

LAPPEENRANNAN-LAHDEN TEKNILLINEN YLIOPISTO LUT  
LUT School of Energy Systems  
Ympäristötekniikan koulutusohjelma  
Kandidaatintyö

**MUOVINKERÄYKSEN VAIKUTUS KUIVAJÄTTEEN  
KOOSTUMUKSEEN JA LÄMPÖARVOON ETELÄ-KARJALASSA**  
**The impact of plastic recycling to the composition and heating value of  
dry waste in South Karelia**

Työn tarkastaja:           Professori, TkT Mika Horttanainen  
Työn ohjaaja:             Tutkijaopettaja, TkT Jouni Havukainen  
Työn ohjaaja:             Laatu- ja ympäristöpäällikkö, DI Heidi Oksman

Lappeenrannassa 10.1.2021

Jasmine Savallampi

## **TIIVISTELMÄ**

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT  
LUT School of Energy Systems  
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Jasmine Savallampi

### **Muovinkeräyksen vaikutus kuivajätteen koostumukseen ja lämpöarvoon Etelä-Karjalassa**

Kandidaatintyö

2020

50 sivua, 7 taulukkoa, 8 kuvaa ja 5 liitettä

Työn tarkastaja: Professori, TkT Mika Horttanainen  
Työn ohjaaja: Tutkijaopettaja, TkT Jouni Havukainen  
Työn ohjaaja: Laatu- ja ympäristöpäällikkö, DI Heidi Oksman

Hakusanat: kandidaatintyö, kuivajäte, koostumustutkimus, lämpöarvo, muovinkeräys

Keywords: bachelor's thesis, dry waste, composition analysis, heating value, plastic recycling

Tämä kandidaatintyö tehtiin yhteistyössä Etelä-Karjalan Jätehuolto Oy:n (EKJH Oy) kanssa. Työn tavoitteena oli määrittää Etelä-Karjalan alueen kuivajätteen tämänhetkinen laatu ja koostumus sekä lämpöarvo. Selvitettiin, onko tapahtunut muutoksia aiempiin tutkimuksiin verrattuna ja onko tuottajayhteisön sekä EKJH Oy:n järjestämällä muovinkeräyksellä ollut vaikutusta kuivajätteen koostumukseen ja lämpöarvoon.

Koostumustutkimukseen valittiin 12 jätekuormaa eri puolilta Etelä-Karjalaa, joista jokaisesta otettiin yksi käsin lajiteltava otos. Tutkimukseen valittiin 13 jätejakeetta. Otokset lajiteltiin eri jakeisiin, minkä jälkeen jätejakeiden massat punnittiin. Kuivajätteen koostumus laskettiin jätejakeiden osuutena otoksen kokonaismassasta massaprosentteina. Kuivajätteen keskimääräinen koostumus laskettiin otoskohtaisten tulosten keskiarvona.

Lämpöarvon määrittämistä varten koostettiin jokaisesta otoksesta yksi jätejakeiden massaosuuksiin perustuva näyte. Näytteistä määritettiin Lappeenrannan-Lahden teknillisen yliopiston energiatekniikan laboratoriossa kosteuspuitoisuudet, analyysikosteudet sekä kalorimetriset lämpöarvot, joiden avulla laskettiin tehollinen lämpöarvo saapumistilassa.

Kuivajätteen keskimääräiseksi kosteuspuitoisuudeksi saatiin 30,5 % ja lämpöarvoksi 16 MJ/kg. Kyseiset ominaisuudet poikkeavat jonkin verran vuoden 2017 tutkimuksesta.

Kuivajätteen koostumuksessa ei näyttäisi tapahtuneen merkittäviä muutoksia aiempiin tutkimuksiin verrattuna. Muovinkeräyksellä ei vaikuta juurikaan olleen vaikutusta koostumukseen eikä siten myöskään lämpöarvoon.

## SISÄLLYSLUETTELO

SYMBOLILUETTELO .....	4
1 JOHDANTO .....	6
2 SEKAJÄTTEEN KOOSTUMUS .....	9
3 JÄTEHUOLTOMÄÄRÄYKSET JA MUOVINKERÄYS ETELÄ-KARJALAN ALUEELLA .....	11
4 JÄTTEIDEN ENERGIAHYÖTYKÄYTTÖ .....	13
5 AIEMMAT TUTKIMUKSET .....	15
5.1 Syntypaikkalajitellun sekajätteen koostumuksen sekä palamisteknisten ominaisuuksien selvitys Etelä-Karjalan alueella .....	15
5.2 Hyötyjätteen osuus kuivajätteessä ekopisteverkoston päivityksen jälkeen Luumäen, Savitaipaleen ja Taipalsaaren alueella .....	16
5.3 Kotitalousjätteen laatututkimus Etelä-Karjalassa .....	16
6 MENETELMÄT .....	19
6.1 Kuivajätteen koostumuksen määrittäminen .....	19
6.1.1 Jätekuormien valinta .....	19
6.1.2 Jätejakeet .....	20
6.1.3 Otosten kerääminen, lajittelu ja jätejakeiden punnitseminen .....	22
6.1.4 Laskenta ja tulosten esittäminen .....	23
6.2 Kuivajätteen lämpöarvon määrittäminen .....	23
6.2.1 Näytteen valmistelu .....	24
6.2.2 Kosteuspitoisuuden määrittäminen .....	24
6.2.3 Lämpöarvon määrittäminen .....	25
7 TULOKSET JA NIIDEN KÄSITTELY .....	30
7.1 Kuivajätteen koostumus .....	30
7.2. Kuivajätteen lämpöarvo .....	35
7.3 Vertailu aiempiin tutkimuksiin .....	38
7.4 Tulosten luotettavuuden arviointi .....	43
8 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	46
9 YHTEENVETO .....	49
LÄHTEET .....	51

## LIITTEET

Liite 1. Jätejakeet ja niihin lajiteltavat jätteet

Liite 2. Punnitustaulukot

Liite 3. Vety-, happi- ja typpipitoisuuksien laskeminen Etelä-Karjalan kuivajätteelle

Liite 4. Laskennassa käytetyt alkuainepitoisuudet

Liite 5. Otoskeskihajonta ja vaihteluväli pakkausmuoville kuivajätteessä

## SYMBOLILUETTELO

### Lyhenteet

°C	celsiusaste
EKJH Oy	Etelä-Karjalan Jätehuolto Oy
EU	Euroopan Unioni
KIVO	Suomen Kiertovoima ry
m-%	massaprosentti
Ka.	keskiarvo
PVC	polyvinyylidikloridi
SER	sähkö- ja elektroniikkaromu

### Symbolit

$q$	lämpöarvo	[J/g], [MJ/kg]
$M$	kosteuspitoisuus	[m-%]
$n$	otosten lukumäärä	
$m$	massa	[g], [kg], [t/a]
$s_{n-1}$	otoskeskihajonta	[%-yksikkö]
$w$	massaosuus	[m-%]
$w(H)_d$	vetypitoisuus	[m-%]
$w(N)_d$	typpipitoisuus	[m-%]
$w(O)_d$	happipitoisuus	[m-%]
$x$	pakkausmuovin osuus	[m-%]

### Alkuaineet

H	vety
N	typpi
O	happi

**Alaindeksit**

1	tyhjä astia
2	astia ja kostea näyte
3	astia ja kuiva näyte
ar	saapumistilassa
d	kuiva
gr	kalorimetrinen
H	vety
i	jätejäte, otos
ka	keskiarvo
net	tehollinen
p	vakiopaineessa, pakkausmuovi
V	vakiotilavuudessa

## 1 JOHDANTO

Jätteen määrän vähentäminen sekä jätteiden uudelleenkäyttö ja kierrätys ovat tärkeitä toimenpiteitä ilmastonmuutoksen hillitsemisen ja luonnonvarojen säästämisen näkökulmasta. Jokaisen tuotteen tuottamisessa kuluu energiaa sekä syntyy kasvihuonekaasupäästöjä ja jätettä (Horttanainen 2020). Syntyvän jätteen määrää voidaan vähentää ostamalla pitkään kestäviä tuotteita ja välttämällä turhien tavaroiden hankkimista (Horttanainen 2020). Jätteeksi muuttunut käyttökelpoinen tavara voidaan uudelleenkäyttää eli käyttää uudelleen samassa tarkoituksessa kuin mihin se on alun perin suunniteltu (Ilmasto-opas 2020). Käyttökelvottomien tuotteiden kierrättäminen takaisin raaka-aineiksi säästää merkittävästi energiaa ja luonnonvaroja verrattuna neitseellisten materiaalien käyttöön (Horttanainen 2020; Ilmasto-opas 2020).

Sekä Euroopan unionin (EU) että Suomen lainsäädäntö ohjaavat jätehuollon toimintaa (Ympäristöministeriö 2020). Lisäksi kunnat voivat antaa alueellisia jätelakiin (646/2011) perustuvia jätehuoltomääräyksiä, jotka huomioivat paikalliset olosuhteet jätelain toimeenpanossa ja ohjaavat jätehuollon käytännön toteuttamista kunnissa (L 17.6.2011/646. 91 § 1; Kuntaliitto 2016). Suomen jätelainsäädännön uudistus on käynnissä, ja se liittyy EU:ssa kesällä 2018 hyväksytyyn jätėsäädöspaketin toimeenpanoon. Keskeisiä tavoitteita jätėsäädöspaketissa ovat jätteen määrän vähentäminen sekä uudelleenkäytön ja kierrätyksen lisääminen. (Ympäristöministeriö 2020.)

Viimeisin jätelaki (2011/646) astui voimaan 1.5.2012, ja viimeisin EU:n jätedirektiivi (2018/851) annettiin 30.5.2018. Kyseisen direktiivin tarkoituksena on edeltävän jätteistä annetun direktiivin 2008/98/EY muuttaminen. Sekä jätelaissa että jätedirektiivissä (2008/98/EY) on mainittu periaate, jonka mukaan jätehuollossa on toimittava etusijajärjestyksen mukaan. Ensisijaisesti pyritään vähentämään syntyvän jätteen määrää. Mikäli jätettä syntyy, se on ensisijaisesti valmistettava uudelleenkäyttöä varten tai toissijaisesti kierrätettävä. Jos kierrättäminen ei ole mahdollista, jäte täytyy hyödyntää muulla tavalla, esimerkiksi energiana. Loppukäsittely tulee kyseeseen vasta silloin, kun hyödyntäminen ei ole mahdollista. (L 17.6.2011/646. 8 § 1.; Direktiivi 2008/98/EY.)

Uudistetun EU:n jätedirektiivin (2018/851) mukaan yhdyskuntajätteestä tulisi kierrättää 55 % vuoteen 2025 mennessä, 60 % vuoteen 2030 mennessä ja 65 % vuoteen 2035 mennessä. Direktiivi (EU) 2018/852 pakkauksista ja pakkausjätteistä annetun direktiivin 94/62/EY muuttamisesta velvoittaa kierrättämään vähintään 65 % kaiken pakkausjätteen painosta ja 50 % pakkausmuovijätteestä vuoden 2025 loppuun mennessä. Vuoden 2030 loppuun mennessä kaikesta pakkausjätteestä täytyy kierrättää 70 % ja pakkausmuovijätteestä 55 % (Direktiivi (EU) 2018/852).

Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista (331/2013) on rajoittanut kaatopaikoille sijoitettavan jätteen biohajoavan ja muun orgaanisen aineksen määrää 1.1.2016 alkaen. Aiemmin kaatopaikoille sijoitettu orgaaninen jäte on sen jälkeen ohjautunut pääsääntöisesti hyödynnettäväksi materiaalina tai energiana. (Korhonen et al. 2018, 5.) Yhdyskuntajätettä ei enää juurikaan sijoiteta kaatopaikoille orgaanisen jätteen kaatopaikkakiellon takia. Vuonna 2019 kaatopaikkasijoitukseen päätyi alle prosentti yhdyskuntajätteestä. (Tilastokeskus 2020c.)

Vuoden 2013 alusta lähtien kotitalousjätteitä on toimitettu Etelä-Karjalan alueelta energiahyötykäyttöön kaatopaikkasijoituksen sijaan. Vuosina 2013–2014 energiahyötykäyttöön toimitettiin osa kuivajätteestä, mutta vuoden 2015 alusta alkaen kaikki kuivajätteet ovat päätyneet energiahyötykäyttöön. (Etelä-Karjalan Jätehuolto Oy 2019.) Kotitalouksien pakkausmuovijätteen keräys alkoi Suomessa vuoden 2016 alussa (Ympäristöministeriö 2018).

Sekajätteen koostumustutkimuksia on tehty Suomessa 1980-luvulta lähtien, ja 2000-luvulla ne ovat yleistyneet (Jätelaitosyhdistys 2017, 7). Myös Etelä-Karjalan Jätehuolto Oy:n (EKJH Oy) alueella on tehty tutkimuksia kuivajätteen koostumuksesta ja lämpöarvosta. Viimeisimmän tutkimuksen on tehnyt Tuija Viiru (2017) opinnäytetyössään *Kotitalousjätteen laatututkimus Etelä-Karjalassa*. Koostumustutkimuksia on aiheellista tehdä säännöllisin väliajoin, koska tutkimuksista saadun tiedon avulla pystytään esimerkiksi suunnittelemaan jätehuollon toimintaa sekä edistämään jätteen määrän vähentämistä, lajittelua ja kierrätystä (Jätelaitosyhdistys 2017, 7). Vuonna 2016 alkanut muovijätteen erilliskeräys on saattanut vaikuttaa kuivajätteen koostumukseen, minkä takia uusi

koostumustutkimus on tarpeellinen. Myös kuivajätteen lämpöarvo on voinut muuttua muovinkeräyksen myötä.

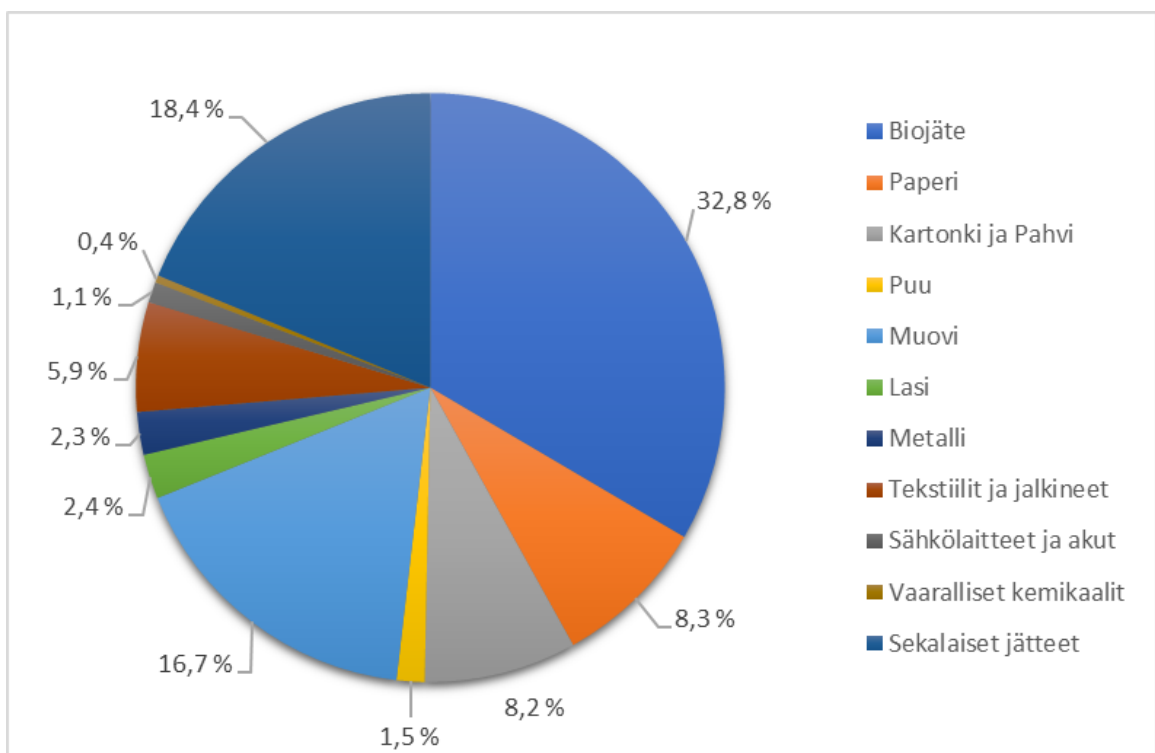
Kandidaatintyö tehdään yhteistyössä EKJH Oy:n kanssa. Tavoitteena on selvittää EKJH Oy:n alueelta kerätyn kuivajätteen tämänhetkinen laatu ja koostumus sekä lämpöarvo. Työssä selvitetään, onko kuivajätteen koostumuksessa tapahtunut muutoksia aikaisempiin tutkimuksiin verrattuna ja onko tuottajayhteisön sekä EKJH Oy:n järjestämällä muovinkeräyksellä ollut vaikutusta jätteen koostumukseen ja lämpöarvoon.



## 2 SEKAJÄTTEEN KOOSTUMUS

Yhdyskuntajätteellä tarkoitetaan kotitalouksissa syntynyttä jätettä sekä tuotannossa, erityisesti palvelualoilla, kertynyttä kotitalousjätteisiin verrattavaa jätettä (Tilastokeskus 2020b). Kotitalousjäte koostuu eri jakeista, joita ovat koostumustutkimuksissa käytettävän jaeluokituksen ensimmäisen tason mukaan biojäte, paperi, kartonki ja pahvi, puu, muovi, lasi, metalli, tekstiilit ja jalkineet, sähkölaitteet ja akut, vaaralliset kemikaalit sekä sekalaiset jätteet (KIVO 2020c).

Tiukentuva sääntely yhdyskuntajätteen osalta sekä energiahyödyntäminen ovat kasvattaneet mielenkiintoa sekajätteen koostumusta kohtaan (Jätelaitosyhdistys 2017, 7). Kuvassa 1 näkyy Suomen Kiertovoima ry:n (KIVO) Suomessa 2000-luvulla toteutettujen vertailukelpoisten kotitalouksien sekajätteen koostumustutkimusten tulosten avulla laskema valtakunnallinen sekajätteen koostumus.



**Kuva 1.** Kotitalouksien sekajätteen koostumus 2000-luvulla. Tiedot: KIVO 2020d.

Kuvasta käy ilmi, että suomalaisten kotitalouksien sekajätteen joukossa on ylivoimaisesti eniten biojätettä, jota on noin kolmasosa sekajätteen massasta. Toiseksi eniten on sekalaisia jätteitä (18,4 m-%) ja kolmanneksi eniten muovia (16,7 m-%). (KIVO 2020d.)

Koostumus on laskettu kuuden eri tutkimuksen tulosten keskiarvona, joista jokainen edustaa eri aluetta Suomessa. Tutkimukset on toteutettu vuosina 2015–2017. Vuoden 2017 tutkimuksessa on tutkittu Pirkanmaan kuivajätettä ja vuoden 2016 tutkimuksessa pääkaupunkiseudun kuivajätettä. Vuonna 2015 toteutetuissa tutkimuksissa on tutkittu Kuopion, Kainuun, Turun seudun sekä Keski-Suomen kuivajätteen koostumusta. (KIVO 2020d.)

### **3 JÄTEHUOLTOMÄÄRÄYKSET JA MUOVINKERÄYS ETELÄ-KARJALAN ALUEELLA**

Etelä-Karjalan tuoreimmat jätehuoltomääräykset astuivat voimaan 1.1.2019 kumoten samalla edelliset 1.1.2015 voimaan astuneet jätehuoltomääräykset (Etelä-Karjalan jätelautakunta 2018, 33). Jätehuoltomääräysten 2 §:n mukaan jätehuollon tavoitteena on terveyden ja ympäristön suojeleminen sekä jätehierarkian noudattaminen siten, että saavutetaan paras lopputulos kokonaisuuden kannalta (Etelä-Karjalan jätelautakunta 2018, 5).

Yhdyskuntajätteistä tulee lajitella erilleen kuivajäte, biojäte, hyötyjätteet, vaaralliset jätteet sekä sähkö- ja elektroniikkaromu. Hyötyjätteitä ovat kierrätystä tai muuta hyödyntämistä varten erilliskerättävät jätteet, esimerkiksi kartonki-, lasi- ja muovipakkaukset sekä pienmetalli. Jätteiden lajittelusta ja toimittamisesta niille tarkoitettuihin paikkoihin huolehtii jätteen haltija. (Etelä-Karjalan jätelautakunta 2018, 6, 13.)

