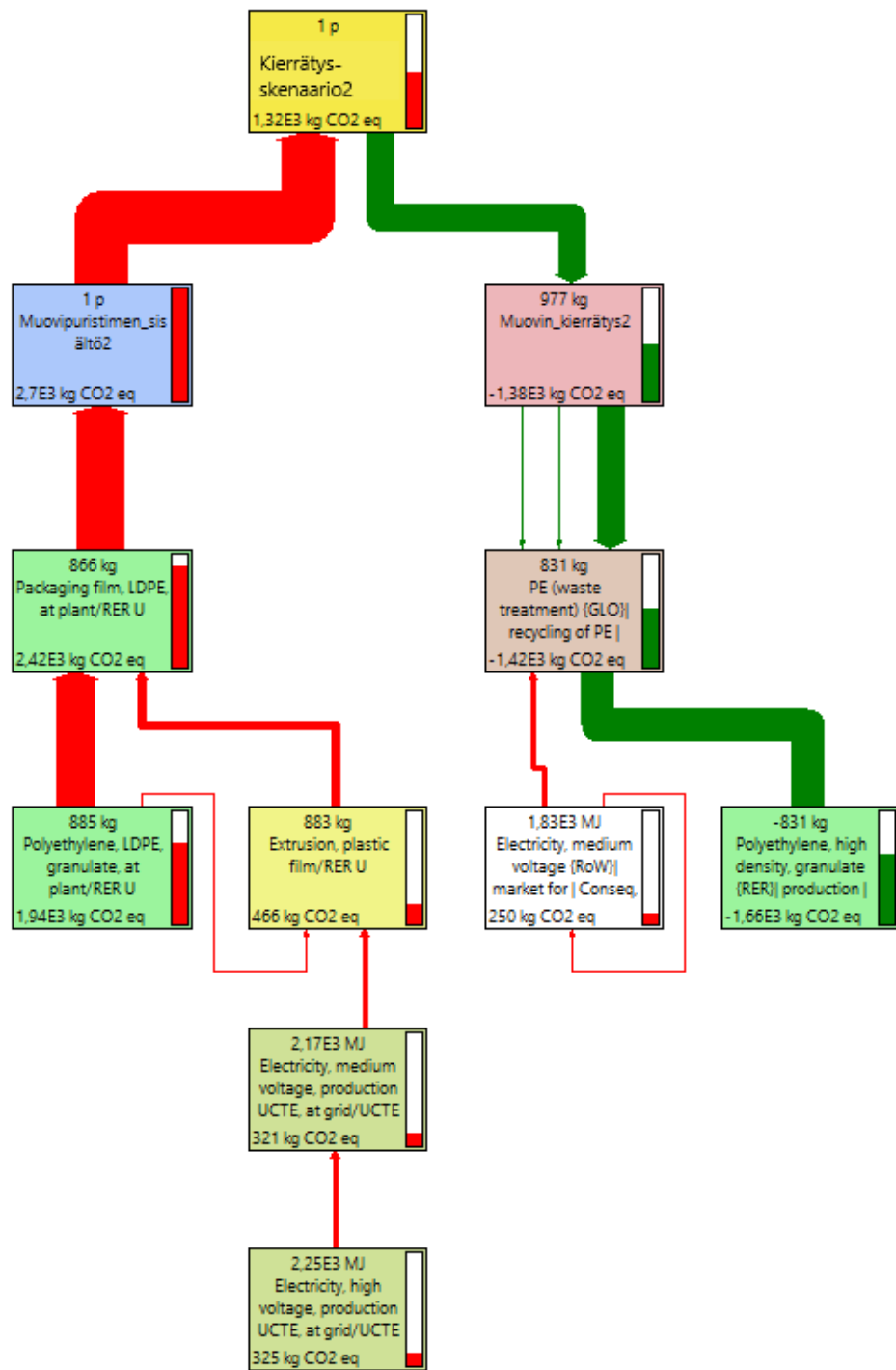
Kuvio 1. Verkostokuviossa on kuvattu ensimmäisen otoksen muovin polttoskenaariota, jossa kokonaishiilidioksidipäästöt ovat 1,9 tonnia CO<sub>2</sub>-eq/t. Punaiset nuolet ilmentävät päästöjen syntymistä ja vastaavasti vihreät nuolet kertovat syntyvät hyödyt. Menetelmänä on käytössä IPCC 2013 GWP 100a.