Biojätteelle on erilliskeräysvelvoite riippumatta asuinkiinteistön huoneistojen lukumäärästä tai syntyvän biojätteen määrästä. Asuinkiinteistöissä, joissa on vähintään 30 huoneistoa, on oltava oma keräysastia muovipakkauksille. Vuoden 2022 alusta alkaen muovinkeräysastia pitää olla myös kiinteistöissä, joissa on vähintään 20 huoneistoa. Myös sellaiset kiinteistöt, joiden huoneistomäärä ei velvoita kuulumaan hyötyjätekeräykseen, voivat liittyä keräykseen, jos hyötyjätettä kertyy riittävästi ja kiinteistö sijaitsee keräysreitillä. (Etelä-Karjalan jätelautakunta 2018, 15–16.)

Etelä-Karjalassa kerätään muovipakkauksia tällä hetkellä 17:ssä Suomen Pakkauskierrätys RINKI Oy:n ylläpitämässä ekopisteessä ja 17:ssä EKJH Oy:n ylläpitämässä keräyspisteessä. Muovinkeräyspisteitä on Imatralla seitsemän, Lappeenrannassa 19 ja Luumäellä kaksi. Lisäksi Lemillä, Parikkalassa, Rautjärvellä, Ruokolahdella, Savitaipaleella ja Taipalsaaressa on jokaisella paikkakunnalla yksi muovinkeräyspiste. (Etelä-Karjalan Jätehuolto Oy 2020a.)

Etelä-Karjalan alueella erilliskerätyn pakkausmuovin määrä on kasvanut vuosittain. Pakkausmuovia kerättiin noin 353 tonnia vuonna 2017, 403 tonnia vuonna 2018 ja 545 tonnia vuonna 2019. (Oksman 2020c.) Vuonna 2020 tammi-kesäkuun aikana

pakkausmuovia on kerätty noin 341 tonnia (Oksman 2020c), joten vuonna 2020 kerätyn pakkausmuovin määrä kokonaisuudessaan tulee olemaan karkeasti 700 tonnia, kun oletetaan heinä-joulukuun aikana kerätyn pakkausmuovin määrän olevan suurin piirtein sama kuin alkuvuonna kerätyn.

## 4 JÄTTEIDEN ENERGIAHYÖTYKÄYTTÖ

Suomessa oli vuonna 2017 kahdeksan pääpolttoaineenaan kierrätyskelvotonta jätettä käyttävää jätevoimalaitosta, joiden yhteenlaskettu vuosittainen kapasiteetti on 1,7 miljoonaa tonnia (KIVO 2020a; KIVO 2020b). Voimalat sijaitsevat Kotkassa, Lahdessa, Leppävirralla, Mustasaarella, Oulussa, Riihimäellä, Tampereella ja Vantaalla (KIVO 2020b). Näiden lisäksi vuonna 2021 aloittaa toimintansa Salon Korvenmäen ekovoimalaitos, jonka kapasiteetti on 120 000 tonnia jätettä vuodessa (Lounavoima 2020). Jätteitä hyödynnetään energiana myös rinnakkaispolttolaitoksissa, joissa käytetään myös tavanomaisia polttoaineita jäteperäisten polttoaineiden ohella (KIVO 2020a).

Etelä-Karjalan kotitalousjätteiden kokonaismäärä vuonna 2019 oli 45 315 tonnia. Jätteistä 53 % meni materiaalihyötykäyttöön ja 45 % energiahyötykäyttöön. Loput 2 % sisältää sähkölaitteet ja vaarallisen jätteen, jotka käsiteltiin haitattomaksi ja hyödynnettiin osittain. (Etelä-Karjalan Jätehuolto Oy 2020b.) Energiahyötykäyttöön ohjautuva jäte kuljetetaan Fortum Waste Solutionin voimalaitokseen Riihimäelle, jossa jätteiden sisältämästä energiasta tuotetaan pääasiassa lämpöä Hyvinkään ja Riihimäen kaupunkien kaukolämpöverkkoon. Osa kuivajätteestä (37 % vuonna 2018) kulkee ekojalostamon kautta ennen polttoa voimalaitoksen kattilassa. Yhdyskuntajäte murskataan ekojalostamolla ja siitä erotellaan jonkin verran orgaanista ainesta, muovია ja metallia. Orgaaninen aines ohjautuu biokaasun tuotantoon ja talteen saadut muovit ja metallit kierrätetään uusien muovi- ja metallituotteiden valmistukseen. Jättemassa, joka jää jäljelle, poltetaan voimalaitoksessa. (Etelä-Karjalan Jätehuolto Oy 2019.)

Yhdyskuntajätteestä energiantuotantoon soveltuvat parhaiten kuivat jätteet metallin ja lasin erottelun jälkeen. Kierrätyspolttoaineiden taloudellisia haittapuolia voivat olla esimerkiksi polttoaineen laadun vaihtelun aiheuttamat tekniset riskit sekä polttoaineen vastaanottoon ja käsittelyyn tarvittavat investoinnit. Kierrätyspolttoaineen ominaisuudet täytyy siis tuntea, jotta kattilalaitoksessa voidaan toteuttaa tehokas ja puhdas polttoprosessi ilman, että laitoksen toiminnan tekniset, taloudelliset ja ympäristövaikutuksiin liittyvät edellytykset vaarantuvat. Kierrätyspolttoaineiden turvallisen käytön edellytyksiä ovat muun muassa pienet haitta-aine- ja epäpuhtauspitoisuudet sekä hyvä syntypaikkalajittelu. Tärkeimpiä laatukriteereitä kierrätyspolttoaineelle ovat palakoko, kosteus, epäpuhtaudet ja

tuhkapitoisuus sekä kemiallinen koostumus. Epäpuhtauksia ovat esimerkiksi metalli ja lasi. (Alakangas et al. 2016, 150.)

Lämpöarvo eli polttoaineen täydellisessä palamisessa vapautuvan lämpöenergian määrä on tärkeä polttoaineominaisuus. Kosteuspitoisuus puolestaan on merkittävää määrittä, koska se vaikuttaa suoraan teholliseen lämpöarvoon eli energiaan, joka vapautuu tavanomaisessa poltossa. (Moilanen et al. 1995, 91, 93.) Polttoaineen sisältäessä runsaasti muovia, sillä on alhainen kosteus ja korkeampi lämpöarvo johtuen suuremmasta vety- ja hiilipitoisuudesta (Alakangas et al. 2016, 150). Biojätteet puolestaan sisältävät paljon kosteutta, mikä vaikuttaa lämpöarvoon sitä alentavasti (Kohvakka 2014).

PVC-muovi on ongelmallista sen sisältämän kloorin takia, koska polttoaineen klooripitoisuus voi aiheuttaa kuumakorroosioriskin. Myös kierrätyspolttoaineen sisältämät natrium-, kalium-, ja alumiinipitoisuudet voivat olla muita polttoainetta korkeammat, jolloin täytyy huomioida kattilan likaantumisriski. Raskasmetallit puolestaan voivat aiheuttaa ympäristöpäästöjä ja hankaloittaa tuhkan hyötykäyttöä. Metallinen alumiini on kierrätyspolttoaineita poltettaessa haitallista, koska se sulaa muodostaen ohuen oksidikalvon peittämiä pisaroita. Nämä pisarat tarttuvat ensimmäiseen kylmempään pintaan, tavallisesti hilaan tai tulistuspintaan. Pahimmassa tapauksessa alumiini voi johtaa jopa kattilan tukkeutumiseen. (Alakangas et al. 2016, 150–151.)

## **5 AIEMMAT TUTKIMUKSET**

Etelä-Karjalan alueella on tehty aiemmin kolme kuivajätteen koostumustutkimusta, joista kahdessa on myös määritetty kuivajätteen palamisteknisiä ominaisuuksia. Tutkimukset on tehty vuosina 2011, 2014 ja 2017.

### **5.1 Syntypaikkalajitellun sekajätteen koostumuksen sekä palamisteknisten ominaisuuksien selvitys Etelä-Karjalan alueella**

Nina Teirasvuo on tehnyt vuonna 2011 diplomityön, jossa hän selvitti Etelä-Karjalan alueen syntypaikkalajitellun sekajätteen koostumusta ja palamisteknisiä ominaisuuksia. Tutkimukseen valittiin 12 jätekuormaa, joista kerättiin yhteensä 13 otosta. Yhdestä kuormasta kerättiin siis kaksi otosta ja muista yksi. Taajama-alueen otoksia oli kymmenen ja haja-asutusalueen otoksia kolme. Tutkimuksessa käytettiin seuraavanlaista jätejaeluokittelua: (Teirasvuo 2011, 9, 61, Liite 1.)

1. Biojäte
2. Kierrätyskelvoton polttokelpoinen jäte, ei sisällä muovia
3. Kaatopaikkajäte
4. Keräyspaperi
5. Keräyskartonki ja -pahvi
6. Kierrätyskelvoinen muovi
7. Kierrätyskelvoton muovi
8. Lasi
9. Metallit
10. Muu polttokelpoinen jäte
11. Ongelmajäte
12. Renkaat
13. Sähkö- ja elektroniikkaromu (SER)

Tutkimuksen mukaan sekajäte sisälsi eniten biojätettä, jonka osuus oli 23,9 m-% ja toiseksi eniten kaatopaikkajätettä, jonka osuus oli 21,3 m-%. Biohajoavia jätteitä oli yhteensä 51 m-

% ja kierrätykseen kelpaavia jakeita 21 m-%. (Teirasvuo 2011, 112–113.) Kierrätykseen kelpaavat jakeet on määritelty eri tavalla kuin ne määritettäisiin nykyisin, koska vuonna 2011 ei ollut vielä pakkausmuovien erilliskeräystä. Teirasvuon tutkimuksessa kierrätyskelpoiseksi muoviksi määriteltiin siten vain pantilliset PET-pullot (Teirasvuo 2011, Liite 1, 2).

Palamisteknisistä ominaisuuksista selvitettiin jätteen kosteuspitoisuus, tuhkapitoisuus ja tehollinen lämpöarvo saapumistilassa. Tulokseksi saatiin kuivajätteen kosteuspitoisuudelle 29 %, tuhkapitoisuudelle kuiva-aineessa 16 % ja teholliselle lämpöarvolle saapumistilassa 15 MJ/kg. (Teirasvuo 2011, 100–101, 103.)

## **5.2 Hyötyjätteen osuus kuivajätteessä ekopisteverkoston päivityksen jälkeen Luumäen, Savitaipaleen ja Taipalsaaren alueella**

Henri Honkanen on tehnyt vuonna 2014 kandidaatintyön, jossa tutkittiin hyötyjätteen määrää kuivajätteessä Luumäen, Savitaipaleen ja Taipalsaaren alueella. Työssä käytettiin referenssitutkimuksena Teirasvuon (2011) tutkimusta. Tutkimukseen valittiin kuusi jätekuormaa, joista jokaisesta otettiin yksi otos (Honkanen 2014, 13). Jätejakeet luokiteltiin samalla tavalla kuin Teirasvuon (2011) tutkimuksessa. (Honkanen 2014, 6, 13–14.)

Tutkimuksen mukaan alueen sekajätteessä oli eniten kierrätyskelvotonta muovia, jonka osuus oli 24,7 m-%. Toiseksi eniten oli biojätettä (16,2 m-%) ja kolmanneksi eniten kierrätyskelvotonta polttokelpoista jätettä (13,6 m-%). Kierrätyskelpoisia jätteitä oli 22,3 m-% jätteen kokonaismäärästä. Kuivajätteen koostumus ja hyötyjätteiden osuus kuivajätteen seassa ei ollut merkittävästi muuttunut verrattuna referenssitutkimukseen. (Honkanen 2014, 27, 30, 35.)

## **5.3 Kotitalousjätteen laatututkimus Etelä-Karjalassa**

Tuija Viiru on tehnyt vuonna 2017 Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulussa opinnäytetyön, jossa selvitettiin Etelä-Karjalan alueen kotitalouksien kuivajätteen koostumus ja palamisteknisiä ominaisuuksia. Tarkoituksena oli selvittää, onko



koostumuksessa tapahtunut muutoksia aiempiin tutkimuksiin verrattuna ja onko tuottajayhteisön järjestämällä muovinkeräyksellä ollut vaikutusta kuivajätteen koostumukseen ja teholliseen lämpöarvoon. Lisäksi selvitettiin myös kotitalouksissa syntyvän vaate- ja tekstiilijätteen määrää. (Viiru 2017, 2, 7.)

Tutkimukseen valittiin 12 jätekuormaa, joista kymmenen otettiin taajama-alueilta ja kaksi haja-asutusalueilta. Jokaisesta kuormasta otettiin yksi otos. Jätejakeiden jaottelun tehtiin joitakin muutoksia verrattuna Teirasvuon ja Honkasen tutkimusten jaotteluun. Teirasvuon ja Honkasen tutkimusten jakeet ”Kierrätyskelvoton polttokelpoinen jäte, ei sisällä muovia”, ”Kaatopaikkajäte” sekä ”Muu polttokelpoinen jäte” yhdistettiin yhdeksi jakeeksi ”Kuivajäte”, joka menee nykyään poltettavaksi. Myös ”Kierrätyskelvoton muovi” menee nykyään kuivajätteen mukana poltettavaksi, mutta se on eroteltu omaksi jakeekseen Teirasvuon tutkimuksen vertailukelpoisuuden säilymisen takia. Lisäksi vaate- ja tekstiilijäte on eroteltu omaksi jakeeksi. Viirun tutkimuksessa jätejakeet jaoteltiin seuraavasti: (Viiru 2017, 30, 33–34.)

1. Biojäte
2. Keräyspaperi
3. Keräyskartonki ja -pahvi
4. Lasi
5. Metallit
6. Vaaralliset jätteet
7. Renkaat
8. Sähkö- ja elektroniikkaromu (SER)
9. Muovinkeräykseen soveltuva muovi
10. Kierrätyskelvoinen muovi, pantilliset pullot
11. Kierrätyskelvoton muovi (lelut)
12. Kierrätyskelvoinen polttokelpoinen jäte, kuivajäte
13. Vaatteet

Tutkimuksen mukaan kuivajäte sisälsi eniten kierrätyskelvotonta polttokelpoista jätettä (kuivajäte), jonka osuus oli 32,6 m-%. Toiseksi eniten kuivajätteessä oli biojätettä (25,5 m-

%) ja kolmanneksi eniten muovinkeräykseen soveltuvaa muovia (11,6 m-%). (Viiru 2017, 39.)

Palamisteknisistä ominaisuuksista selvitettiin tehollinen lämpöarvo, tuhkapitoisuus ja kosteuspitoisuus. Tehollinen lämpöarvo ja tuhkapitoisuus määritettiin erikseen pakkausmuovin ollessa mukana näytteessä ja ilman pakkausmuovia. Tehollinen lämpöarvo pakkausmuovin ollessa mukana oli 19,44 MJ/kg ja ilman pakkausmuovia 17,78 MJ/kg. Tuhkapitoisuus pakkausmuovin kanssa oli 7,1 % ja ilman pakkausmuovia 7,5 %. Kuivajätteen kosteuspitoisuudeksi saatiin 24,4 %. (Viiru 2017, 51–53.)

Teirasvuon (2011) tutkimukseen verrattuna biojätteen, keräyspaperin sekä keräyskartongin ja -pahvin osuus oli pienentynyt hieman (1,6 %-yksikköä). Muovin määrä oli pienentynyt 21,3 massaprosentista 13,2 massaprosenttiin. Teirasvuon tutkimuksessa nykyiseen kuivajätteeseen kuuluvat jakeet muodostivat 31,8 m-% koko kuivajätteen kokonaismassasta, kun taas Viirun tutkimuksessa vaatteet ja tekstiilit yhdessä kuivajäte-jakeen kanssa muodostivat 41,8 m-% kuivajätteen kokonaismassasta. (Viiru 2017, 54.)

Palamisteknisiä ominaisuuksia verrattiin Teirasvuon tutkimuksessa määritettyihin palavan jakeen ominaisuuksiin taajama- ja haja-asutusalueella (Viiru 2017, 55–56; Teirasvuo 2011, 101–103) Tuhkapitoisuudessa ei ollut tapahtunut merkittäviä muutoksia Teirasvuon tutkimukseen verrattuna. Keskimääräinen kosteuspitoisuus oli jonkin verran pienempi kuin Teirasvuon tutkimuksessa, jossa kosteuspitoisuus on ollut taajama-alueen kuivajätteen palavassa jakeessa 31 % ja haja-asutusalueen palavassa jakeessa 33 %. Lämpöarvo palavalle jakeelle on ollut Teirasvuon tutkimuksessa taajama-alueen jätteessä 16 MJ/kg ja haja-asutusalueen jätteessä 17 MJ/kg. Näissä mittauksissa oli mukana keräysmuovi. Viirun tutkimuksessa lämpöarvo oli hieman parempi sekä keräysmuovin kanssa että ilman keräysmuovia. (Viiru 2017, 55–56.)

## **6 MENETELMÄT**

Koostumustutkimuksessa hyödynnetään Jätelaitosyhdistyksen opasta sekajätteen koostumustutkimuksiin, josta löytyy tietoa tutkimuksen suunnittelua, toteutusta ja raportointia varten. Lämpöarvon määrittämisessä toimitaan pääpiirteittäin standardin SFS-EN 15400 mukaisesti ja käytetään apuna Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n julkaisua *Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia* (2016). Tutkimus myös suoritetaan pääpiirteittäin samankaltaisesti kuin Viirun (2017) ja Teirasvuon (2011) tutkimukset vertailukelpoisuuden takia.

### **6.1 Kuivajätteen koostumuksen määrittäminen**

Kuivajätteen koostumuksen määrittämiseen kuuluu tutkimuksen suunnittelu, toteutus sekä tulosten tarkastelu. Suunnitteluvaiheessa valitaan jätekuormien määrä ja jäteautojen ajoreitit sekä määritetään lajiteltavat jätelajit. Tutkimuksen käytännön toteutukseen kuuluu otosten kerääminen ja lajittelu sekä jätelajien punnitseminen. Tulosten tarkastelussa lasketaan eri jätelajien massaosuudet kussakin otoksessa, piirretään kuvaajat lajittelun tuloksista sekä verrataan tuloksia aiempiin tutkimuksiin.

#### **6.1.1 Jätekuormien valinta**

Tilastokeskuksen mukaan Etelä-Karjalassa asui vuonna 2018 hieman alle 129 000 asukasta. Taajamassa asui tuolloin 83,9 % maakunnan asukkaista. (Tilastokeskus 2020a.) Koostumustutkimuksessa pyrittiin vertailukelpoisuuteen Viirun (2017) sekä Teirasvuon (2011) tutkimuksien kanssa. Valittiin siis 12 jäteautojen ajoreittiä ja jokaiselta reitiltä yksi kuorma. Reittejä painotettiin taajama-asteen mukaisesti siten, että 10 kuormaa valittiin taajama-alueilta ja 2 kuormaa haja-asutusalueilta. Nämä 10 kuormaa edustavat 83,9 % ihmisistä, jotka asuvat taajamassa ja 2 kuormaa puolestaan 16,1 % ihmisistä, jotka asuvat haja-asutusalueilla. Reittejä myös pyrittiin valikoimaan eri puolilta Etelä-Karjalaa, jotta tutkimus kattaisi mahdollisimman hyvin koko maakunnan alueen. Reittien valinnassa ei otettu huomioon, onko alueilla järjestetty muovinkeräys vai ei.

Taajama-alueiden kuormiksi valittiin 4 kuormaa Lappeenrannan alueelta ja 2 kuormaa Imatran alueelta. Savitaipaleelta, Taipalsaaresta, Luumäeltä ja Ruokolahdelta valittiin myös jokaisesta yksi taajama-alueen kuorma. Haja-asutusalueen kuormista toinen tuli Taipalsaaren alueelta ja toinen Parikkalan alueelta.

### **6.1.2 Jätejakeet**

Lajitteluun valittiin 13 eri jätejakeetta EKJH Oy:n lajitteluohjeiden ja referenssitutkimusten pohjalta sekä KIVO:n jätejakeiden luokittelua hyödyntäen. Tarkemmat tiedot eri jakeisiin lajiteltavista jätteistä löytyvät liitteistä (Liite 1). Tämän tutkimuksen 13 jätejakeetta ovat:

1. Biojäte
2. Paperi
3. Kartonki ja pahvi
4. Renkaat
5. Kierrätyskelpoiset muovipakkaukset
6. Kierrätyskelvottomat muovipakkaukset
7. Muu muovi
8. Lasi
9. Metallit
10. Vaatteet ja tekstiilit
11. Sähkö- ja elektroniikkaromu (SER)
12. Vaarallinen jäte
13. Muu kuivajäte

Eri muovijakeita on kolme, koska tutkimuksessa tarkastellaan nimenomaan muovinkeräyksen vaikutusta kuivajätteen koostumukseen ja lämpöarvoon. Jakeet 5 ja 6 ovat muovinkeräykseen soveltuvaa pakkausmuovia. Jakeeseen 6 kuuluvat muovit ovat muovipakkauksia, joissa on myös metallipinnoite. Esimerkkejä tällaisista pakkauksista ovat monet sipsi- ja kahvipakkaukset. Kyseisiä pakkauksia saa laittaa muovinkeräykseen, mutta ne kuitenkin eivät yleensä päädy kierrätykseen metallikoostumuksen takia (Suomen Uusiomuovi Oy 2020). Sen sijaan jakeeseen 5 kuuluvat pakkausmuovit pystytään

hyödyntämään uusioraaka-aineena. Siksi muovipakkaukset on jaoteltu kahteen eri jakeeseen.

Jakeeseen 7 kuuluu muovituotteet sekä PVC-muovipakkaukset, joita ei saa laittaa muovinkeräykseen (Etelä-Karjalan Jätehuolto Oy 2020f). Tähän jakeeseen lajiteltiin esimerkiksi muovilelut ja -astiat sekä kaupasta ostetut pakastuspussit.

Otokset 1–3 lajiteltiin vain 12 jätejakeeseen, koska ensin ei jaoteltu kierrätyskelvottomia pakkausmuoveja erilleen, vaan ne lajiteltiin kuivajätteen sekaan sen takia, että niitä ei pystytä hyödyntämään materiaalina. Myöhemmin kuitenkin todettiin, että kierrätyskelvottomat pakkausmuovit olisi hyvä lajitella erikseen, koska ne kelpaavat kuivajätteen ohella myös muovinkeräykseen. Siksi otokset 4–12 on lajiteltu 13 eri jätejakeeseen. Näin ollen kierrätyskelvottomia pakkausmuoveja voidaan tilanteen mukaan tarkastella osana kuivajätettä tai pakkausmuovijätettä.

Rikkinäisille vaatteille ja tekstiileille ei ole tällä hetkellä erilliskeräystä. Jotkut vaateliikkeet kuitenkin ottavat vastaan rikkinäisiä tekstiilejä, ja Finlayson ottaa vastaan myymälöissään vanhoja lakanoita ja farkkuja. (Etelä-Karjalan Jätehuolto Oy 2020h.) Imatralla sijaitsee yritys nimeltä SaimaanVirta, joka vastaanottaa, käsittelee ja kierrättää poistotekstiiliä työpajatoimintana. Yritys ottaa maksutta vastaan käytöstä poistettuja tekstiilejä yksityisiltä henkilöiltä, yhteisöiltä ja yrityksiltä. (SaimaanVirta ry 2020). Rikkinäiset vaatteet voi myös laittaa kuivajätteen sekaan (Etelä-Karjalan Jätehuolto Oy 2020h). Lounais-Suomen Jätehuolto kuitenkin suunnittelee poistotekstiilejä käsittelevää jalostuslaitosta, joka on tarkoitus rakentaa Turkuun vuonna 2023. Kyseinen laitos mahdollistaa valtakunnallisen poistotekstiilien keräyksen. Hankkeen pilottivaiheen käsittelylinjasto sijoittuu Paimioon ja se on tarkoitus ottaa käyttöön kesällä 2021. (Topinpuisto 2020; Lounais-Suomen Jätehuolto 2020a.)

Jakeeseen 10 lajiteltiin vaatteita ja muita tekstiilejä Lounais-Suomen Jätehuollon poistotekstiilien lajitteluohjeiden mukaan. Poistotekstiilien keräykseen kelpaavat kuivat ja puhtaat, käyttökelvottomat vaatteet sekä kodintekstiilit. Sinne ei kuitenkaan kelpaa esimerkiksi matot, kengät, laukut tai alusvaatteet. (Lounais-Suomen Jätehuolto 2020b.)

Poistotekstiilien sekaan kelpaamattomat vaatteet ja tekstiilit lajiteltiin muuhun kuivajätteeseen (jae 13).

Otoksissa olevat vaatteet ja tekstiilit lajiteltiin kuitenkin jakeeseen 10 riippumatta siitä, olivatko ne ehjiä vai eivät. Likaisista, homeisista ja kosteista vaatteista ja tekstiileistä on mahdoton tietää, ovatko ne olleet siinä kunnossa silloin, kun ne on laitettu syntypaikallaan kuivajäteastiaan. Siksi nekin lajiteltiin otoksista muun kuivajätteen sijaan jakeeseen 10.

EKJH Oy:n lajitteluohjeiden mukaan myös jakeisiin 1, 2, 4, 6, 8 ja 9 lajiteltavien jätteiden kuuluisi olla puhtaita. Näidenkin jätteiden osalta on mahdoton tietää, ovatko ne olleet puhtaita, kun ne on laitettu kuivajäteastiaan syntypaikallaan. Varsinkin, jos jätepusseissa on myös biojätettä, useimmiten muutkin jätteet sotkeutuvat siihen. Lisäksi useimmat likaiset pakkausjätteet on mahdollista puhdistaa syntypaikalla ennen lajittelua. Näiden syiden takia kaikki otoksissa olevat likaiset jätteet lajiteltiin samalla tavalla kuin puhtaat jätteet.

### **6.1.3 Otosten kerääminen, lajittelu ja jätejakeiden punnitseminen**

Tutkimukseen tulevat jätekuormat tyhjennettiin EKJH Oy:n alueella sijaitsevaan siirtokuormaushalliin. Jokaisesta jätekuormasta otettiin yksi otos jäteastiaan, joka oli kooltaan 600 litraa. Otokset kerättiin jätekuormasta satunnaisesti niin, että jokaisella jätepussilla oli teoriassa yhtä suuri mahdollisuus päätyä otokseen. Kuormassa näkyviä isoja esineitä, kuten patjoja, mattoja tai auton renkaita ei otettu mukaan otoksiin, mutta ne kirjattiin ylös.

Jätteiden lajittelu tapahtui EKJH Oy:n alueella konehallissa pöydän päällä. Ympäri pöydän reunaan teipattiin eri jätejakeiden nimet, jotka oli tulostettu A4-kokoisille paperiarkeille. Pöydän reunaan kunkin jätejakeen nimen kohdalle teipattiin 200 litran jätensäkki. Jätejakeista vaarallinen jäte, sähkö- ja elektroniikkaromu sekä renkaat lajiteltiin erikseen lattialla olevan jätensäkin päälle, koska näitä jakeita ajateltiin olevan otoksissa vain vähän.

Lajittelun aikana käytettiin asianmukaisia suojavarusteita, jotka olivat kertakäyttöinen suojahaalari, suojalasit, hengityssuojain sekä viiltosuojakäsineet. Lisäksi näiden käsineiden alla oli vielä kertakäyttöhanskat.

Lajittelun alkaessa punnittiin ensin täysi 600 litran jäteastia punnitsevilla Rocla-haarukkavaunulla, jonka tarkkuus oli 1 kg. Tämän jälkeen astiasta otettiin jätepusseja lajittelupöydälle. Pussit avattiin mattoveitsellä, jonka jälkeen pusseissa olevat jätteet lajiteltiin eri jätelajeihin.

Kun otoksen kaikki jätteet saatiin lajiteltua, punnittiin tyhjä jäteastia sekä eri jätelajeita sisältävät jättesäkit haarukkavaunulla. Jakeet, joita oli otoksessa vain vähän, punnittiin WBA-3200-analyysivaa'alla, koska haarukkavaunu oli niille liian epätarkka. Analyysivaa'an tarkkuus oli 0,01 g, mutta jakeiden massat kirjattiin ylös 1 g:n tarkkuudella. Kaikki tulokset kirjattiin ylös punnitustaulukkoon. Kunkin otoksen punnitustaulukko löytyy liitteistä (Liite 2).

#### **6.1.4 Laskenta ja tulosten esittäminen**

Koko Etelä-Karjalan alueen sekä taajama- ja haja-asutusalueen kuivajätteelle laskettiin keskimääräiset koostumukset ja tulokset esitetään Excel-tilukkolaskentaohjelmalla piirrettyjen ympyräkaavioiden avulla. Otoksen massa laskettiin täyden ja tyhjän jätetastian massojen erotuksena. Kunkin jätelajeen massaprosentit otoksessa laskettiin jakamalla jakeen massa otoksen massalla, jonka jälkeen tulos kerrottiin 100 prosentilla. Otoksien jätelajeen massaosuuksista tehtiin taulukko taulukkolaskentaohjelmalla. Otoksille laskettiin myös tilavuuspainot jakamalla otoksen massa jätetastian tilavuudella ja tuloksista tehtiin taulukko taulukkolaskentaohjelmalla.

#### **6.2 Kuivajätteen lämpöarvon määrittäminen**

Lämpöarvon määrittämistä varten otettiin jokaisesta otoksesta yksi jätelajeen massaosuuksiin perustuva näyte eli yhteensä 12 näytettä. Ominaisuudet määritettiin VTT:n vuonna 2016 julkaistun *Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia* -dokumentin ohjeiden sekä standardin SFS-EN 15400 avulla. Lämpöarvon määrittämistä varten on selvitettävä näytteiden kalorimetriset lämpöarvot, kosteuspitoisuudet saapumistilassa sekä analyysikosteudet. Lämpöarvon määrittäminen tapahtui Lappeenrannan-Lahden teknillisen yliopiston energiatekniikan laboratoriossa.

### 6.2.1 Näytteen valmistelu

Jokaisen otoksen lajittelun jälkeen valmistettiin näyte lämpöarvon määrittämistä varten otoksen jätejakeiden massaosuuksien mukaan. Näytteen massaksi valittiin otoksien 1–3 kohdalla 1000 g. Todettiin kuitenkin, että 500 g riittää, joten otoksista 4–12 valmistettiin pienempi näyte.

Näytettä varten laskettiin, kuinka paljon kunkin jätejakeen osuus on 500 tai 1000 grammasta, ja näytteeseen punnittiin analyysivaa’alla sen mukaisesti eri jätejakeita. Lasi, metalli, SER ja vaarallinen jäte kuitenkin jätettiin pois, koska ne olisivat voineet vahingoittaa lämpöarvon määrittämiseen tarvittavia laitteistoja. Siten näytteiden massa oli todellisuudessa hieman pienempi kuin 500 g tai 1000 g.

Näytteet laitettiin jätepusseihin, jotka suljettiin tiiviisti, jotta kosteutta ei päässyt haihtumaan näytteistä pois. Näytteitä säilytettiin Lappeenrannan-Lahden teknillisen yliopiston kemiantekniikan osaston tiloissa kylmiössä.

### 6.2.2 Kosteuspitoisuuden määrittäminen

Kosteuspitoisuuden määrittäminen suoritettiin kuivattamalla näytteitä Memmert UFE 500 -uunissa. Näytteet laitettiin alumiinivuokiin ja punnittiin ennen uuniin laittamista Shimadzu UW6200H -vaa’alla. Myös tyhjän alumiinivuoan massa punnittiin ennen kuin näyte laitettiin siihen. Tämän jälkeen näyte laitettiin uuniin, jonka lämpötila oli 105 °C, ja näytettä pidettiin siellä 17–19 tuntia. Sen jälkeen näyte otettiin pois uunista ja sen massa punnittiin heti, jotta ilmasta ei kerennyt imeytyä kosteutta näytteeseen. Kosteuspitoisuus lasketaan yhtälöllä 1. (Alakangas et al. 2016, 26)

$$M_{ar} = \frac{(m_2 - m_3)}{(m_2 - m_1)} \cdot 100 \quad (1)$$

$M_{ar}$  = kosteus saapumistilassa [m-%]

$m_1$  = tyhjän alumiinivuoan massa [g]

$m_2$  = alumiinivuoan ja näytteen yhteismassa ennen kuivausta [g]



$m_3$  = alumiinivuoan ja näytteen yhteismassa kuivauksen jälkeen [g]

Näyte 3 kuitenkin tuntemattomasta syystä alkoi kytemään uunissa ja muuttui siten käyttökelvottomaksi. Varotoimenpiteenä uunikuivatuksen lämpötilaa laskettiin, ja näytteitä 4–12 pidettiin 90 °C:n lämpötilassa hieman pidempi aika eli noin 21–22 tuntia.

### 6.2.3 Lämpöarvon määrittäminen

Lämpöarvon määrittämistä varten näytteet jauhettiin Retsch SM2000 -leikkuumyllyllä uunikuivauksen jälkeen. Ensin näytteet jauhettiin 10 mm seulan läpi ja sen jälkeen vielä 2 mm seulan läpi. Standardin SFS-EN 15400 (2011) mukaan näytteiden partikkelikoon pitäisi olla pienempi kuin 1,0 mm, mutta näytteiden jauhaminen niin pieneksi olisi ollut niiden sisältämän suhteellisen suuren muovimäärän takia hankalaa. Muovi olisi kuumenemisen myötä sulanut eikä se siten olisi mennyt niin pienestä seulasta läpi (Autio 2020). Jauhamisen jälkeen näytteet laitettiin Minigrip -pusseihin odottamaan lämpöarvon määrittystä.

Lämpöarvon määrittys tehtiin Parr 6400 -pommikalorimetrillä. Laite kalibroitiin ensin bentsoehappotabletilla, jonka lämpöarvoksi ilmoitettiin pakkauksen kyljessä 26,5 MJ/kg. Sen jälkeen punnittiin upokkaaseen Shimatzu AUW220 -analyysivaa'alla noin 1,1 g näytettä ja testattiin sen kalorimetrinen lämpöarvo pommikalorimetrillä. Näytteistä pyrittiin puristamaan pelletti ennen lämpöarvon määrittystä, mutta aivan kaikkien näytteiden kohdalla se ei onnistunut. Jokaisesta näytteestä tehtiin vähintään kaksi lämpöarvon määrittystä, ja jos kahden ensimmäisen testin lämpöarvot poikkesivat toisistaan enemmän kuin 0,20 MJ/kg, tehtiin vielä kolmas testi (Autio 2020). Näytteen kalorimetrinen lämpöarvo saatiin näiden kahden tai kolmen testituloksen keskiarvona.

Lämpöarvon laskemista varten tarvitaan näytteiden analyysikosteudet, jotka mitattiin Sartorius 7093 -infrapunakosteusanalyysaattorilla. Analyysikosteuden avulla saadaan muutettua ilmakuivan näytteen kalorimetrinen lämpöarvo vastaamaan absoluuttisen kuivan näytteen kalorimetristä lämpöarvoa (Alakangas et al. 2016, 28). Näin saadaan otettua huomioon kosteus, jota on siirtynyt takaisin näytteisiin esimerkiksi jauhamisen aikana. Analyysaattoriin punnittiin 2–2,5 g näytettä. Jokaiselle näytteelle tehtiin kaksi analyysikosteuden määrittystä, joista laskettiin keskiarvo.

Kuiva-aineen kalorimetrinen lämpöarvo vakiotilavuudessa lasketaan mitatun kalorimetrin lämpöarvon ja analyysikosteuden avulla yhtälöllä 2 (SFS-EN 15400: 2011, 46, 59). Kalorimetrinen lämpöarvo tarkoittaa vapautuvaa lämpöenergian määrää poltettavan aineen massayksikköä kohti, kun aine palaa täydellisesti ja palamistuotteet jäähtyvät 25 °C lämpötilaan. Vesi, joka syntyy aineen sisältämän vedyn palamistuotteena sekä aineen sisältämä vesi oletetaan nesteeksi palamisen jälkeen, minkä takia kalorimetrinen lämpöarvo on tehollista lämpöarvoa korkeampi. (Alakangas et al. 2016, 28.)

$$q_{V,gr,d} = q_{V,gr} \cdot \frac{100}{100 - M_{ad}} \quad (2)$$

$q_{V,gr,d}$  = kuivan polttoaineen kalorimetrinen lämpöarvo vakiotilavuudessa [J/g]

$M_{ad}$  = analyysinäytteen kosteusprosentti [m-%]

$q_{V,gr}$  = kalorimetrinen lämpöarvo vakiotilavuudessa [J/g]

Kuiva-aineen tehollinen lämpöarvo vakiopaineessa lasketaan kuiva-aineen kalorimetrin lämpöarvon sekä jätteen vety- happi- ja typpipitoisuuksien avulla yhtälöllä 3 (SFS-EN 15400: 2011, 52, 54). Tehollisessa lämpöarvossa on huomioitu palamisen yhteydessä höyrystyvän veden höyrystymisenergia (Alakangas et al. 2016, 28).

$$q_{p,net,d} = q_{V,gr,d} - 212,2 \cdot w(H)_d - 0,8 \cdot [w(O)_d + w(N)_d] \quad (3)$$

$q_{p,net,d}$  = kuiva-aineen tehollinen lämpöarvo vakiopaineessa [J/g]

$w(H)_d$  = kuivan polttoaineen vetypitoisuus [m-%]

$w(O)_d$  = kuivan polttoaineen happipitoisuus [m-%]

$w(N)_d$  = kuivan polttoaineen typpipitoisuus [m-%]

Kuivajätteen tehollinen lämpöarvo lasketaan yhteensä kuudella eri vety-, happi- ja typpipitoisuuden arvolla, jotka on esitetty taulukoituna Liitteessä 4. Muhammad Nasrullah on tutkinut vuonna 2015 julkaistussa väitöskirjassaan *Material and energy balance of solid recovered fuel production* pääkaupunkiseudun kotitalouksista kerätyn energijätteen alkuainepitoisuuksia (Nasrullah 2015, 2–3). Kyseisestä väitöskirjasta käytetään Taulukon 10

arvoja kotitalouksista kerätylle energiajätteelle. Nämä arvot ovat Liitteen 4 taulukon rivillä 1.

Myös Anna Koskimaa on tutkinut pääkaupunkiseudun kotitalouksien sekajätteen alkuainepitoisuuksia vuonna 2016 julkaistussa diplomityössään *Pääkaupunkiseudun kotitalouksien sekajätteen fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet*. Kyseisestä diplomityöstä käytetään kolmea eri arvoa vety-, happi- ja typpipitoisuuksille Taulukosta 11. Nämä arvot on esitetty Liitteen 4 taulukon riveillä 2–4. Sekajäte 1 ja Sekajäte 2 edustavat lajittelemattomasta sekajätteestä mitattuja arvoja. Sekajäte 3 taas edustaa jaekohtaisista alkuainepitoisuuksista sekä osittain kirjallisuusarvoista laskettuja arvoja, joissa on myös huomioitu samaan aikaan käynnissä olleen sekajätteen koostumustutkimuksen painotetut jätejakeiden osuudet. (Koskimaa 2016, 13, 72).

Koskimaan diplomityössä on tutkittu palavien jätejakeiden jaekohtaisia alkuainepitoisuuksia (Koskimaa 2016, 13). Näiden jaekohtaisten arvojen sekä tämän kandidaatintyön koostumustutkimuksessa selviävien Etelä-Karjalan alueen kuivajätteen jätejakeiden massaosuuksien avulla lasketaan myös omat vety-, happi-, ja typpipitoisuudet Etelä-Karjalan alueen kuivajätteelle, jotka löytyvät Liitteen 4 taulukon riviltä 5. Tarkempi laskentatapa on esitetty Liitteessä 3. Taulukossa 1 on tähän tutkimukseen soveltuvat Koskimaan työssä käytetyt jätejakeet sekä niiden vety-, happi- ja typpipitoisuudet (Koskimaa 2016, 60–62).