Kuvio 2. Verkostokuviossa on kuvattu toisen otoksen muovin polttoskenaariota, jossa kokonaishiilidioksidipäästöt ovat 2 tonnia CO<sub>2</sub>-eq/t. Punaiset nuolet ilmentävät päästöjen syntymistä ja vastaavasti vihreät nuolet kertovat syntyvät hyödyt. Menetelmänä on käytössä IPCC 2013 GWP 100a.



Kuvio 3. Verkostokuviossa on kuvattu ensimmäisen otoksen muovin kierrätyskenaariota, jossa kokonaishiilidioksidipäästöt ovat 1,32 tonnia CO<sub>2</sub>-eq/t. Punaiset nuolet ilmentävät päästöjen syntymistä ja vastaavasti vihreät nuolet kertovat syntyvät hyödyt. Menetelmänä on käytössä IPCC 2013 GWP 100a.



Kuvio 4. Verkostokuviossa on kuvattu toisen otoksen muovin kierrätyskennariota, jossa kokonaishiilidioksidipäästöt ovat 1,32 tonnia CO<sub>2</sub>-eq/tonni. Punaiset nuolet ilmentävät päästöjen syntymistä ja vastaavasti vihreät nuolet kertovat syntyvät hyödyt. Menetelmänä on käytössä IPCC 2013 GWP 100a.

### 8.3 Tulosten tulkinta

Muovia polttamalla voidaan välttää valmistuksesta aiheutuvia päästöjä ensimmäisessä skenaariossa 587 kg CO<sub>2</sub>-eq/t ja toisessa skenaariossa 696 kg CO<sub>2</sub>-eq/t. Tämä tarkoittaa, että polttamalla yksi tonni syntypaikkalajiteltua muovia rakennustyömaalta voidaan välttää 24 - 26 % elinkaaren aikaisesta hiilijalanjäljestä. Vastaavasti, kun tarkastellaan muovin kierrätystä, muovin kierrättämisellä vältetään hiilidioksidipäästöjä ensimmäisessä otoksessa 1,17 t CO<sub>2</sub>-eq/t ja toisessa otoksessa 1,38 t CO<sub>2</sub>-eq/t. Tällöin kierrättämällä vältetään elinkaaren aikaista hiilijalanjälkeä 47 - 51 %.

Suurimmat päästöt poltto- ja kierrätysprosesseissa aiheutuvat uuden muovin valmistuksesta. Vaikuttavin tekijä on PE-LD-muovin valmistus, sillä sen osuus muovijätepuristimen sisällöstä on suurin. Päästövähennyspotentiaali on siis merkittävä etenkin kierrätysprosessissa, sillä muovin kierrätyksen avulla voidaan säästää noin 50 % hiilidioksidipäästöistä verrattuna siihen, että valmistettaisiin uutta muovia.

Muovin polttamisella on myös positiivisia vaikutuksia ympäristön kannalta, sillä siten voidaan tuottaa energiaa, jolla voidaan korvata noin 25 % fossiilista energiaa. Muovin polttamisella ei kuitenkaan voida vaikuttaa uuden neitseellisen muovin valmistuksesta aiheutuviin päästöihin, sillä polttamalla sitä ei voida hyödyntää uutena korvaavana materiaalina.

Muovijätteen kierrättäminen on siis ympäristön kannalta huomattavasti parempi vaihtoehto kuin sen polttaminen energiaksi. Kierrättämisellä voidaan välttää neitseellisen muovin valmistuksesta aiheutuvia päästöjä, jotka osoittautuivat laskelmissa suurimmaksi hiilijalanjäljen aiheuttajaksi. Tulosten perusteella voidaankin päätellä, että muovijätteen kierrätysmahdollisuuksia tulisi kehittää, jotta voidaan toimia mahdollisimman ympäristövastuullisesti.

## **9 Pohdinta**

### **9.1 Kierrätyksen kannattavuuden arviointi**

Rakennusmuovin kierrättäminen ja sen hyödynnettävyys voi olla taloudellisesti epäkannattavaa, sillä se on pääosin kevyttä ja edullista kalvomuovia. Korkeat kuljetus- ja hyödyntämiskustannukset tekevät usein kierrätyksestä kalliimman kuin uuden muovin valmistamisesta. Kierrätysprosessissa on useita eri vaiheita polttoon verrattuna ja sen lisäksi muovien epäpuhtaudet voivat tuoda lisää haastetta hyödyntämiseen. Ympäristönäkökohdat huomioon ottaen kierrätys on kuitenkin järkevämpää kuin poltto ja on syytä pohtia, ovatko mahdollisesti kalliimmat kierrätyskustannukset kuitenkin este, jos kierrätyksellä voidaan säästää huomattava määrä luonnonvaroja. Lisäksi tulisi myös keksiä keinoja, kuinka kierrätyksestä syntyvät kustannukset saataisiin mahdollisimman alhaisiksi, jolloin muovin kierrättäminen olisi paras tapa toimia.

Tarkkoja kannattavuuslaskelmia kohteelle ei voida toteuttaa, mutta vertailtaessa muovin lajittelua poltettavan jätteen sekaan tai kierrätettäväksi tulee huomioida mm. jätepuristimien vuokrat, kuljetuskustannukset, vastaanottomaksut ja lajittelusta aiheutuvat työntekijöiden palkkakustannukset. Tärkeää on huomioida paikka, johon muovi aiotaan viedä kierrätettäväksi ja kuinka kannattavaa on kuljettaa kevyttä ja edullista muovia useita satoja kilometrejä.

### **9.2 Luotettavuuden arviointi**

Lajittelututkimuksen tuloksia voidaan pitää luotettavina. Tutkimus toteutettiin kahdesti samaa kaavaa noudattaen ja muovien jakaumat ovat hyvin samankaltaiset molemmissa otoksissa. Muovityyppien tunnistamisessa hyödynnettiin materiaali-merkintöjä sekä tuotteen alkuperän selvittämistä. Näiden avulla saatiin varmasti luotettavaa tietoa muovityypeistä. Lajittelussa erotettiin omaksi lajiksi tunnistamattomat muovit, jotta virheellinen tunnistaminen tai lajittelu minimoitaisiin.

SimaPro-ohjelmalla tehdyt hiilijalanjäljen laskennat ovat melko luotettavia, sillä laskelmissa käytetyt lähtöarvot määriteltiin lajittelututkimuksen pohjalta hyvin tarkasti jokaista muovityyppiä kohti. Jokaiselle muovityypille löytyi ohjelmasta myös realistinen vastine, ja ohjelma laski päästöt jokaista muovityyppiä kohden erikseen. Kuitenkin epävarmuutta tuloksiin aiheuttavat laskelmissa käytetyt automaattisesti määritellyt kierrätys- ja polttoprosessien korvaavuusarvot. Lisäksi SimaPro-ohjelman kirjaston mukainen muovin kierrätysprosessin energiankulutusarvio (0,6 kWh/1 kg kierrätettyä muovia) on hyvin yleisellä tasolla oleva arvio.

### 9.3 Muovin kierrätyksen mahdollisuudet

Tehty lajittelututkimus antaa kattavan kuvan rakennustyömaalla syntyneestä muovijätteestä rakennustyömaan keskivaiheen osalta. Tutkimuksen ulkopuolelle jäivät rakennustyömaan alkuvaihe sekä loppuvaihe. Lajittelututkimuksen tulosten mukaan 89 - 98 % muovien kierrätyksestä rakennustyömaalla onnistui ja loput olivat muuta kuin muovia. 98 - 100 prosentin onnistuminen lajittelussa olisi tavoitteena jatkossakin, mikäli jätemuovien hyötykäyttö yleistyy. Tulosten perusteella voisi ajatella, että jos työmaalla kierrätettäisiin vain helposti tunnistettava kalvo-muovi, onnistumisprosentti olisi korkeampi.

Ympäristövaikutuslaskelmien mukaan muovia kierrättämällä saataisiin vähennettyä huomattava määrä hiilidioksidipäästöjä. Haasteena voi olla Suomen toistaiseksi melko suppeat mahdollisuudet hyödyntää kierrätettyä muovia sekä osittain likaisen muovin aiheuttamat haasteet. Myös muovin seassa olevat muut materiaalit voivat olla ongelma, ja Suomessa olisikin paljon mahdollisuuksia kehittää muovin hyödyntämistä ja sitä myötä saada uusia työpaikkoja ja edistystä kierrätysalalle.