**Taulukko 1.** Eri jättejakeiden alkuainepitoisuudet kuiva-aineessa massaprosentteina (Koskimaa 2016, 60–62).

<b>Jätejake</b>	<b>Vety (H) [m-%]</b>	<b>Happi (O) [m-%]</b>	<b>Typpi (N) [m-%]</b>
Kalvomuovipakkaukset ja Muu kalvomuovi	12,5	5,7	0,45
Kovamuovipakkaukset ja Muu kovamuovi	9,4	12,6	0,78
Vaipat ja siteet	8,4	21,5	0,68
Sekalaiset pakkaukset ja Muut polttokelpoiset jätteet	8,1	18,1	0,96
Alumiinipinnoitetut kartonkitölkit	7,9	29,3	0,28
Muut kartonkipakkaukset	6,6	35,9	0,41
Pahvipakkaukset	5,7	37,1	0,18
Paperi	5,7	34,7	0,31
Pehmopaperi	6,6	41,3	1,1
Keittiöjäte	6,5	33,3	2,4
Muut tekstiilit	6,4	37,3	2,3

Tässä työssä käytettävän jakeen 1 (Biojäte) oletetaan sisältävän 50 % keittiöjätettä ja 50 % pehmopaperia. Jakeen 3 (Kartonki ja pahvi) oletetaan sisältävän 33,3 % alumiinipinnoitettuja kartonkitölkkejä, 33,3 % muita kartonkipakkauksia ja 33,3 % pahvipakkauksia. Jakeen 5 (Kierrätyskelvottomat muovipakkaukset) oletetaan sisältävän 50 % kalvomuovipakkauksia ja muuta kalvomuovia sekä 50 % kovamuovipakkauksia ja muuta kovamuovia. Jakeeseen 6 (Kierrätyskelvottomat muovipakkaukset) lajiteltiin tässä tutkimuksessa lähes pelkästään kalvomuovipakkauksia, joten sen oletetaan sisältävän 100 % kalvomuovipakkauksia ja muuta kalvomuovia. Jakeeseen 7 (Muu muovi) lajiteltiin paljon muovipusseja ja jätösäkkejä, minkä takia sen oletetaan sisältävän 85 % kalvomuovipakkauksia ja muuta kalvomuovia sekä 15 % kovamuovipakkauksia ja muuta kovamuovia. Jakeeseen 13 (Muu kuivajäte) lajiteltiin jonkin verran vaippoja, minkä takia sen oletetaan sisältävän 80 % sekalaisia pakkauksia ja muuta polttokelpoista jätettä sekä 20 % vaippoja ja siteitä. Jakeeseen 13 lajiteltiin myös joitakin jalkineita ja laukkuja, mutta

niiden määrä jäi niin vähäiseksi, että niiden osuutta ei huomioida. Tehdyt oletukset perustuvat lajittelun aikana tehtyihin karkeisiin silmämääräisiin arvioihin.

Kuudennet vety-, happi-, ja typpipitoisuudet lasketaan keskiarvoina kaikista edellä mainituista arvoista. Nämä löytyvät Liitteen 4 taulukon riviltä 6. Lämpöarvot, jotka lasketaan näiden keskiarvojen avulla, ovat tämän tutkimuksen niin kutsutut päätulokset lämpöarvolle.

Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa lasketaan alla olevan yhtälön 4 mukaisesti (Alakangas et al. 2016, 29; SFS-EN 15400: 2011, 54). Kyseistä lämpöarvoa laskettaessa vähennetään energiamäärä, joka kuluu polttoaineen luontaisesti sisältämän sekä palamisessa syntyvän veden haihduttamiseen, minkä takia kyseinen lämpöarvo on alhaisin. Tyypillisesti lämpöarvo ilmoitetaan megajouleina polttoainekiloa kohti. (Alakangas et al. 2016, 28.)

$$Q_{net,ar} = Q_{net,d} \cdot \left( \frac{100 - M_{ar}}{100} \right) - 0,02443 \cdot M_{ar} \quad (4)$$

$Q_{net,ar}$  = tehollinen lämpöarvo (vakioaineessa) saapumistilassa [MJ/kg]

$Q_{net,d}$  = tehollinen lämpöarvo (vakioaineessa) kuiva-aineessa [MJ/kg]

$M_{ar}$  = kosteus saapumistilassa [m-%]

0,02443 = höyrystymisen entalpien korjauskerroin vedelle 25 °C lämpötilassa [MJ/kg] per 1 m-% kosteutta

## **7 TULOKSET JA NIIDEN KÄSITTELY**

Tässä kappaleessa esitellään koostumustutkimuksen ja lämpöarvon määrittämisen tulokset ja vertaillaan niitä referenssitutkimuksiin. Kuivajätteen koostumusta verrataan myös Suomen keskimääräiseen valtakunnalliseen kuivajätteen koostumukseen. Lopuksi arvioidaan tutkimuksen luotettavuutta.

### **7.1 Kuivajätteen koostumus**

Jätekuormat saapuivat EKHJ Oy:n Kukkuroinmäen käsittelykeskukselle 5.10.2020 – 29.10.2020 välillä, ja otosten lajittelu tapahtui 6.10.2020 – 2.11.2020 välillä. Otokset pyrittiin lajittelemaan mahdollisimman pian jätekuorman saapumisen jälkeen, mutta käytännön syistä kaikkia otoksia ei pystytty lajittelemaan samana tai seuraavana päivänä. Otokset 1–9 sekä 11 edustavat taajama-aluetta ja otokset 10 sekä 12 haja-asutusaluetta. Otosten lajittelua oli suorittamassa vaihtelevasti 1–3 henkilöä, ja yhden otoksen lajitteluun kului aikaa 3–4,5 tuntia.

Lajittelututkimuksen tulokset näkyvät alla olevassa taulukossa (Taulukko 2). Taulukossa näkyy kunkin jätejakeen osuudet massaprosentteina otoksissa 1–12 sekä Etelä-Karjalan alueen keskimääräinen kuivajätteen koostumus (Ka.). Tarkemmat tiedot jokaisesta otoksesta löytyvät punnitustaulukoista, jotka ovat Liitteessä 2.

**Taulukko 2.** Lajittelututkimuksen tulokset.

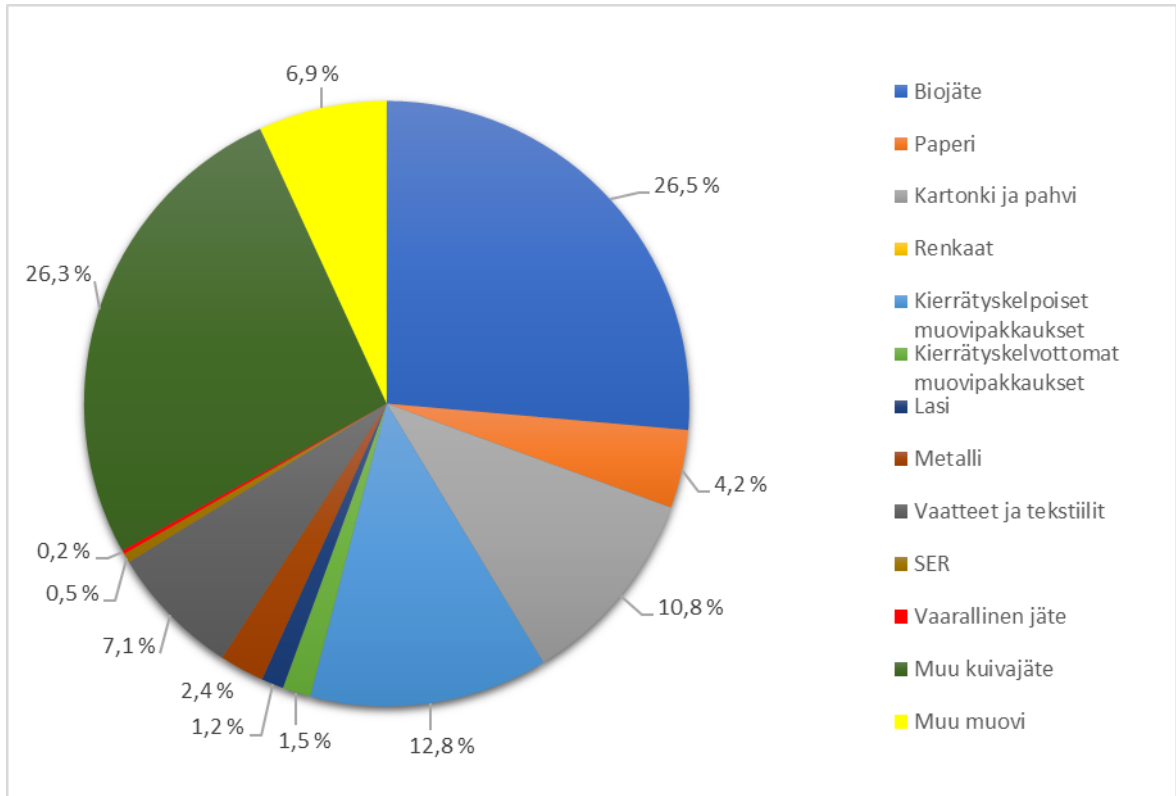
Jätejake	Osuus [m-%]												Ka.
	Otos 1	Otos 2	Otos 3	Otos 4	Otos 5	Otos 6	Otos 7	Otos 8	Otos 9	Otos 10	Otos 11	Otos 12	
1. Biojäte	22,4	20,6	26,6	20,6	23,4	32,7	24,6	28,1	27,4	32,6	29,1	30,3	26,5
2. Paperi	3,0	3,4	8,3	3,4	3,2	1,6	5,8	5,9	3,0	4,7	3,8	3,8	4,2
3. Kartonki ja pahvi	11,9	10,3	15,0	6,9	10,6	9,8	10,1	10,4	12,2	10,9	10,1	11,4	10,8
4. Renkaat	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5. Kierrätyskelpoiset muovipakkaukset	14,9	10,3	11,6	12,0	8,5	19,6	13,0	14,8	12,2	12,4	12,7	11,4	12,8
6. Kierrätyskelvottomat muovipakkaukset	-	-	-	1,7	1,1	1,6	1,4	1,5	1,5	1,0	1,3	2,5	1,5
7. Muu muovi	8,9	8,6	8,3	8,6	8,5	6,5	4,3	4,4	7,6	7,8	5,1	3,8	6,9
8. Lasi	3,0	0,0	0,0	0,1	0,5	0,8	0,3	1,5	2,1	1,0	2,5	2,5	1,2
9. Metalli	1,5	1,7	1,7	5,1	2,1	1,6	2,9	3,0	1,5	3,1	1,3	3,8	2,4
10. Vaatteet ja tekstiilit	7,5	10,3	0,7	13,7	7,4	1,2	17,3	4,4	6,1	3,1	8,9	5,0	7,1
11. SER	0,1	0,3	0,7	0,0	0,0	0,0	2,4	0,7	0,4	0,0	0,7	0,2	0,5
12. Vaarallinen jäte	0,0	0,1	0,4	0,5	0,2	0,0	0,4	0,0	0,1	0,1	0,6	0,1	0,2
13. Muu kuivajäte	26,8	34,3	26,6	27,4	34,4	24,5	17,3	25,2	25,9	23,3	24,0	25,2	26,3

Huomataan, että eri jätejakeiden osuudet eri otoksissa vaihtelevat jonkin verran. Suurinta vaihtelu on prosenttiyksikköinä tarkasteltuna muun kuivajätteen kohdalla, jonka osuus vaihteli 17,3–34,4 m-%:n välillä. Vaihtelu oli suurta myös vaatteiden ja tekstiilien kohdalla (0,7–17,3 m-%) sekä biojätteen kohdalla (20,6–32,7 m-%). Vaatteiden ja tekstiilien kohdalla suhteellinen vaihtelu oli suurinta ja vaihtelua selittää paljon se, että otoksiin päätyneet vaatteet ja tekstiilit oli usein pakattu erillisiin jätepusseihin, jotka olivat täynnä kyseistä jätettä. Sen takia vaatteiden ja tekstiilien määrä kussakin otoksessa riippui olennaisesti siitä, kuinka paljon otokseen sattui päätyneen tällaisia jätepusseja.

Muun kuivajätteen osuutta otoksissa 1–3 kasvattaa se, että kierrätyskelvottomat muovipakkaukset lajiteltiin niissä kyseiseen jakeeseen. Toisaalta vaikutus ei ole kovin oleellinen, koska kierrätyskelvottomien muovipakkausten osuus otoksissa 4–12 oli pieni (1,0–2,5 m-%) ja voidaan olettaa, että otoksissa 1–3 niiden osuus on ollut samaa luokkaa.

Kuvassa 2 on havainnollistettu koko Etelä-Karjalan alueen kuivajätteen keskimääräinen koostumus. Eniten alueen kuivajätteessä on biojätettä, jonka osuus on 26,5 m-%. Toiseksi eniten on muuta kuivajätettä, jonka osuus on 26,3 m-%. Kierrätyskelpoisia muovipakkauksia on 12,8 m-%, kierrätyskelvottomia muovipakkauksia 1,5 m-% ja muuta muovia 6,9 m-%. Muu muovi ja kierrätyskelvottomat muovipakkaukset päätyvät kuivajätteen mukana

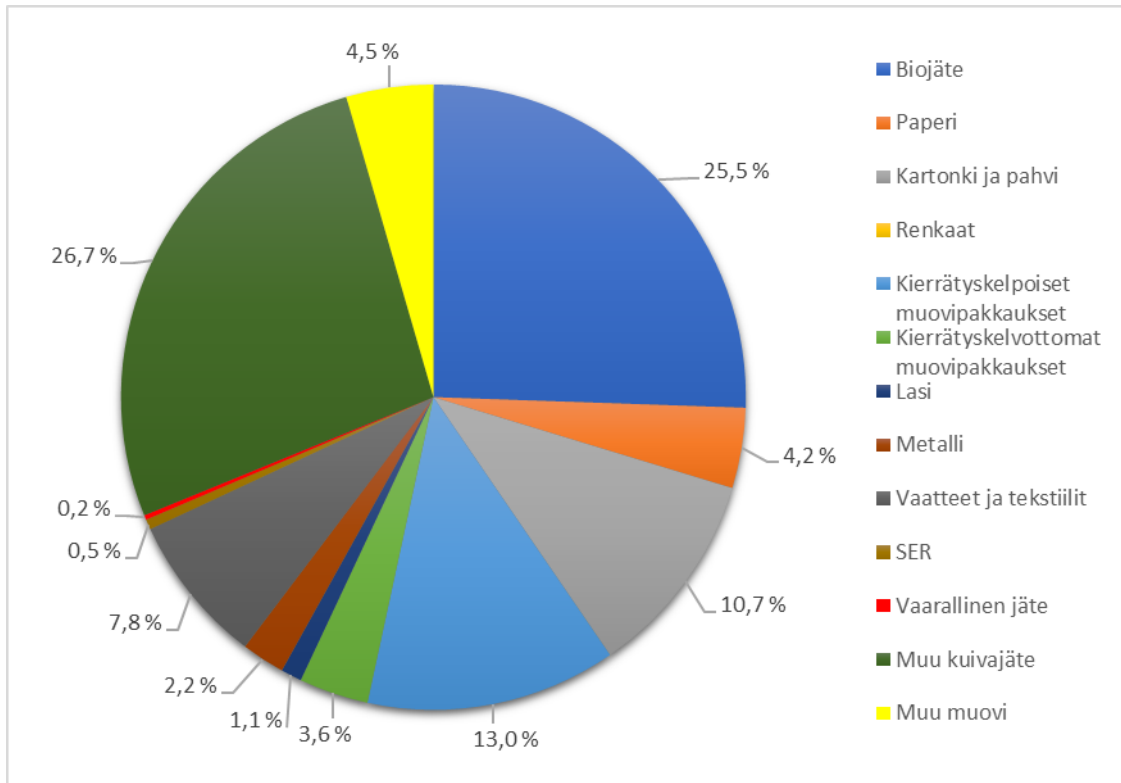
polttavaksi, joten kuivajätteen kokonaisuus on nämä kaksi jaetta mukaan laskettuna 34,7 m-%.



**Kuva 2.** Kuivajätteen keskimääräinen koostumus Etelä-Karjalassa.

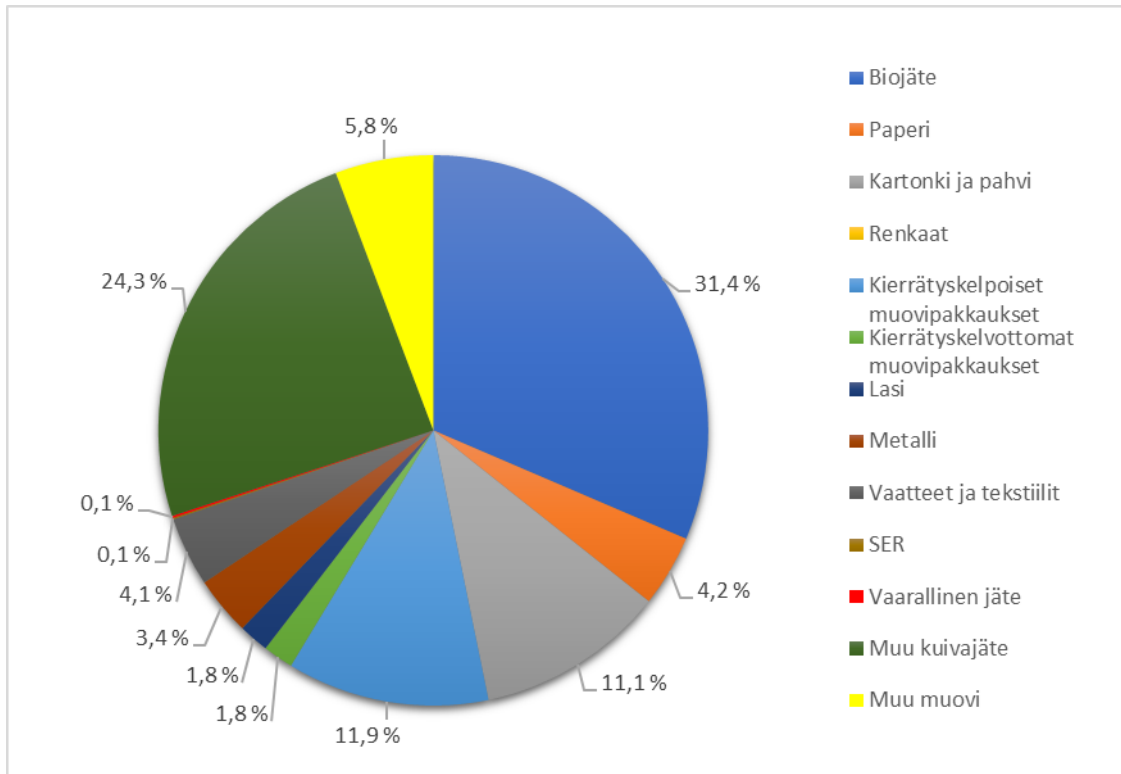
Etelä-Karjalan taajama-alueiden kuivajätteen keskimääräinen koostumus näkyy kuvassa 3. Eniten taajama-alueiden kuivajätteessä on muuta kuivajätettä, jonka osuus on 26,7 m-%. Toiseksi eniten on biojätettä, jonka osuus on 25,5 m-%. Kierrätyskelpoisten muovipakkausten osuus on 13,0 m-%, kierrätyskelvottomien muovipakkausten osuus 3,6 m-% ja muun muovin osuus 4,5 m-%. Näin ollen kuivajätteen kokonaisuus kierrätyskelvottomat muovipakkaukset ja muu muovi mukaan laskettuna on 34,8 m-%.





**Kuva 3.** Kuivajätteen keskimääräinen koostumus Etelä-Karjalan taajama-alueilla.

Etelä-Karjalan haja-asutusalueiden kuivajätteen keskimääräinen koostumus näkyy kuvassa 4. Eniten haja-asutusalueen kuivajäte sisältää biojätettä, jonka osuus on 31,4 m-%. Toiseksi eniten on muuta kuivajätettä, jonka osuus on 24,3 m-%. Kierrätyskelvottomien muovipakkausten osuus on 11,9 m-%, kierrätyskelvottomien muovipakkausten osuus 1,8 m-% ja muun muovin osuus 5,8 m-%. Kuivajätteen kokonaisuudeksi saadaan kierrätyskelvottomat muovipakkaukset ja muu muovi mukaan laskettuna 31,9 m-%. Tuloksia tarkastellessa pitää kuitenkin huomioida se, että haja-asutusaluetta edustavia otoksia oli vain kaksi, minkä takia tuloksiin on voinut vaikuttaa melko paljon sattuma.