Tehty lajittelututkimus sekä ympäristövaikutusten tarkastelu on hyödyksi rakennusalalla sekä voi luoda jopa uusia mahdollisuuksia kierrätysliiketoiminnassa,



sillä kierrätys yleistyy kasvavaa vauhtia. Muovi itsessään on kehittynyt ja käytännöllinen sekä kevyt materiaali rakentamisessa, ja sen välttämisen sijaan olisi panostettava enemmän kierrätykseen ja uudelleenkäyttöön sekä pyrkiä pidentämään tuotteen elinkaarta. Myös biomuovin mahdollisuuksia rakennusteollisuudessa olisi hyvä pohtia. Tärkeintä olisi kuitenkin miettiä, kuinka PE-LD-kalvomuovia voisi uusiokäyttää ja mitä mahdollisuuksia sen kierrättämiseen liittyen löytyy.

Rakennustyömailla muovin kierrätystä hidastaa oletettavasti myös tietämättömyys erilaisista mahdollisuuksista muovin hyödyntämisestä ja siitä, mihin sitä voi viedä tai millä tavoin aloittaa kierrätys. Rakennusalan tietouteen ja toimintatapojen ohjeistamiseen olisi syytä panostaa esimerkiksi varmistamalla tietous siitä, voiko käytettävälle jäteasemalle viedä myös muovit erikseen.

Kierrätetyn PE-LD-muovin hyödynnettävyys on ilmeisesti melko hyvä ja sen hyödyntämistä esimerkiksi muovikasseissa ja muissa kalvomaisissa tuotteissa käytetään jo laajasti. Yhtenä vaihtoehtona voidaan pohtia jäteperäisen muovin käyttämistä öljyn valmistukseen, josta voidaan edelleen jalostaa esimerkiksi dieselpolttoainetta. Tämä vaihtoehto voisi olla kannattava erityisesti siinä vaiheessa, kun muovia on jo käytetty kierrätykseen ja sen ominaisuudet ovat heikentyneet niin paljon, ettei uutta tuotetta ole enää järkevä valmistaa. Lisäksi muovin uudelleenkäyttöä edistettäessä kannattaisi tutkia kierrätetyn PE-LD-muovin käyttömahdollisuuksia esimerkiksi tuotteen raaka-aineen osana. Rakennusmuovin hyödyntämisen ja kierrättämisen eri vaihtoehdoista olisi potentiaalisia mahdollisuuksia erilaisiin tutkimuksiin tai opinnäytetöihin.

## Lähteet

- Antikainen, R. 2010. Elinkaarimetodiikkojen nykytila, hyvät käytännöt ja kehitystarpeet. Suomen Ympäristökeskus. <https://core.ac.uk/download/pdf/14928420.pdf>. 12.2.2019.
- Antikainen, R. & Seppälä, J. 2012. Elinkaarimenetelmät yrityksen päätöksen tukena. Suomen Ympäristökeskus. [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38711/SY\\_10\\_2012.pdf](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38711/SY_10_2012.pdf). 19.3.2019.
- Boucher, J. & Friot, D. 2017. Primary Microplastics in the Oceans: a Global Evaluation of Sources. IUCN. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2017-002.pdf>. 4.2.2019.
- Brander, M. 2012. Greenhouse Gases, CO<sub>2</sub>, CO<sub>2e</sub>, and Carbon: What Do All These Terms Mean? Ecometrica. <https://ecometrica.com/assets/GHGs-CO2-CO2e-and-Carbon-What-Do-These-Mean-v2.1.pdf>. 19.3.2019.
- Eskelinen, H., Haavisto, T., Salmenperä, H. & Dahlbo, H. 2016. Muovien kierrätyksen tilanne ja haasteet. Arvi. [file:///C:/Users/riitt/Downloads/Eskelinen\\_ym\\_Muovien\\_kierrätyksen\\_tilanne\\_ja\\_haasteet\\_11042016%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/riitt/Downloads/Eskelinen_ym_Muovien_kierrätyksen_tilanne_ja_haasteet_11042016%20(1).pdf). 4.2.2019.
- Euroopan komissio. 2018. A European Strategy for Plastics in a Circular Economy. <http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/plastics-strategy.pdf>. 12.2.2019.
- Fortum Oyj. 2019. Kierrätysmuovi ja siitä valmistetut tuotteet. <https://www.fortum.fi/yrityksille-ja-yhteisöille/kierratys-ja-jatepalvelut/tutustu-fortumin-kierratys-ja-7>. 7.2.2019.
- Global Footprint Network. 2019. Climate Change. <https://www.footprintnetwork.org/our-work/climate-change/>. 27.3.2019.
- Green Building Council Finland. 2019. Elinkaaren hiilijalanjälki. <http://figbc.fi/elinkaarimittarit/laskentaohjeet/elinkaaren-hiilijalanjalki/>. 11.2.2019.
- Järvinen, P. 2008. Uusi muovitieto. Porvoo: Bookwell Oy.
- Järvinen, P. 2016. Muovien kierrätys ja hyötykäyttö Suomessa. Porvoo: Bookwell Oy.
- Jätelaki 646/2011.
- Keinonen, N. 2014. Päivittäistavarakaupoissa syntyvän jätemuovin kierrättäminen. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/79810/Keinonen\\_Niko.pdf](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/79810/Keinonen_Niko.pdf). 27.3.2019.
- Kiertokapula. 2019. Rakennusjäte <https://www.kiertokapula.fi/jatelajit/rakennusjate/>. 28.1.2019.
- Kuntaliitto.fi. 2016. Euroopan unionin jätedirektiivi. <https://www.kuntaliitto.fi/asiantuntijapalvelut/yhdyskunnat-ja-ymparisto/tekniikka/jatehuolto/euroopan-unionin-jatedirektiivi>. 28.1.2019.
- Kärhä, V. 2019. Muovit rakentamisessa - perustietoa. Rakennustieto. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK00s697.pdf>. 5.2.2019.
- Lassikko. 2018. Milloin kannattaa hankkia jätepuristin. <https://lassikko.lt.fi/milloin-kannattaa-hankkia-jatepuristin>. 26.3.2019.
- LCA Consulting. 2019. Elinkaariarviointi. <https://lca-consulting.fi/elinkaariarviointi/>. 12.2.2019.