**Kuva 4.** Kuivajätteen keskimääräinen koostumus Etelä-Karjalan haja-asutusalueilla.

Taulukossa 3 on esitetty kunkin otoksen massa (kg) ja tilavuuspaino ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ). Ainoana muuttujana tilavuuspainojen laskennassa oli otoksen massa, sillä kaikki otokset kerättiin 600 litran eli  $0,6 \text{ m}^3$ :n jäteastiaan. Tilavuuspainot vaihtelivat välillä  $91,7\text{--}158,3 \text{ kg}/\text{m}^3$  ja otosten keskimääräinen tilavuuspaino oli  $114,3 \text{ kg}/\text{m}^3$ . Tilavuuspainoon on voinut vaikuttaa jätteiden kosteuspitoisuus, koostumus sekä astian täyttöaste. Täyttöasteeseen vaikuttaa jätepussien koko, muoto ja massa, jotka taas vaikuttavat siihen, kuinka jätepussit asettuvat astiaan.

**Taulukko 3.** Otosten massat ja tilavuuspainot.

Otos	Massa [kg]	Tilavuuspaino [kg/m <sup>3</sup> ]
1	70	116,7
2	55	91,7
3	60	100,0
4	58	96,7
5	95	158,3
6	63	105,0
7	68	113,3
8	67	111,7
9	70	116,7
10	66	110,0
11	81	135,0
12	70	116,7
<b>Ka.</b>	<b>68,6</b>	<b>114,3</b>

## 7.2. Kuivajätteen lämpöarvo

Näytteiden kosteuspitoisuudet saapumistilassa näkyvät taulukossa 4. Kosteuspitoisuudet vaihtelivat välillä 20,3 %- 38,7 %. Näytteiden keskimääräinen kosteuspitoisuus oli 30,5 %.

**Taulukko 4.** Näytteiden kosteuspitoisuudet.

Otos	Kosteuspitoisuus saapumistilassa [%]
1	37,7
2	26,4
4	28,3
5	38,1
6	28,7
7	31,4
8	20,3
9	20,8
10	36,3
11	38,7
12	28,4
<b>Ka.</b>	<b>30,5</b>

Taulukossa 5 on eri alkuainepitoisuuksilla lasketut lämpöarvot kullekin otokselle sekä otosten lämpöarvojen keskiarvot. Sarakkeessa Ka. on alkuainepitoisuuksien keskiarvoilla lasketut lämpöarvot, joita käytettiin tämän tutkimuksen tulosten laskennassa. Lämpöarvot vaihtelevat eri otoksissa välillä 13,4–19,1 MJ/kg. Etelä-Karjalan alueen kuivajätteen lämpöarvoksi saadaan eri otosten lämpöarvojen keskiarvona kokonaisluvuksi pyöristettynä 16 MJ/kg.

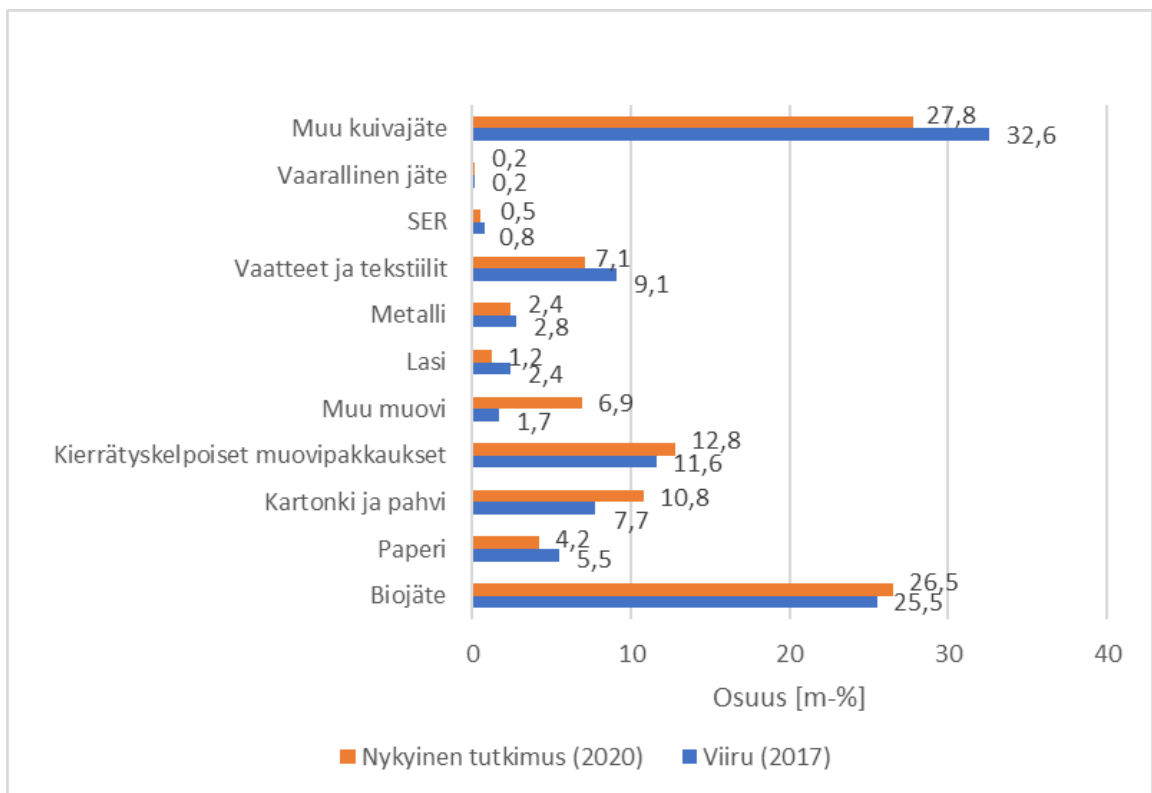
**Taulukko 5.** Kuivajätteen lämpöarvo eri otoksissa sekä otosten lämpöarvojen keskiarvot eri alkuainepitoisuuksilla laskettuna.

	<b>Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa [MJ/kg] eri lähteiden alkuainepitoisuuksilla</b>					
<b>Otos</b>	<b>Nasrullah 2015</b>	<b>Koskimaa 2016 (Sekajäte 1)</b>	<b>Koskimaa 2016 (Sekajäte 2)</b>	<b>Koskimaa 2016 (Sekajäte 3)</b>	<b>EKJH:n jätteelle lasketut arvot</b>	<b>Ka.</b>
1	13,9	13,5	13,6	13,8	13,7	13,7
2	16,8	16,4	16,5	16,7	16,6	16,6
4	16,9	16,6	16,6	16,9	16,7	16,7
5	15,2	14,9	14,9	15,1	15,0	15,0
6	19,3	18,9	19,0	19,2	19,1	19,1
7	15,2	14,9	14,9	15,1	15,0	15,0
8	18,4	18,0	18,1	18,3	18,2	18,2
9	18,3	17,9	17,9	18,2	18,0	18,1
10	14,1	13,8	13,8	14,0	13,9	13,9
11	13,5	13,2	13,2	13,5	13,3	13,4
12	15,9	15,5	15,5	15,8	15,6	15,7
<b>Ka.</b>	16,1	15,8	15,8	16,1	15,9	<b>15,9</b>

Huomataan, että käytetyillä eri vety-, happi- ja typpipitoisuuksilla ei ole merkittävää vaikutusta teholliseen lämpöarvoon saapumistilassa. Sen sijaan näytteiden kosteuspitoisuudella on paljon suurempi vaikutus. Kuten tehollisen lämpöarvon yhtälöstäkin nähdään (yhtälö 4), kosteuspitoisuus vaikuttaa lämpöarvoon heikentävästi. Kun verrataan lämpöarvoja Taulukossa 4 esitettyihin eri otoksista määritettyihin kosteuspitoisuuksiin, huomataan että korkeampi kosteuspitoisuus korreloi melko hyvin heikomman lämpöarvon kanssa.

### 7.3 Vertailu aiempiin tutkimuksiin

Jätejakeet tässä tutkimuksessa olivat lähes samat kuin Viirun (2017) tutkimuksessa. Nykyisessä tutkimuksessa erilleen jaoteltu kierrätyskelvoton muovi oli Viirun tutkimuksessa lajiteltu kierrätyskelvottomaan polttokelpoiseen jätteeseen (Oksman 2020b), joten vertailukelpoisuuden vuoksi lasketaan jae 6 osaksi jätettä 13 (Muu kuivajäte). Nykyisessä tutkimuksessa Viirun tutkimuksen jae 10 (Kierrätyskelpoinen muovi, pantilliset pullot) lajiteltiin kierrätyskelpoisten muovipakkausten joukkoon. Viirun ja nykyisen tutkimuksen muu muovi -jakeet eivät ole keskenään täysin vertailukelpoisia, koska Viirun tutkimuksessa jätessäkit ja -pussit, joissa jätteet on viety kuivajäteastiaan, on lajiteltu kuivajätteen sekaan, kun taas nykyisessä tutkimuksessa ne laitettiin muuhun muoviin (Oksman 2020a). Kuvassa 5 on vertailtuna nykyisen sekä Viirun lajittelututkimuksen tulokset.



**Kuva 5.** Kuivajätteen koostumus nykyisessä tutkimuksessa ja Viirun tutkimuksessa. Tiedot: Viiru 2017, 39.

Suurin ero näyttäisi olevan muun muovin osuudessa, joka on Viirun tutkimuksessa 1,7 m-% ja nykyisessä tutkimuksessa 6,9 m-%. Tätä selittää se, että nykyisessä tutkimuksessa jae 7

(Muu muovi) koostui suurimmaksi osaksi jätösäkeistä ja -pusseista, joissa kuivajätteet oli viety jätteastiaan.

Muun kuivajätteen määrä on laskenut 32,6 massaprosentista 27,8 massaprosenttiin. Ero on 4,8 prosenttiyksikköä eli lähes saman verran kuin muun muovin osuuksissa tapahtunut muutos. Tästä voidaan päätellä, että muutokset muun muovin ja muun kuivajätteen määrissä johtuvat ainakin osittain siitä, että jätepussit ja -säkit on lajiteltu tutkimuksissa eri jakeisiin. Muovin kokonaismäärä kuivajätteessä ei siis kuitenkaan välttämättä ole merkittävästi muuttunut. Kartongin ja pahvin määrä näyttäisi pienentyneen 3,1 prosenttiyksikön verran. Muiden jakeiden osuuksissa ei ole tapahtunut merkittävää muutosta.

Vertailtaessa tämän tutkimuksen tuloksia Teirasvuon (2011) tutkimukseen, yhdistetään Teirasvuon tutkimuksen jakeet 2 (Kierrätyskelvoton polttokelpoinen jäte, ei sisällä muovia), 3 (Kaatopaikkajäte) ja 10 (Muu polttokelpoinen jäte) kuuluvaksi tämän tutkimuksen jakeeseen 13 (Muu kuivajäte). Nykyisen tutkimuksen jakeeseen 6 (Kierrätyskelvottomat muovipakkaukset) kuuluvat jätteet oli Teirasvuon tutkimuksessa lajiteltu jakeeseen 3, joten yhdistetään tämän tutkimuksen jae 6 jakeeseen 13. Vaatteita ja tekstiilejä ei ollut lajiteltu erikseen Teirasvuon tutkimuksessa, vaan ne menivät jakeeseen 2, joten yhdistetään tämän tutkimuksen jakeista myös 10 jakeeseen 13. Teirasvuon tutkimuksessa jakeeseen 6 (kierrätyskelvoinen muovi) oli lajiteltu vain pantilliset PET-pullot ja loput muovit on lajiteltu jakeeseen 7 (kierrätyskelvoton muovi). (Teirasvuo 2011, Liite 1.) Tästä syystä yhdistetään kyseiset Teirasvuon tutkimuksen jakeet ja tämän tutkimuksen jakeet 5 ja 7 yhdeksi jakeeksi, jossa vertaillaan yleisesti muovijätteen määrää kuivajätteen seassa. Muita jättejakeita voidaan verrata tutkimusten kesken sellaisenaan.

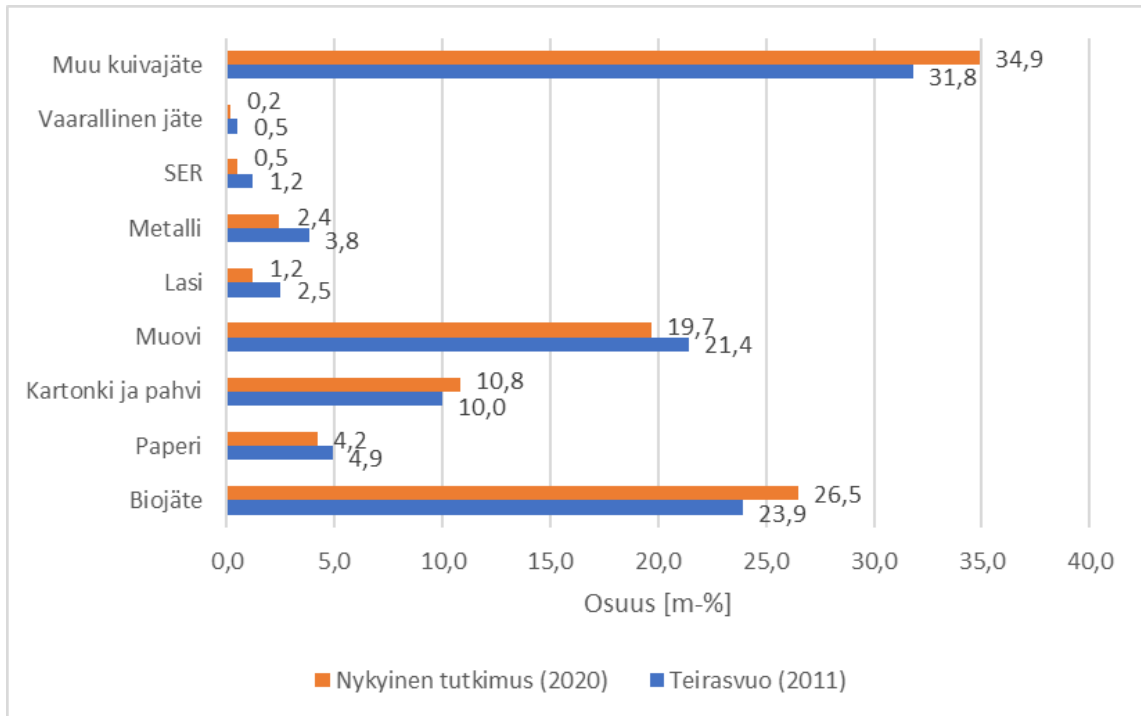
Jättejakeiden yhdistämistä vertailukelpoisiksi on havainnollistettu taulukossa 6. Vasemmanpuoleisessa sarakkeessa on tutkimusten tulosten vertailussa käytettävien jättejakeiden nimet. Keskimmaisessä sarakkeessa on kyseisiä jakeita vastaavat Teirasvuon tutkimuksen jakeet ja oikeanpuoleisessa sarakkeessa vastaavasti nykyisen tutkimuksen jakeet.

**Taulukko 6.** Jätejakeiden yhdistäminen vertailukelpoiksi.

<b>Jätejakeet vertailussa</b>	<b>Teirasvuon (2011) jakeet</b>	<b>Nykyisen tutkimuksen jakeet</b>
Biojäte	Biojäte	Biojäte
Paperi	Keräyspaperi	Paperi
Kartonki ja pahvi	Keräyskartonki ja -pahvi	Kartonki ja pahvi
Muovi	Kierrätyskelpoinen muovi	Kierrätyskelpoiset muovipakkaukset
	Kierrätyskelvoton muovi	Muu muovi
Lasi	Lasi	Lasi
Metalli	Metalli	Metalli
SER	SER	SER
Vaarallinen jäte	Ongelmajäte	Vaarallinen jäte
Muu kuivajäte	Kierrätyskelvoton polttokelpoinen jäte, ei sisällä muovia	Muu kuivajäte
	Kaatopaikkajäte	Kierrätyskelvottomat muovipakkaukset
	Muu polttokelpoinen jäte	Vaatteet ja tekstiilit

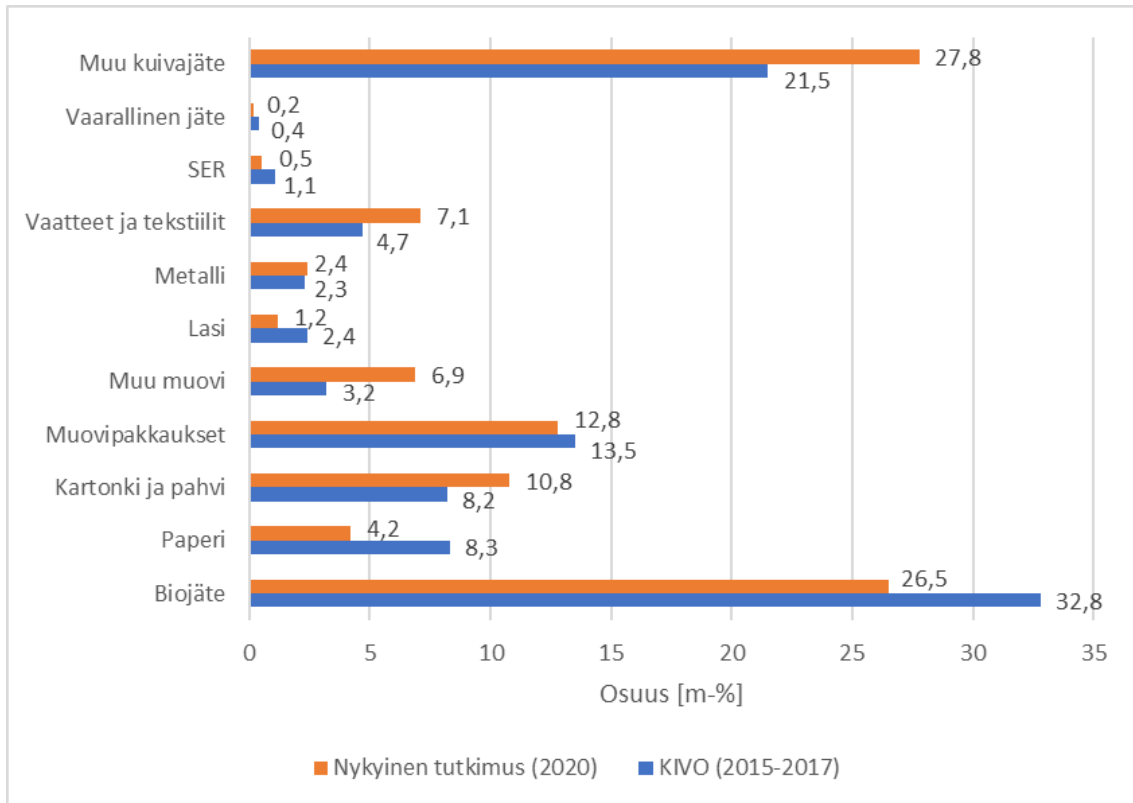
Kuvassa 6 on vertailtuna nykyisen tutkimuksen ja Teirasvuon tutkimuksen tulokset. Tulokset kummassakin tutkimuksessa ovat hyvin samankaltaisia. Suurin ero on muun kuivajätteen osuudessa, joka on nykyisessä tutkimuksessa 3,1 prosenttiyksikköä suurempi kuin Teirasvuon tutkimuksessa. Myös biojätteen osuus on kasvanut 2,6 prosenttiyksikön verran. Muovin kokonaismäärässä ei ole tapahtunut merkittävää muutosta, mutta nykyisessä tutkimuksessa se on hieman (1,7 prosenttiyksikköä) pienempi kuin Teirasvuon tutkimuksessa.