- Liikanen, M. Helppi, O. Havukainen, J. Horttanainen, M. Rakennusjätteen koostumustutkimus - Etelä-Karjala. <http://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/156243/Liikanen%20et%20al.%202018%20Rakennusj%C3%A4tteen%20koostumustutkimus%20%E2%80%93%20Etel%C3%A4-Karjala.pdf>. 27.3.2019.
- Muovi kuuluu kiertoon. 2019. Muovin tulevaisuus. <https://www.muovikuuluukiertoon.fi/muovin-merkitys/muovin-tulevaisuus/>. 28.1.2019.
- Muoviteollisuus ry. 2019a. Muovisanastoa. <https://www.plastics.fi/fin/muovिति/sanasto/?ltr=16&tag=118>. 29.1.2019.
- Muoviteollisuus ry. 2019b. Muovit ja kestävä kehitys. ry. [https://www.plastics.fi/fin/muovिति/muovit\\_ja\\_ymparisto/kestava\\_kehitys/](https://www.plastics.fi/fin/muovिति/muovit_ja_ymparisto/kestava_kehitys/). 28.01.2019.
- Muoviteollisuus ry. 2019c. Muovien kierrätys. [https://www.plastics.fi/fin/muovिति/muovit\\_ja\\_ymparisto/muovien\\_kierratys/](https://www.plastics.fi/fin/muovिति/muovit_ja_ymparisto/muovien_kierratys/). 28.01.2019.
- Muoviyhdistys ry. 2016. Osa 1 - Hyvä tietää muoveista. <http://www.muoviyhdistys.fi/2016/07/15/osa-1-hyva-tietaa-muovista/>. 9.4.2019.
- Ocean Conservancy. 2015. Stemming the Tide: Land-based strategies for a plastic-free ocean <https://oceanconservancy.org/wp-content/uploads/2017/04/full-report-stemming-the.pdf>. 5.2.2019.
- PlasticsEurope. 2018a. World Environment Day 2018: How plastics tackle climate change. <https://www.plasticseurope.org/en/newsroom/news/archive-news-2018/world-environment-day-2018-how-plastics-tackle-climate-change>. 5.2.2019.
- PlasticsEurope. 2018b. Plastics – the Facts 2018. [https://www.plasticseurope.org/application/files/6315/4510/9658/Plastics\\_the\\_facts\\_2018\\_AF\\_web.pdf](https://www.plasticseurope.org/application/files/6315/4510/9658/Plastics_the_facts_2018_AF_web.pdf). 5.2.2019.
- PlasticsEurope. 2019a. How plastics are made? <https://www.plasticseurope.org/en/about-plastics/what-are-plastics/how-plastics-are-made>. 5.2.2019.
- PlasticsEurope. 2019b. Polyvinyl Chloride. <https://www.plasticseurope.org/en/about-plastics/what-are-plastics/large-family/polyvinyl-chloride>. 30.1.2019.
- Puhas Oy. 2018. Yhtiö. <https://www.puhas.fi/yhtio.html>. 31.10.2018.
- Puhas Oy. 2019a. Lajitteluohjeet. <https://www.puhas.fi/tietopankki/lajitteluohjeet.html>. 28.01.2019.
- Puhas Oy. 2019b. PVC-Muovit. <https://www.puhas.fi/tietopankki/lajitteluohjeet/poltettava-jate/pvc-muovia.html>. 30.1.2019.
- Seppälä, J. 2004. Ympäristövaikutusten arviointi elinkaariarvioinnissa. Suomen Ympäristökeskus. [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40658/SY\\_673.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40658/SY_673.pdf?sequence=1). 18.3.2019.
- Sitra. 2016. Kierrolla kärkeen: Suomen tiekartta kiertotalouteen 2016-2025. <https://media.sitra.fi/2017/02/27175308/Selvityksia117-3.pdf>. 28.1.2019.
- Sitra. 2017. Resurssiviisas kansalainen. [https://media.sitra.fi/2017/06/28164035/Sitra-Resurssiviisas-kansalainen-2017\\_Raportti.pdf](https://media.sitra.fi/2017/06/28164035/Sitra-Resurssiviisas-kansalainen-2017_Raportti.pdf). 28.1.2019.
- Suomen Uusiomuovi Oy. 2019a. Muovi on ympäristötehokas pakkausmateriaali. [http://www.uusiomuovi.fi/fin/muovi\\_kiertaa/muovien\\_kierratys/](http://www.uusiomuovi.fi/fin/muovi_kiertaa/muovien_kierratys/). 30.1.2019.

- Suomen Uusiomuovi Oy. 2019b. Kiristekalvosta raaka-ainetta suomalaisille muoviyrityksille. [http://www.uusiomuovi.fi/fin/muovi\\_kiertaa/yritysesimerkkeja/l\\_t\\_muoviportti/](http://www.uusiomuovi.fi/fin/muovi_kiertaa/yritysesimerkkeja/l_t_muoviportti/). 7.2.2019.
- Suomen Uusiomuovi Oy. 2019c. Muovien materiaalimerkit. [http://www.uusiomuovi.fi/fin/muovi\\_kiertaa/muovien\\_kierratys/muovien\\_materiaalimerkit/](http://www.uusiomuovi.fi/fin/muovi_kiertaa/muovien_kierratys/muovien_materiaalimerkit/). 5.2.2019.
- Suomen virallinen tilasto (SVT). 2017. Jätetilasto (verkkojulkaisu) . Helsinki: Tilastokeskus. [https://www.stat.fi/til/jate/2017/13/jate\\_2017\\_13\\_2019-01-09\\_tie\\_001\\_fi.html](https://www.stat.fi/til/jate/2017/13/jate_2017_13_2019-01-09_tie_001_fi.html). 30.1.2019.
- Suomen ympäristökeskus SYKE. 2013. Elinkaariarviointi, jalanjäljet ja panostuotomalli. [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus\\_ja\\_tuotanto/Tuotesuunnittelu\\_ja\\_tuotteet/Elinkaariarviointi\\_jalanjaljet\\_ja\\_panostuotomalli#Hiilijalanj%C3%A4lki](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Tuotesuunnittelu_ja_tuotteet/Elinkaariarviointi_jalanjaljet_ja_panostuotomalli#Hiilijalanj%C3%A4lki). 11.2.2019.
- Suomen Ympäristökeskus. 2014. Materiaalitehokkuus. [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus\\_ja\\_tuotanto/Resurssitehokkuus/Materiaalitehokkuus](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Resurssitehokkuus/Materiaalitehokkuus). 19.3.2019.
- Suomen ympäristökeskus. 2017a. Circwaste – Kohti kiertotaloutta. <http://www.syke.fi/hankkeet/circwaste>. 31.10.2018.
- Suomen Ympäristökeskus. 2017b. Elinkaariajattelu pk- ja startupyritysten ympäristövaikutusten arvioinnissa ja tuotekehityksen tukena. [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/228240/SY-KEra\\_34\\_2017.pdf](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/228240/SY-KEra_34_2017.pdf). 8.4.2019.
- Terveysten ja hyvinvoinnin laitos. 2019. Muovisten vesijohtojen haju- ja makuongelmat. <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/vesi/talousvesi/muovisten-vesijohtojen-haju-ja-makuongelmat>. 4.2.2019.
- Tilastokeskus. 2019a. Käsitteet. <https://www.stat.fi/meta/kas/loppusijoitus.html>. 19.3.2019.
- Tilastokeskus. 2019b. Kuljetussuorite. <https://www.stat.fi/meta/kas/kuljetussuorite.html>. 19.3.2019.
- Tilastokeskus 2019c. Yhdyskuntajäte. <https://www.stat.fi/meta/kas/yhdyskuntajate.html>. 19.3.2019.
- Tilastokeskus. 2019d. Otanta-asetelma ja otos. [https://www.stat.fi/tup/htpalvelut/haastutk\\_toiminta\\_otos.html](https://www.stat.fi/tup/htpalvelut/haastutk_toiminta_otos.html). 13.3.2019.
- Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 331/2013.
- Valtioneuvoston asetus jätteistä 179/2012.
- Valtioneuvoston asetus pakkauksista ja pakkausjätteistä 518/2014.
- Vantaan Energia. 2019. Jätevoimala antaa roskalle uuden elämän. <https://www.vantaanenergia.fi/jatevoimala-antaa-roskalle-uuden-elaman/>. 7.2.2019.
- Werner, S., Budziak, A., Franeker, J., Galagni, F., Hanke, G., Maes, T., Matiddi, M., Nilsson, P., Oosterbaan, L., Priestland, E., Thompson, R., Veiga, J. & Vlachogianni, T. 2016. Harm caused by Marine Litter. Euroopan Komissio. <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC104308/lbna28317enn.pdf>. 12.2.2019.
- WRAP. 2008. Domestic Mixed Plastics Packaging Waste Management Options, Final Project Report. <http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Mixed%20Plastic%20Final%20Report.pdf>. 4.2.2019.
- WWF – World Wide Fund For Nature. 2018. Out of the plastic trap: saving the Mediterranean from plastic pollution. <https://wwf.fi/mediabank/11094.pdf>. 5.2.2019.

- Ympäristöministeriö. 2017. Mitä on kestävä kehitys. [https://www.ym.fi/fi-fi/ymparisto/kestava\\_kehitys/mita\\_on\\_kestava\\_kehitys](https://www.ym.fi/fi-fi/ymparisto/kestava_kehitys/mita_on_kestava_kehitys). 19.3.2019.
- Ympäristöministeriö. 2018a. Kiertotalous. <http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Kiertotalous>. 5.11.2018.
- Ympäristöministeriö. 2018b. Kierrätyksestä kiertotalouteen Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2023. [http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160441/SY\\_01\\_18\\_FI\\_Kierratyksesta\\_kiertotalouteen.pdf](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160441/SY_01_18_FI_Kierratyksesta_kiertotalouteen.pdf). 28.01.2019.
- Ympäristöministeriö. 2018c. Kysymyksiä ja vastauksia muoveista. [http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Muovit/Kysymyksia\\_ja\\_vastauksia\\_muoveista](http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Muovit/Kysymyksia_ja_vastauksia_muoveista). 5.11.2018.
- Ympäristöministeriö. 2019. Energiatehokkuus. [https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Energiatehokkuus](https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Energiatehokkuus). 19.3.2019.
- Ympäristönsuojelulaki 527/2014.