**Kuva 6.** Kuivajätteen koostumus nykyisessä tutkimuksessa ja Teirasvuon tutkimuksessa. Tiedot: Teirasvuon 2011, 112.

Lähes kaikkia tämän tutkimuksen jätelajien massaosuuksia pystytään vertailemaan sellaisenaan KIVO:n laskemaan kotitalouksien keskimääräiseen valtakunnalliseen koostumukseen. KIVO:n jaeluokka 4 eli puu lajiteltiin tässä tutkimuksessa jakeeseen 13 (Muu kuivajäte), joten KIVO:n jae 4 lasketaan yhteen jakeen 11 (Sekalaiset jätteet) kanssa. Kierrätyskelpoiset muovipakkaukset -jakee vastaa KIVO:n luokituksessa jakeita 5.1 ja muu muovi jakeita 5.2 (KIVO 2020d). Kierrätyskelvottomat muovipakkaukset lasketaan tässäkin vertailussa muun kuivajätteen joukkoon. KIVO:n jakeen 8.1 (Jalkineet ja laukut) jätteet lajiteltiin tässä tutkimuksessa muuhun kuivajätteeseen ja jae 8.2 (Muut tekstiilit) vastaa tämän tutkimuksen jakeita 10 (Vaatteet ja tekstiilit) (KIVO 2020d). KIVO:n jakeista lasketaan siis myös 8.1 yhteen jakeen 11 kanssa. Tämän tutkimuksen SER-jakeita verrataan KIVO:n tutkimuksen Sähkölaitteet ja akut -jakeeseen ja Vaarallinen jäte -jakeita KIVO:n Vaaralliset kemikaalit -jakeeseen. Kyseiset jakeet eivät täysin vastaa toisiaan, mutta erot ovat hyvin pieniä (KIVO 2020d). Kuvassa 7 on vertailtuna nykyisen tutkimuksen mukainen kuivajätteen koostumus Etelä-Karjalassa ja keskimääräinen valtakunnallinen kuivajätteen koostumus.



**Kuva 7.** Kuivajätteen koostumus Etelä-Karjalan alueella verrattuna valtakunnalliseen kuivajätteen koostumukseen. Tiedot: KIVO 2020d.

Huomattavin ero verrattuna valtakunnalliseen kuivajätteen koostumukseen on biojätteen ja muun kuivajätteen osuuksissa. Etelä-karjalan alueen kuivajätteessä on 6,3 prosenttiyksikköä vähemmän biojätettä ja vastaavasti 6,3 prosenttiyksikköä enemmän muuta kuivajätettä kuin Suomen keskimääräisessä kuivajätteessä. Biojätteen pienempää osuutta Etelä-Karjalan kuivajätteessä voi osaltaan selittää tiukka biojätteen erilliskeräysvelvoite. Esimerkiksi Savo-Pielisen jätelautakunnan toimialueella biojätteelle ei ole erilliskeräysvelvoitetta alle 300 asukkaan taajamissa tai alle viiden huoneiston kiinteistöissä taajamissa, joissa on vähintään 300 asukasta (Savo-Pielisen jätelautakunta 2019, 32). Muun muovin osuus Etelä-Karjalan kuivajätteessä on 3,7 prosenttiyksikköä suurempi eli yli kaksinkertainen verrattuna valtakunnalliseen kuivajätteeseen. Muovipakkausten osuus taas näyttäisi olevan Etelä-Karjalan kuivajätteessä hieman pienempi. Kokonaisuudessaan muovin osuus on Etelä-karjalan kuivajätteessä 3,0 prosenttiyksikköä suurempi kuin valtakunnallisessa kuivajätteessä.

Myös paperin osuus valtakunnallisen kuivajätteen koostumuksessa näyttäisi olevan lähes kaksinkertainen verrattuna Etelä-Karjalan kuivajätteeseen. KIVO:n toisen tason jaeluokista käy ilmi, että paperiin lajitellaan myös pehmopaperit (KIVO 2020d), kun taas tässä tutkimuksessa pehmopaperit lajiteltiin biojätteeseen. Tämä osaltaan selittää eroa.

Kuivajätteen kosteuspitoisuutta ja lämpöarvoa verrataan Viirun (2017) ja Teirasvuon (2011) tutkimuksissa saatuihin tuloksiin Taulukossa 7. Viirun tutkimuksen tuloksista valitaan kahdesta eri lämpöarvosta se, jossa on ollut mukana keräysmuovi, koska tässä tutkimuksessa muovi oli mukana lämpöarvon määrittämisessä. Huomataan, että kuivajätteen kosteuspitoisuus on 6,1 prosenttiyksikköä suurempi kuin Viirun tutkimuksessa ja 1,5 prosenttiyksikköä suurempi kuin Teirasvuon tutkimuksessa. Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa on noin 3,5 MJ/kg pienempi kuin Viirun tutkimuksessa, mutta 1 MJ/kg suurempi kuin Teirasvuon tutkimuksessa.

**Taulukko 7.** Palamisteknisten ominaisuuksien vertailu aiempiin tutkimuksiin.

<b>Tutkimus</b>	<b>Kosteuspitoisuus [%]</b>	<b>Tehollinen lämpöarvo [MJ/kg]</b>
Teirasvuo (2011)	29	15
Viiru (2017)	24,4	19,44
Nykyinen tutkimus (2020)	30,5	16

## 7.4 Tulosten luotettavuuden arviointi

Koostumustutkimuksen tulokset yksittäisten otosten kohdalla ovat luotettavia. Tietyt epätarkkuutta aiheuttavat tekijät ovat kuitenkin voineet vaikuttaa tuloksiin. Joitakin jätteitä oli vaikea lajitella tarkasti erilleen esimerkiksi sen takia, että biojäte oli levinnyt jättepussien sisällä ja saanut eri jakeet tarttumaan kiinni toisiinsa. Lisäksi biojätettä jäi välillä kiinni muihin jakeisiin lajiteltaviin jätteisiin, vaikka enimmäkseen biojätteet irrotettiin niistä pois biojäte-jakeen sekaan. Joitakin yksittäisiä jätteitä on myös saattanut päätyä vahingossa väärään jakeeseen. Lisäksi tuloksiin on voinut vaikuttaa epätarkkuudet jakeita punnittaessa, mikä ilmeni siten, että eri jätejakeiden massojen summa otoksissa poikkesi hieman täyden

ja tyhjän jäteastian massojen erotuksena lasketuista otosten massoista. Tähän vaikutti eniten se, että haarukkavaunu punnitsi jätteitä 1 kg:n tarkkuudella, mikä taas on aiheuttanut pyöristyksiä jakeiden massoihin.

Koko Etelä-Karjalan kuivajätteen koostumuksen arvioimiseen tulokset ovat suuntaa antavia. Luotettavamman kokonaiskuvan saamiseksi kuormista olisi hyvä ottaa useampi otos ja myös kuormia pitäisi mahdollisesti olla enemmän, koska 12 otosta edustaa todella pientä osaa alueella syntyvästä kuivajätteestä. Tämä kuitenkin vaatisi enemmän aikaa ja muita resursseja. Koostumustutkimusta olisi myös hyvä tehdä eri vuodenaikoina, koska esimerkiksi keväisin ja syksyisin puutarhajätteen osuus kuivajätteessä on suurempi (Jätelaitosyhdistys 2017, 10). Biojätteen osuus yleisesti taas voi kasvaa talvella, kun biojätteiden omatoiminen kompostointi muuttuu hankalaksi (Teirasvuo 2011, 85). Myös juhlapyhät ja lomakaudet vaikuttavat kuivajätteen koostumukseen (Jätelaitosyhdistys 2017, 10).

Tulosten luotettavuuteen vaikuttaa myös se, että otoksiin tuli joitakin laitoksista ja palvelualueilta peräisin olevia jätösäkkejä. Määrä kuitenkin oli kokonaisuudessaan suhteellisen pieni, minkä takia vaikutus tuloksiin on jäänyt melko vähäiseksi. Laitoksista peräisin oleva käsipyyhepaperi lajiteltiin pehmopaperina pääosin biojätteeseen, mutta suuremmat määrät (otoksissa 2 ja 8) laitettiin muuhun kuivajätteeseen, koska muuten biojätteen määrä olisi selkeästi vääristynyt. Tulevissa tutkimuksissa käsipyyhepaperin voisi lajitella omaksi jakeekseen. Myös se, että kierrätyskelvottomat muovipakkaukset lajiteltiin alussa muun kuivajätteen sekaan ja neljännessä otoksesta eteenpäin omaksi jakeekseen, voi vaikuttaa hieman tulosten luotettavuuteen. Jatkossa tulosten luotettavuutta voitaisiin parantaa huolellisemmalla suunnittelulla jätejakeiden ja niihin lajiteltavien jätteiden osalta.

Koostumustutkimuksen tuloksia tarkasteltaessa ja vertailtaessa muihin tutkimuksiin tulee ottaa huomioon se, että jonkin jätejakeen massaosuuden kasvaessa muiden jakeiden massaosuudet pienenevät ja toisinpäin. Tutkimuksen tuloksista ei siis voida päätellä, onko jonkin tietyn jakeen absoluuttinen määrä kuivajätteen seassa muuttunut.

Lämpöarvon määrittämisessä tulosten luotettavuuteen vaikuttaa epätarkkuus näytteiden muodostamisessa. Jätejakeita oli vaikea punnita tarkasti näytteiden koon ollessa suhteellisen

pieni, minkä takia näytteiden todelliset massat poikkesivat jonkin verran laskennallisesta massasta. Näytteet eivät myöskään välttämättä olleet täysin edustavia, koska valittaessa jättejakeita näytteeseen piti ottaa huomioon, mitä jauhamiseen käytetty leikkuumylly pystyy jauhamaan. Sillä ei esimerkiksi pystynyt jauhamaan kovin sitkeitä kangasmateriaaleja koneen jumittumisen takia. Joistakin kuivatuista näytteistä jouduttiin jättämään pois tietynlaisia tekstiilejä jauhamisvaiheessa edellä mainitun syyn takia, mikä on voinut vaikuttaa lämpöarvoon.

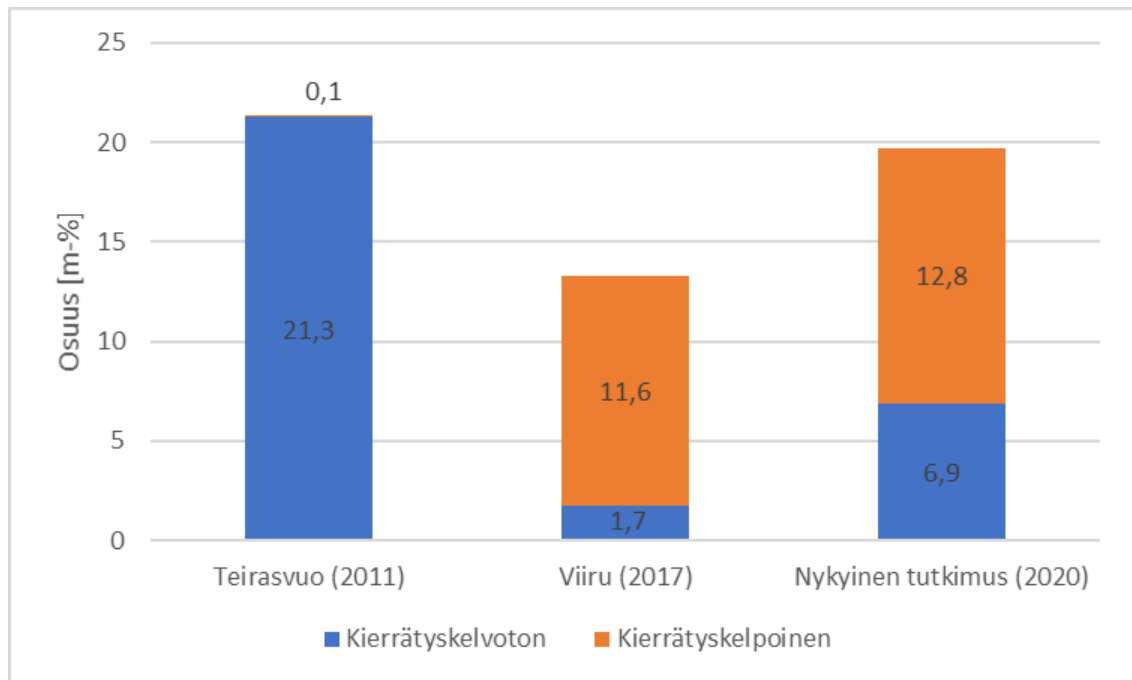
Näytteitä jauhaessa syntyi hieman hävikkiä, koska pieneen palakokoon jauhettu näyte pölysi helposti ilmaan. Lisäksi leikkuumyllyyn jäi aina jauhamisen jälkeen pieniä määriä näytettä, joka imuroitiin pois. Kun jauhetut näytteet pakattiin Minigrip-pusseihin, ne pyrittiin sekoittamaan hyvin. On kuitenkin mahdollista, että näytteet eivät olleet sekoittuneet kunnolla, mikä taas on voinut vaikuttaa lämpöarvoon, kun pussista on otettu mittauksiin osanäytteitä.

Myös näytteen 3 puuttuminen lämpöarvon määrittämisestä vaikuttaa tulokseen, koska siten lämpöarvolaskuissa jäi huomioimatta otoksen 3 vaikutus. Kokonaisuudessaan tutkimuksessa määritettyä lämpöarvoa voidaan pitää suuntaa antavana.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Etelä-Karjalan alueen kuivajätteessä on edelleen paljon sinne kuulumattomia jätteitä. Biojätteen erilliskeräysvelvoitteesta huolimatta biojätteen osuus kuivajätteen koostumuksesta on noin neljäsosa, eikä määrä ole olennaisesti muuttunut referenssitutkimuksiin verrattuna. Toisaalta kun verrataan biojätteen osuutta kuivajätteessä valtakunnalliseen kuivajätteen koostumukseen (Kuva 7), on biojätteen osuus Etelä-Karjalan alueen kuivajätteessä selkeästi pienempi.

Kuvassa 8 on havainnollistettu muovin osuutta kuivajätteessä Teirasvuon ja Viirun tutkimuksissa sekä nykyisessä tutkimuksessa. Kierrätyskelpoisen muovin osuus kuivajätteessä on pysynyt samoissa lukemissa verrattaessa Viirun (2017) tutkimukseen, mutta muun muovin osuus näyttäisi kasvaneen ja siten myös muovin osuus kokonaisuudessaan kuivajätteessä. Tämä kuitenkin selittyy kuivajätteen pakkaamiseen käytettyjen jätessäkkien ja -pussien lajittelemisella tässä tutkimuksessa muun muovin joukkoon muun kuivajätteen sijaan. Todellisuudessa muovin määrä ei siis välttämättä ole merkittävästi muuttunut Viirun tutkimukseen verrattuna. Teirasvuon (2011) tutkimukseen verrattuna muovin kokonaisuus ei ole merkittävästi muuttunut. Teirasvuon tutkimuksessa jätessäkit ja pussit, joissa jätteet on viety kuivajäteastiaan, on lajiteltu kierrätyskelvottomaan muoviin, jota vastaa tämän tutkimuksen muu muovi -jake (Teirasvuo 2011, Liite 1). Vaikuttaisi siis siltä, ettei muovinkeräyksellä olisi juurikaan ollut vaikutusta muovijätteen osuuteen kuivajätteen kokonaismäärässä, mikä taas on hieman ristiriitaista, koska osa pakkausmuovijätteestä on kuitenkin ohjautunut muovinkeräykseen vuodesta 2016 lähtien.



**Kuva 8.** Muovin osuus kuivajätteessä Teirasvuon ja Viirun tutkimuksissa sekä nykyisessä tutkimuksessa.

Vuosina 2014–2019 Kukkuroinmäen käsittelykeskukselle vastaanotetut kuivajätteen määrät ovat vaihdelleet välillä 19 415–20 318 t/a (Oksman 2020c). Karkea arvio pakkausmuovin määrälle kuivajätteessä kierrätyskelpoiset ja kierrätyskelvottomat muovipakkaukset yhteenlaskettuna vuonna 2020 on 14,3 % 20 000 tonnista eli noin 2900 t/a pakkausmuovia. Otokeskijajonaksi pakkausmuovien osuuksille eri otoksissa saadaan 2,86 prosenttiyksikköä. Pakkausmuovin osuus siis vaihtelee keskimäärin 11,4–17,2 m-% välillä, joka on noin 2300–3400 t/a muovia. Tämä vaihteluväli (1100 t/a) on huomattavasti suurempi kuin erilliskerätyn pakkausmuovin määrä vuonna 2020, joka on 700 t/a. Tämä melko hyvin selittää sitä, miksi pakkausmuovin erilliskeräys ei vielä näy muovin osuudessa kuivajätteessä. Laskenta on esitetty tarkemmin Liitteessä 5.

Taajama- ja haja-asutusalueen kuivajätteen koostumuksissa selkeimmäksi eroksi huomataan biojätteen osuus, joka on taajama-alueen kuivajätteessä 25,5 m-% (Kuva 3) ja haja-asutusalueen kuivajätteessä 31,4 m-% (Kuva 4). Kuitenkin, koska haja-asutusalueen otoksia oli vain kaksi, voi sattumalla olla melko suuri vaikutus tulokseen.

Kosteuspitoisuus ja lämpöarvo ovat tässä tutkimuksessa samaa luokkaa kuin Teirasvuon tutkimuksessa. Viirun tutkimukseen verrattuna kosteuspitoisuus on tässä tutkimuksessa

jonkin verran korkeampi ja lämpöarvo taas jonkin verran matalampi. (Taulukko 7.) Tämä saattaa selittyä sillä, että matalampi kosteuspitoisuus vaikuttaa lämpöarvoon sitä parantavasti.



## 9 YHTEENVETO

Tämä kandidaatintyö tehtiin yhteistyössä EKJH Oy:n kanssa. Työssä selvitettiin Etelä-Karjalan alueen kuivajätteen koostumus ja tehollinen lämpöarvo saapumistilassa. Tuloksia verrattiin aiempiin tutkimuksiin ja lisäksi arvioitiin, onko tuottajayhteisön ja EKJH Oy:n järjestämällä muovinkeräyksellä ollut vaikutusta kuivajätteen koostumukseen ja lämpöarvoon.

Koostumustutkimukseen valittiin 12 jätekuormaa eri puolilta Etelä-Karjalaa, joista maakunnan taajama-asteen mukaisesti kymmenen tuli taajama-alueilta ja kaksi haja-asutusalueilta. Jokaisesta kuormasta lajiteltiin yksi 600 litran otos. Jätejakeet valittiin EKJH Oy:n lajitteluohjeiden, referenssitutkimusten sekä KIVO:n määrittämän sekajätteen koostumustutkimuksissa käytettävän jaeluokituksen perusteella.

Lämpöarvon määrittäminen tapahtui Lappeenrannan-Lahden teknillisen yliopiston energiatekniikan laboratoriossa. Lämpöarvon määrittämistä varten otettiin jokaisesta otoksesta yksi jätejakeiden massaosuuksiin perustuva näyte, eli yhteensä 12 näytettä. Näytteistä määritettiin kosteuspitoisuus saapumistilassa, analyysikosteus sekä kalorimetrinen lämpöarvo, joiden avulla laskettiin tehollinen lämpöarvo saapumistilassa.

Kuivajätteen koostumuksessa ei ole tapahtunut merkittäviä muutoksia referenssitutkimuksiin verrattuna. Suomen valtakunnalliseen kuivajätteen koostumukseen verrattuna suurin ero on biojätteen osuudessa, joka on Etelä-Karjalan kuivajätteessä 6,3 prosenttiyksikköä pienempi. Vastaavasti muun kuivajätteen osuus on 6,3 prosenttiyksikköä suurempi Etelä-Karjalan kuivajätteessä.

Kuivajätteen kosteuspitoisuus ja lämpöarvo ei ole muuttunut merkittävästi verrattuna Teirasvuon (2011) tutkimukseen. Sen sijaan Viirun (2017) tutkimukseen verrattuna kosteuspitoisuus oli 6,1 prosenttiyksikköä korkeampi ja lämpöarvo noin 3,5 MJ/kg matalampi.

Vaikuttaisi siltä, että vuonna 2016 alkaneella muovinkeräyksellä ei juurikaan olisi ollut vaikutusta kuivajätteen koostumukseen, eikä siten myöskään lämpöarvoon. Tätä selittää

melko hyvin se, että pakkausmuovin määrän vaihteluväli kuivajätteessä on paljon suurempi kuin erilliskerätyn pakkausmuovin määrä tällä hetkellä.

## LÄHTEET

Alakangas, Eija et al. 2016. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. 229 s. [verkkodokumentti]. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. [viitattu 5.1.2021]. Saatavissa: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2016/T258.pdf>

Autio, Markku. 2020. Laboratorioteknikko, Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT. Sähköpostiviesti 12.10.2020.

2008/98/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 9.11.2008 jätteistä ja tiettyjen direktiivien kumoamisesta. EUVL N:o 312, 22.11.2008.

(EU) 2018/851. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi jätteistä annetun direktiivin 2008/98/EY muuttamisesta. EUVL N:o 150, 14.6.2018.

(EU) 2018/852. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 30.5.2018 pakkauksista ja pakkausjätteistä annetun direktiivin 94/62/EY muuttamisesta. EUVL N:o 150, 14.6.2018.

Etelä-Karjalan Jätehuolto Oy. 2019. Kuivajätteiden energiahyötykäyttö. [verkkodokumentti]. [viitattu: 11.9.2020]. Saatavissa: <https://indd.adobe.com/view/083eaf9e-45e5-4e78-a14f-8b34c1e1984a>

Etelä-Karjalan Jätehuolto Oy. 2020a. Ekopisteet. [verkkosivu]. [viitattu 23.11.2020]. Saatavissa: <https://www.ekjh.fi/index.php/ekopisteet/>

Etelä-Karjalan Jätehuolto Oy. 2020b. Jätteiden hyödyntäminen ja kierrätys Etelä-Karjalassa. [verkkosivu]. [viitattu 26.11.2020]. Saatavissa: <https://www.ekjh.fi/index.php/hyodyntaminen/>

Etelä-Karjalan Jätehuolto Oy. 2020c. Kartonki. [verkkosivu]. [viitattu 22.10.2020]. Saatavissa: <https://www.ekjh.fi/index.php/kartonki-lajittelu/>

Etelä-Karjalan Jätehuolto Oy. 2020d. Lasipakkaukset. [verkkosivu]. [viitattu 22.10.2020]. Saatavissa: <https://www.ekjh.fi/index.php/lasi-lajittelu/>

Etelä-Karjalan Jätehuolto Oy. 2020e. Metallit. [verkkosivu]. [viitattu 22.10.2020]. Saatavissa: <https://www.ekjh.fi/index.php/metalli-lajittelu/>

Etelä-Karjalan Jätehuolto Oy. 2020f. Muovipakkaukset. [verkkosivu]. [viitattu 20.10.2020]. Saatavissa: <https://www.ekjh.fi/index.php/muovipakkaukset-lajittelu/>

Etelä-Karjalan Jätehuolto Oy. 2020g. Paperi. [verkkosivu]. [viitattu 22.10.2020]. Saatavissa: <https://www.ekjh.fi/index.php/paperi-lajittelu/>

Etelä-Karjalan Jätehuolto Oy. 2020h. Tekstiilin kierrätys. [verkkosivu]. [viitattu 22.10.2020]. Saatavissa: <https://www.ekjh.fi/index.php/tekstiilit-lajittelu/>

Etelä-Karjalan Jätelautakunta. 2018. Etelä-Karjalan jätehuoltomääräykset 1.1.2019 alkaen. 33 s. [verkkodokumentti]. [viitattu 19.11.2020]. Saatavissa: [https://www.imatra.fi/sites/default/files/atoms/files/Etel%C3%A4-Karjalan%20j%C3%A4tehuoltom%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ykset%201.1.2019%20alkaen\\_0.pdf](https://www.imatra.fi/sites/default/files/atoms/files/Etel%C3%A4-Karjalan%20j%C3%A4tehuoltom%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ykset%201.1.2019%20alkaen_0.pdf)

Honkanen, Henri. 2014. Hyötyjätteen osuus kuivajätteessä ekopisteverkoston päivityksen jälkeen Luumäen, Savitaipaleen ja Taipalsaaren alueella. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, ympäristötekniikka. LUTPub. 38 s. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2014121152285>

Horttanainen, Mika. 2020. Jätteen ja energian tiivis suhde – kierrätys kunniaan!. [verkkosivu]. [viitattu 16.10.2020]. Saatavissa: <https://www.lut.fi/green-campus/asiantuntijat-aanessa/kierratys-kunniaan>

Ilmasto-opas. 2020. Kierrätys ja uudelleenkäyttö voivat vähentää kulutusta ja sen ympäristövaikutuksia. [verkkosivu]. [viitattu 16.10.2020]. Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/8bde6ca5-7802-4c36-a4da->

34086e9c5287/kierratys-ja-uusiokaytto.html#h\_Kierratys\_ja\_uudelleen\_kytt\_v\_hent\_v\_t\_p\_st\_j\_j\_tehuollossa\_ja\_tuotannossa

Jätelaitosyhdistys. 2017. Opas sekajätteen koostumustutkimuksiin. 35 s. [verkkodokumentti]. [viitattu 29.12.2020]. Saatavissa: [http://www.kivo.fi/wp-content/uploads/Opas\\_sekajatteen\\_koostumustutkimuksiin\\_versio2.pdf](http://www.kivo.fi/wp-content/uploads/Opas_sekajatteen_koostumustutkimuksiin_versio2.pdf)

KIVO. 2020a. Jätehuolto ja kiertotalous. [verkkosivu]. [viitattu 23.11.2020] Saatavissa: <https://kivo.fi/yymmarramme/jatehuolto-ja-kiertotalous/>

KIVO. 2020b. Jätevoimamat. [verkkosivu]. [viitattu 23.11.2020]. Saatavissa: <https://kivo.fi/yymmarramme/jatehuolto-ja-kiertotalous/jatevoimamat/>

KIVO. 2020c. Koostumustietopankki. [verkkosivu]. [viitattu 27.9.2020] Saatavissa: <https://kivo.fi/yymmarramme/koostumustietopankki/>

KIVO. 2020d. Kotitalousjätteen keskimääräinen valtakunnallinen koostumus. [verkkosivu]. [viitattu 19.11.2020]. Saatavissa: [https://kivo.fi/yymmarramme/koostumustietopankki/kotalousjätteen\\_koostumus\\_yhteenveto/](https://kivo.fi/yymmarramme/koostumustietopankki/kotalousjätteen_koostumus_yhteenveto/)

Kohvakka, Mari. 2014. Sekajätteen polttokelpoisuus leijukattilassa. Opinnäytetyö. Savonia-ammattikorkeakoulu, Energiatekniikan koulutusohjelma. 65 s. [viitattu 4.1.2021]. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/70546/Kohvakka\\_Mari.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/70546/Kohvakka_Mari.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Korhonen, Marja-Riitta, Pitkänen, Kati ja Niemistö, Johanna. 2018. Selvitys orgaanisen jätteen kaatopaikkakiellon vaikutuksista. [verkkodokumentti]. Ympäristöministeriö. [viitattu 1.10.2020]. Saatavissa: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160946/SY\\_03\\_3018\\_Organisen\\_jatteen\\_kaatopaikkakiello.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160946/SY_03_3018_Organisen_jatteen_kaatopaikkakiello.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

Koskimaa, Anna. 2016. Pääkaupunkiseudun kotitalouksien sekajätteen fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet. Aalto-yliopisto, ympäristötekniikka. Aaltodoc. 89 s. Saatavissa: <https://docplayer.fi/47002750-Paakaupunkiseudun-kotitalouksien-sekajatteen-fysikaaliset-ja-kemialliset-ominaisuudet.html>

Kuntaliitto. 2016. Jätehuolto. [verkkosivu]. [viitattu 19.11.2020]. Saatavissa: <https://www.kuntaliitto.fi/yhdyskunnat-ja-ymparisto/tekniikka/jatehuolto>

L 17.6.2011/646. Jätelaki.

L 2.5.2013/331. Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista.

Lounais-Suomen Jätehuolto. 2020a. Poistotekstiilin jalostuslaitos. [verkkosivu]. [viitattu 22.10.2020]. Saatavissa: <https://lsjh.luowa.fi/#>

Lounais-Suomen Jätehuolto. 2020b. Poistotekstiilit. [verkkosivu]. [viitattu 22.10.2020]. Saatavissa: <https://www.lsjh.fi/fi/jatelaji/poistotekstiilit/>

Lounavoima. 2020. Ekovoimalaitos Salon Korvenmäkeen. [verkkosivusto]. [viitattu 28.12.2020]. Saatavissa: <https://www.lounavoima.fi/>

Microsoft. 2021. KESKIHAJONTA-funktio. [verkkosivu]. [viitattu 9.1.2021]. Saatavissa: <https://support.microsoft.com/fi-fi/office/keskihajonta-funktio-51fecaaa-231e-4bbb-9230-33650a72c9b0>

Moilanen, Antero et al. 1995. Polttoaineiden ominaisuudet ja luokittelu. Teoksessa: Raiko, Risto et al. (toim.) Poltto ja palaminen. Jyväskylä: International Flame Research Foundation, Suomen kansallinen osasto. s. 87–108. ISBN 951-666-448-2.

Nasrullah, Muhammad. 2015. Material and energy balance of solid recovered fuel production. Aalto-yliopisto, Biotekniikan ja kemiantekniikan laitos. Aaltodoc. 160 s. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-38-8368-3>

Oksman, Heidi. 2020a. Laatu- ja ympäristöpäällikkö, Etelä-Karjalan jätehuolto Oy. Puhelinhaastattelu 25.11.2020.

Oksman, Heidi. 2020b. Laatu- ja ympäristöpäällikkö, Etelä-Karjalan jätehuolto Oy. Sähköpostiviesti 18.11.2020.

Oksman, Heidi. 2020c. Laatu- ja ympäristöpäällikkö, Etelä-Karjalan jätehuolto Oy. Sähköpostiviesti 2.12.2020.

Peda.net. 2021. Hajontaluvut. [verkkodokumentti]. [viitattu 9.1.2021]. Saatavissa: <https://peda.net/siikalatva/siikalatvan-lukio/oppiaineet/matematiikka/maa102/mappi2/mappi/kjo:file/download/a4fb66926de912b5d118c533c0e233799f639510/Keskihajonta%20ja%20otoskeskihajonta.pdf>

SaimaanVirta ry. 2020. Otamme poistotekstiiliä vastaan! [verkkosivu]. [viitattu 22.10.2020]. Saatavissa: <https://saimaanvirta.fi/partex-poistotekstiilipaja/>

Savo-Pielisen jätelautakunta. 2019. Kunnalliset jätehuoltomääräykset. [verkkodokumentti]. [viitattu 29.12.2020]. Saatavissa: <https://www.jatelautakunta.fi/wp-content/uploads/2020/12/jatehuoltomaaraykset.pdf>

SFS-EN 15400. 2011. Kiinteät kierrätyspolttoaineet. Lämpöarvon määrittäminen. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. 110 s. Sisältää myös englanninkielisen tekstin suomenkielisen käännöksen.

Suomen Uusiomuovi Oy. 2020. Usein kysyttyä kotitalouksien muovipakkausten keräyksestä ja kierrätyksestä. [verkkosivu]. [viitattu 16.10.2020]. Saatavissa: [uusimuovi.fi/fin/kuluttajalle/usein\\_kysyttya\\_kierratyksesta/](https://uusimuovi.fi/fin/kuluttajalle/usein_kysyttya_kierratyksesta/)

Teirasvuo Nina. 2011. Syntypaikkalajitellun sekajätteen koostumuksen sekä palamisteknisten ominaisuuksien selvitys Etelä-Karjalan alueella. Lappeenrannan

teknillinen yliopisto, ympäristötekniikka. LUTPub. 122 s. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201104291476>

Tilastokeskus. 2020a. Kuntien avainluvut. [verkkosivu]. [viitattu 1.12.2020]. Saatavissa: [http://pxnet2.stat.fi/explorer/Kuntien\\_avainluvut\\_2020/maakuntakartta.html](http://pxnet2.stat.fi/explorer/Kuntien_avainluvut_2020/maakuntakartta.html)

Tilastokeskus. 2020b. Yhdyskuntajäte. [verkkodokumentti]. [viitattu 27.9.2020]. Saatavissa: <https://www.tilastokeskus.fi/meta/kas/yhdyskuntajate.html>

Tilastokeskus. 2020c. Yhdyskuntajätteen määrä kasvoi hieman vuonna 2019 – suurin osa jätteistä hyödynnettiin edelleen energiana. [verkkosivu]. [viitattu 28.12.2020]. Saatavissa: [http://www.stat.fi/til/jate/2019/13/jate\\_2019\\_13\\_2020-12-09\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/jate/2019/13/jate_2019_13_2020-12-09_tie_001_fi.html)

Topinpuisto. 2020. Lounais-Suomen jätehuolto suunnittelee poistotekstiilin jalostuslaitosta Topinpuistoon. [verkkosivu]. [viitattu 22.10.2020]. Saatavissa: <https://www.topinpuisto.fi/uutinen/lounais-suomen-jatehuolto-suunnittelee-poistotekstiilin-jalostuslaitosta-topinpuistoon/>

Viiru, Tuija. 2017. Kotitalousjätteen laatututkimus Etelä-Karjalassa. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, ympäristötekniologia. 61 s.

Ympäristöministeriö. 2018. Kysymyksiä ja vastauksia muoveista. [verkkosivu]. Päivitetty: 23.3.2019. [viitattu: 11.9.2020]. Saatavissa: [https://www.ymparisto.fi/FI/Ymparisto/Muovit/Kysymyksiä\\_ja\\_vastauksia\\_muoveista](https://www.ymparisto.fi/FI/Ymparisto/Muovit/Kysymyksiä_ja_vastauksia_muoveista)

Ympäristöministeriö. 2020. Jätesäädöspaketti. [verkkosivu]. [viitattu 1.10.2020] Saatavissa: <https://ym.fi/jatesaadospaketti>



## LIITTEET

Tutkimuksen jätejakeet ja niihin lajiteltavat jätteet. Lähteenä on käytetty EKJH Oy:n lajitteluohjeita sekä vaatteiden ja tekstiilien kohdalla Lounais-Suomen Jätehuollon poistotekstiilien lajitteluohjetta.

### 1. Biojäte

- Kasvisten ja hedelmien kuoret
- Ruuantähteet
- Munan kuoret ja munakennot
- Kalanperkeet, luut
- Kahvinsuodattimet, teepussit
- Talouspaperit, lautasliinat
- Puutarhajätteet, kukkamulta
- Kotieläinten häkkien siivousjätteet
- Käsipyyhepaperit

### 2. Paperi

- Sanoma- ja aikakauslehdet
- Mainokset, esitteet
- Kirjekuoret, myös ikkunalliset
- Valkoiset ja värilliset kopiopaperit ja tulosteet
- Piirustus- ja lehtiöpaperi
- Uusiopaperi
- Puhelin- ja tuoteluettelot
- Pehmeäkantiset kirjat
- Kovakantiset kirjat kannet poistettuina
- Vihkot, myös metalli- tai muovikierteelliset
- Valkoiset paperipussit ja -kassit

### 3. Kartonki ja pahvi

- Aaltopahvilaatikot
- Kartonkitölkit, esim. maito- ja mehutölkit
- Karttonkiset einespakkaukset
- Kuivien tuotteiden karttonkipakkaukset, esim. muro- ja keksipaketit
- Paperipussit ja -kassit
- Pizzalaatikot, munakennot
- Karttonkiset kertakäyttöastiat
- WC- ja talouspaperirullien hylsy
- Käärepaperit, esimerkiksi kopiopaperin kääreet
- Juomien pahviset monipakkaukset, esim. sixpackit ja salkut
- Ruskea paperi

### 4. Renkaat

- Auton, polkupyörän, leluauton tms. renkaat tai niiden osat

### 5. Kierrätyskelpoiset muovipakkaukset

- Elintarvikkeiden muoviset pakkaukset, kuten jogurttipurkit, voirasiat sekä leikkele-, juusto- ja valmisruokapakkaukset
- Pesuaine-, shampoo- ja saippuapakkaukset
- Muovipullot, -kanisterit ja -purkit
- Styrox- pakkaukset ja pakkaustäytteet
- Pakkausmateriaalina käytetyt muovikassit, -pussit ja -kääreet ja -kuoret

### 6. Kierrätyskelvottomat muovipakkaukset

- Muovipakkaukset, joissa on myös alumiinikerros, esimerkiksi kahvipaketit

### 7. Muu muovi

- Kaikki muovi, joka ei ole pakkausmateriaalia eli muovituotteet (esimerkiksi muoviset lelut, astiat, pakastuspussit, kaupoista ostetut muovipussit, jätepussit)

## 8. Lasipakkaukset

- Kirkkaat ja värilliset lasipurkit
- Kirkkaat ja värilliset lasipullot

## 9. Metalli

- Metallipurkit, -kannet ja -korit
- Alumiinivuoat ja -foliot
- Täysin tyhjät maalipurkit ja paineettomat aerosolipullot
- Muut pienet metalliesineet, kuten kattilat ja paistinpannut, aterimet, sakset ja käsityökalut, tuikkukynttilöiden kuoret

## 10. Vaatteet ja tekstiilit

- Kuivat ja puhtaat, käyttökelvottomat vaatteet sekä kodintekstiilit, kuten
  - Takit, housut, hameet ja paidat
  - Lakanat, pyyhkeet ja pöytäliinat
- EI saa laittaa
  - Mattoja, kenkiä, laukkuja, vöitä
  - Alusvaatteita, sukkia, sukkahousuja
  - Tyynyjä, peittoja, pehmusteita, pehmoeläimiä
  - Kosteita, homeisia, tekstiilituholaisia sisältäviä tai vahvasti haisevia tekstiilejä

## 11. Sähkö- ja elektroniikkaromu (SER)

- Kaikki verkkovirralla tai aurinkoenergialla toimivat laitteet
- Kaikki paristo- tai akkukäyttöiset laitteet
- Kodinkoneet, kylmälaitteet
- Viihde-elektroniikka
- Puhelimet
- Akkukäyttöiset koneet
- Loisteputket (ilman pakkauksia)

- Energiansäästölamput (ilman pakkauksia)
- Ledilamput (ilman pakkauksia)

## 12. Vaarallinen jäte

- Maalit, liimat, lakat ja näillä aineilla likaantuneet tarvikkeet ja työvälineet
- Aerosolit
- Hapot, emäkset, liuottimet
- Torjunta-aineet
- Pakkas- ja jarrunesteet
- Akut, paristot
- Lääkkeet ja elohopeakuumemittarit

## 13. Kuivajäte

- Vaatteet ja tekstiilit, joita ei lajitella jakeeseen 10
- Rikkinäiset astiat
- Imurin pölypussit
- Vaipat, terveystiteet
- Ikkuna- ja muu erikoislasi
- Hehku- ja halogeenilamput
- Likaiset pahvit, paperit ja muovipakkaukset
- Kissanhiekkä
- Avaamattomat elintarvikepakkaukset sisältöineen, kun niitä ei saa helposti tyhjennettyä biojätteeseen

**PUNNITUSTAULUKKO****OTOS: 1**

Alue:	Savitaipale
Jätteen tuontipäivä:	5.10.2020
Jätteen lajittelupäivä:	6.10.2020
Jätekuorman massa:	9780 kg
Jäteastian massa:	38 kg
Otoksen massa (jäteastian kanssa):	108 kg
Otoksen massa (ilman jäteastiaa):	70 kg
Lajittelu-aika:	4 h
Lajittelijoiden määrä:	2

<b>Jätejake</b>	<b>Massa [kg]</b>	<b>Osuus [massa-%]</b>
Biojäte	15	22,4
Paperi	2	3,0
Kartonki ja pahvi	8	11,9
Renkaat	0	0,0
Muovipakkaukset	10	14,9
Muu muovi	6	8,9
Lasi	2	3,0
Metalli	1	1,5
Vaatteet ja tekstiilit	5	7,5
SER	0,054	0,08
Vaarallinen jäte	0	0
Kuivajäte	18	26,8
$\Sigma$	67,054	100

**Huomiot:** Kuorman seassa oli patja, paljon tyynyjä ja peittoja sekä pyörän rengas. Otoksessa oli jotakin kouluista/laitoksista peräisin olevia jätteitä. Otoksen seassa oli myös yksi vaaralliseen jätteeseen kuuluva nappiparisto, jota ei kuitenkaan punnittu, koska sen massa olisi ollut mitätön muiden jakeiden massa verrattuna.

**PUNNITUSTAULUKKO****OTOS: 2**

Alue: Taavetti (Luumäki)

Jätteen tuontipäivä: 6.10.2020

Jätteen lajittelupäivä: 6.10.2020

Jätekuorman massa: 4500 kg

Jäteastian massa: 32 kg

Otoksen massa (jäteastian kanssa): 87 kg

Otoksen massa (ilman jäteastiaa): 55 kg

Lajittelu-aika: 4 h

Lajittelijoiden määrä: 2

<b>Jätejae</b>	<b>Massa [kg]</b>	<b>Osuus [massa-%]</b>
Biojäte	12	20,6
Paperi	2	3,4
Kartonki ja pahvi	6	10,3
Renkaat	-	-
Muovipakkaukset	6	10,3
Muu muovi	5	8,6
Lasi	-	-
Metalli	1	1,7
Vaatteet ja tekstiilit	6	10,3
SER	0,199	0,3
Vaarallinen jäte	0,056	0,1
Kuivajäte	20	34,3
$\Sigma$	58,255	100

**Huomiot:** Kuormassa oli patja ja paljon motocross -tarvikkeita. Kuivajätteeseen meni paljon laitoksen kasvomaskeja ja käsipyyhepaperia sekä motocross -saapas. Kuivajätteeseen meni myös pari tyynyä, joiden massaksi punnittiin erikseen 5 kg. Muu muovi sisälsi ison lelun ja kaukalon.

**PUNNITUSTAULUKKO****OTOS: 3**

Alue: Paajala/Suo/Tainionkoski (Imatra)

Jätteen tuontipäivä: 7.10.2020

Jätteen lajittelupäivä: 8.10.2020

Jätekuorman massa: 4140 kg

Jäteastian massa: 36 kg

Otoksen massa (jäteastian kanssa): 96 kg

Otoksen massa (ilman jäteastiaa): 60 kg

Lajittelu-aika: 4,5 h

Lajittelijoiden määrä: 1

<b>Jätejae</b>	<b>Massa [kg]</b>	<b>Osuus [massa-%]</b>
Biojäte	16	26,6
Paperi	5	8,3
Kartonki ja pahvi	9	15,0
Renkaat	0,028	0,05
Muovipakkaukset	7	11,6
Muu muovi	5	8,3
Lasi	-	-
Metalli	1	1,7
Vaatteet ja tekstiilit	0,4	0,7
SER	0,417	0,7
Vaarallinen jäte	0,242	0,4
Kuivajäte	16	26,6
$\Sigma$	60,087	100

**Huomiot:** Kuormassa oli patja ja matto. Kuivajätteeseen meni kenkiä. Otoksen seassa oli yksi jätöpussi täynnä sahanpurua, joka lajiteltiin biojätteeseen. Otoksen seassa oli myös kaksi isoa paljon paperia ja tarrapaperia sisältävää jätösäkkiä palvelualalta. Vaaralliseen jätteeseen meni paristo, insuliinineula ja paljon mikrobiologisen hygienian seurantanäytteitä. Renkaat -jakeeseen lajiteltiin leluauton rengas.

**PUNNITUSTAULUKKO****OTOS: 4**

Alue:	Taipalsaaren taajama
Jätteen tuontipäivä:	8.10.2020
Jätteen lajittelupäivä:	12.10.2020
Jätekuorman massa:	6420 kg
Jäteastian massa:	36 kg
Otoksen massa (jäteastian kanssa):	94 kg
Otoksen massa (ilman jäteastiaa):	58 kg
Lajittelu-aika:	4 h
Lajittelijoiden määrä:	2

Jätejae	Massa [kg]	Osuus [massa-%]
Biojäte	12	20,6
Paperi	2	3,4
Kartonki ja pahvi	4	6,9
Renkaat	-	-
Kierrätyskelpoiset muovipakkaukset	7	12,0
Kierrätyskelvottomat muovipakkaukset	1	1,7
Muu muovi	5	8,6
Lasi	0,086	0,1
Metalli	3	5,1
Vaatteet ja tekstiilit	8	13,7
SER	-	-
Vaarallinen jäte	0,301	0,5
Kuivajäte	16	27,4
Σ	58,387	100

**Huomiot:** Kuormassa oli patja, keinun pehmuste ja pölykapseli. Kuivajäte -jakeeseen meni peitto ja tyynyjä, joiden massaksi punnittiin 4 kg. Vaaralliseen jätteeseen lajiteltiin insuliinikyniä, paristo, pitkä sytytin ja lääkevalmisteita.



**PUNNITUSTAULUKKO****OTOS: 5**

Alue:	Vuoksenniska/Lakasenpelto (Imatra)
Jätteen tuontipäivä:	9.10.2020
Jätteen lajittelupäivä:	12.10.2020
Jätekuorman massa:	3380 kg
Jäteastian massa:	38 kg
Otoksen massa (jäteastian kanssa):	133 kg
Otoksen massa (ilman jäteastiaa):	95
Lajittelu-aika:	4 h
Lajittelijoiden määrä:	2

Jätejae	Massa [kg]	Osuus [massa-%]
Biojäte	22	23,4
Paperi	3	3,2
Kartonki ja pahvi	10	10,6
Renkaat	-	-
Kierrätyskelpoiset muovipakkaukset	8	8,5
Kierrätyskelvottomat muovipakkaukset	1	1,1
Muu muovi	8	8,5
Lasi	0,430	0,5
Metalli	2	2,1
Vaatteet ja tekstiilit	7	7,4
SER	-	-
Vaarallinen jäte	0,230	0,2
Kuivajäte	32,4	34,4
Σ	94,06	99,9

**Huomiot:** Otoksessa oli paljon vauvojen ja aikuisten vaippoja, jotka lajiteltiin kuivajätteeseen. Otoksessa oli myös tyyny, jonka massaksi punnittiin erikseen 0,4 kg. Vaarallisiin jätteisiin lajiteltiin paristoja ja sytytin.

**PUNNITUSTAULUKKO****OTOS: 6**

Alue: Joutseno  
 Jätteen tuontipäivä: 13.10.2020  
 Jätteen lajittelupäivä: 15.10.2020

Jätekuorman massa: 6740 kg  
 Jäteastian massa: 32 kg  
 Otoksen massa (jäteastian kanssa): 95 kg  
 Otoksen massa (ilman jäteastiaa): 63 kg

Lajittelu-aika: 4 h  
 Lajittelijoiden määrä: 2

Jätejae	Massa [kg]	Osuus [massa-%]
Biojäte	20	32,7
Paperi	1	1,6
Kartonki ja pahvi	6	9,8
Renkaat	-	-
Kierrätyskelpoiset muovipakkaukset	12	19,6
Kierrätyskelvottomat muovipakkaukset	1	1,6
Muu muovi	4	6,5
Lasi	0,479	0,8
Metalli	1	1,6
Vaatteet ja tekstiilit	0,741	1,2
SER	-	-
Vaarallinen jäte	-	-
Kuivajäte	15	24,5
Σ	61,22	99,9

**Huomiot:** Kuorman seassa oli suurehko roska-astia, auton rengas ja kaksi polkupyörän rengasta. Otoksen lajittelussa kuivajätteen sekaan lajiteltiin kiviä, joiden massaksi punnittiin 3 kg. Vaaralliseen jätteeseen lajiteltiin lääkeliuska, jossa oli vielä yksi tabletti jäljellä. Kyseistä jätteettä ei punnittu, koska sen massa olisi ollut häviävän pieni verrattuna muihin jakeisiin.

**PUNNITUSTAULUKKO****OTOS: 7**

Alue:	Huhtiniemi/Kourula (Lappeenranta)
Jätteen tuontipäivä:	16.10.2020
Jätteen lajittelupäivä:	19.10.2020
Jätekuorman massa:	4120 kg
Jäteastian massa:	40 kg
Otoksen massa (jäteastian kanssa):	108 kg
Otoksen massa (ilman jäteastiaa):	68 kg
Lajittelu-aika:	4 h
Lajittelijoiden määrä:	2

Jätejae	Massa [kg]	Osuus [massa-%]
Biojäte	17	24,6
Paperi	4	5,8
Kartonki ja pahvi	7	10,1
Renkaat	-	-
Kierrätyskelpoiset muovipakkaukset	9	13,0
Kierrätyskelvottomat muovipakkaukset	1	1,4
Muu muovi	3	4,3
Lasi	0,240	0,3
Metalli	2	2,9
Vaatteet ja tekstiilit	12	17,3
SER	1,667	2,4
Vaarallinen jäte	0,260	0,4
Kuivajäte	12	17,3
Σ	69,167	99,8

**Huomiot:** Kuormassa oli vaahtomuovia ja käytävämatto. Vaaralliseen jätteeseen lajiteltiin paristoja ja kynsilakka. SER-jakeeseen lajiteltiin kännykkä, tietokoneen hiiri, rannekello, paljon sähköjohtoja sekä piirilevy. Kuivajätteeseen lajiteltiin peitto, jonka massaksi mitattiin erikseen 1 kg.

**PUNNITUSTAULUKKO****OTOS: 8**

Alue:	Keskusta (Lappeenranta)
Jätteen tuontipäivä:	19.10.2020
Jätteen lajittelupäivä:	21.10.2020
Jätekuorman massa:	6440 kg
Jäteastian massa:	40 kg
Otoksen massa (jäteastian kanssa):	107 kg
Otoksen massa (ilman jäteastiaa):	67 kg
Lajittelu-aika:	3 h
Lajittelijoiden määrä:	3

Jätejäte	Massa [kg]	Osuus [massa-%]
Biojäte	19	28,1
Paperi	4	5,9
Kartonki ja pahvi	7	10,4
Renkaat	-	-
Kierrätyskelpoiset muovipakkaukset	10	14,8
Kierrätyskelvottomat muovipakkaukset	1	1,5
Muu muovi	3	4,4
Lasi	1	1,5
Metalli	2	3,0
Vaatteet ja tekstiilit	3	4,4
SER	0,489	0,7
Vaarallinen jäte	0,025	0,04
Kuivajäte	17	25,2
Σ	67,514	99,94

**Huomiot:** Kuormassa oli jonkin verran vaahtomuovia, styroxia sekä lemmikkieläimen kuljetuskoppa. Otoksessa oli iso jätessäkillinen käsipyyhepaperia (3 kg), joka lajiteltiin kuivajätteeseen. SER-jakeeseen lajiteltiin sauvasekoitin ja vaaralliseen jätteeseen paristo sekä insuliinineuloja.

## PUNNITUSTAULUKKO

OTOS: 9

Alue:	Skinnarila/Karhuvuori (Lappeenranta)
Jätteen tuontipäivä:	20.10.2020
Jätteen lajittelupäivä:	21.10.2020
Jätekuorman massa:	4920 kg
Jäteastian massa:	38 kg
Otoksen massa (jäteastian kanssa):	108 kg
Otoksen massa (ilman jäteastiaa):	70 kg
Lajittelu-aika:	3 h
Lajittelijoiden määrä:	3

Jätejae	Massa [kg]	Osuus [massa-%]
Biojäte	18	27,4
Paperi	2	3,0
Kartonki ja pahvi	8	12,2
Renkaat	-	-
Kierrätyskelpoiset muovipakkaukset	8	12,2
Kierrätyskelvottomat muovipakkaukset	1	1,5
Muu muovi	5	7,6
Lasi	1,357	2,1
Metalli	1	1,5
Vaatteet ja tekstiilit	4	6,1
SER	0,258	0,4
Vaarallinen jäte	0,060	0,1
Kuivajäte	17	25,9
Σ	65,675	100

**Huomiot:** Kuormassa oli laminaatin alusmuovi, peittoja, tyynyjä, vaahtomuovia, kevytpressu ja pari isoa muovista leluautoa. Otoksesta SER-jakeeseen lajiteltiin sähkö tupakka, pieni kaiutin, tietokoneen osa ja pieni sähkölaite (ei tunnistettu). Vaaralliseen jätteeseen lajiteltiin iholle suihkutettava hyttyskarkote, insuliinineuloja sekä lääketabletti.

**PUNNITUSTAULUKKO****OTOS: 10**

Alue: Taipalsaaren haja-asutus

Jätteen tuontipäivä: 22.10.2020

Jätteen lajittelupäivä: 26.10.2020

Jätekuorman massa: 4700 kg

Jäteastian massa: 36 kg

Otoksen massa (jäteastian kanssa): 102 kg

Otoksen massa (ilman jäteastiaa): 66 kg

Lajittelu-aika: 4 h

Lajittelijoiden määrä: 2

Jätejae	Massa [kg]	Osuus [massa-%]
Biojäte	21	32,6
Paperi	3	4,7
Kartonki ja pahvi	7	10,9
Renkaat	-	-
Kierrätyskelpoiset muovipakkaukset	8	12,4
Kierrätyskelvottomat muovipakkaukset	0,675	1,0
Muu muovi	5	7,8
Lasi	0,662	1,0
Metalli	2	3,1
Vaatteet ja tekstiilit	2	3,1
SER	-	-
Vaarallinen jäte	0,095	0,1
Kuivajäte	15	23,3
Σ	64,432	100

**Huomiot:** Kuormassa oli monta isoa lasten muovileluautoa, VHS-kasetteja ja pieni vanerilevy. Otoksesta lajiteltiin vaaralliseen jätteeseen paristoja, sytytin ja lääketabletteja.

**PUNNITUSTAULUKKO****OTOS: 11**

Alue:	Ruokolahti
Jätteen tuontipäivä:	26.10.2020
Jätteen lajittelupäivä:	2.11.2020
Jätekuorman massa:	10540 kg
Jäteastian massa:	38 kg
Otoksen massa (jäteastian kanssa):	119 kg
Otoksen massa (ilman jäteastiaa):	81 kg
Lajittelu-aika:	5 h
Lajittelijoiden määrä:	2

Jätejae	Massa [kg]	Osuus [massa-%]
Biojäte	23	29,1
Paperi	3	3,8
Kartonki ja pahvi	8	10,1
Renkaat	-	-
Kierrätyskelpoiset muovipakkaukset	10	12,7
Kierrätyskelvottomat muovipakkaukset	1	1,3
Muu muovi	4	5,1
Lasi	2	2,5
Metalli	1	1,3
Vaatteet ja tekstiilit	7	8,9
SER	0,518	0,7
Vaarallinen jäte	0,498	0,6
Kuivajäte	19	24,0
Σ	79,016	100,1

**Huomiot:** SER-jakeeseen lajiteltiin paristoja, lääkkeitä ja insuliinineuloja. Vaaralliseen jätteeseen lajiteltiin jouluvalot, aurinkokennolla toimiva ulkovalo ja akuton kännykkä.

**PUNNITUSTAULUKKO****OTOS: 12**

Alue:	Parikkala (haja-asutus)
Jätteen tuontipäivä:	30.10.2020
Jätteen lajittelupäivä:	2.11.2020
Jätekuorman massa:	7320 kg
Jäteastian massa:	40 kg
Otoksen massa (jäteastian kanssa):	119 kg
Otoksen massa (ilman jäteastiaa):	70 kg
Lajittelu-aika:	4 h
Lajittelijoiden määrä:	2

Jätejae	Massa [kg]	Osuus [massa-%]
Biojäte	24	30,3
Paperi	3	3,8
Kartonki ja pahvi	9	11,4
Renkaat	-	-
Kierrätyskelpoiset muovipakkaukset	9	11,4
Kierrätyskelvottomat muovipakkaukset	2	2,5
Muu muovi	3	3,8
Lasi	2	2,5
Metalli	3	3,8
Vaatteet ja tekstiilit	4	5,0
SER	0,139	0,2
Vaarallinen jäte	0,069	0,1
Kuivajäte	20	25,2
Σ	79,208	100

**Huomiot:** Kuormassa oli vaahtomuovipatja, suojakypäriä, polttoainekanistereita ja suurten esineiden pakkausmuovia. SER-jakeeseen lajiteltiin kaukosäädin ja LED-lamppu. Vaaralliseen jätteeseen lajiteltiin kynsilakka, sytytin, lääkeneula sekä lääkeliuska, jossa oli vielä lääkkeitä jäljellä.



### Vety- happi- ja typpipitoisuuksien laskeminen Etelä-karjalan kuivajätteelle

Vetypitoisuudet kullekin jätejakeelle lasketaan kertomalla jätejakeen massaosuus keskimääräisessä Etelä-Karjalan alueen kuivajätteessä Koskimaan diplomityössä määritetyllä jätejakeen vetypitoisuudella (Taulukko 1) ja jakamalla tulos sadalla. Kunkin jätejakeen vetypitoisuudet summataan, jolloin saadaan vetypitoisuus Etelä-Karjalan kuivajätteelle alla olevan yhtälön mukaisesti:

$$w(H)_d = \sum \frac{w_i \cdot w_{H,i}}{100}$$

$w_i$  = jätejakeen massaosuus [m-%]

$w_{H,i}$  = jätejakeen vetypitoisuus [m-%]

Esimerkiksi kartongille ja pahville vetypitoisuus lasketaan seuraavasti (ottaen huomioon kolme erilaista pakkaustyyppiä):

$$\frac{10,8 \text{ m-\%} \cdot (0,333 \cdot 7,9 + 0,333 \cdot 6,6 + 0,333 \cdot 5,7)}{100} = 0,725983$$

Lopputulokset pyöristetään yhden desimaalin tarkkuuteen. Vastaavalla tavalla lasketaan myös happi- ja typpipitoisuudet. Tulokset on esitetty seuraavassa taulukossa:

Jätejae	osuus [m-%]	w(H)d	w(O)d	w(N)d
Biojäte	26,5	1,737588	9,894968	0,464241
Paperi	4,2	0,237399	1,445221	0,012911
Kartonki ja pahvi	10,8	0,725983	3,676637	0,031135
Kierrätyskelpoiset muovipakkaukset	12,8	1,399753	1,169656	0,078616
Kierrätyskelvottomat muovipakkaukset	1,5	0,1875	0,0855	0,00675
Vaatteet ja tekstiilit	7,1	0,45692	2,662987	0,164206
Kuivajäte	26,3	2,14299	4,932028	0,23741
Muu muovi	6,9	0,830415	0,464715	0,034466
$\Sigma$		<b>7,7</b>	<b>24,3</b>	<b>1,0</b>

### Laskennassa käytetyt alkuainepitoisuudet

Alla olevassa taulukossa on esitetty lämpöarvon laskennassa käytetyt vety-, happi-, ja typpipitoisuudet eri lähteistä, Etelä-Karjalan kuivajätteelle lasketut arvot sekä keskiarvot alkuainepitoisuuksille.

Tiedot: Nasrullah 2015, 48; Koskimaa 2016, 60–62, 72

	<b>w(H)d</b>	<b>w(O)d</b>	<b>w(N)d</b>
<b>Nasrullah 2015</b>	6,2	19,6	0,5
<b>Koskimaa 2016 (Sekajäte 1)</b>	8,6	23,6	0,7
<b>Koskimaa 2016 (Sekajäte 2)</b>	8,4	23,0	1,1
<b>Koskimaa 2016 (Sekajäte 3)</b>	6,6	25,0	1,2
<b>Etelä-Karjalan kuivajäte</b>	7,7	24,3	1,0
<b>Ka.</b>	7,5	23,1	0,9

## Otoskeskihajonta ja vaihteluväli pakkausmuoville kuivajätteessä

Otoskeskihajonta pakkausmuovin osuudelle kuivajätteessä lasketaan alla olevalla yhtälöllä (Peda.net 2021):

$$s_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{ka})^2}{n-1}} = 2,85807... \approx 2,86$$

$s_{n-1}$  = otoskeskihajonta [%-yksikkö]

$n$  = otosten lukumäärä

$x_i$  = pakkausmuovin osuus otoksessa kierrätyskelpoiset ja kierrätyskelvottomat muovipakkaukset yhteenlaskettuna [m-%]

$x_{ka}$  = pakkausmuovin keskimääräinen osuus kuivajätteessä [m-%]

Laskenta suoritetaan käyttäen Excelin KESKIHAJONTA-funktiota, joka laskee otoskeskihajonnan (Microsoft 2021). Otoskeskihajonnan avulla määritetään vaihteluväli pakkausmuovin osuudelle kuivajätteessä laskemalla keskimääräisen pakkausmuovin osuuden ja otoskeskihajonnan erotus sekä summa, jolloin saadaan vaihteluväliksi noin 11,4–17,2 m-%. Tämän jälkeen lasketaan otoskeskihajonnan mukainen pienin ja suurin pakkausmuovin massa kuivajätteessä alla olevalla yhtälöllä:

$$m = \frac{w_p \cdot 20\,000 \text{ t/a}}{100 \text{ m-\%}}$$

$m$  = pakkausmuovin massa kuivajätteessä [t/a]

$w_p$  = pakkausmuovin massaosuus kuivajätteessä [m-%]

Näin saadaan keskimääräiseksi vaihteluväliseksi pakkausmuovin määrälle noin 2300–3400 t/a.