



OULUN YLIOPISTO  
UNIVERSITY of OULU

TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

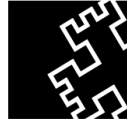
**OULUN JÄTEHUOLLON TOIMIALUEEN  
POLTTOKELPOISEN JÄTTEEN  
KOOSTUMUSTUTKIMUS**

Janne Kauppila

YMPÄRISTÖTEKNIikka

Kandidaatintyö

Huhtikuu/2016



OULUN YLIOPISTO  
UNIVERSITY of OULU

TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

**OULUN JÄTEHUOLLON TOIMIALUEEN  
POLTTOKELPOISEN JÄTTEEN  
KOOSTUMUSTUTKIMUS**

Janne Kauppila

Ohjaajat: Antero Kiljunen, Juha Ahola

YMPÄRISTÖTEKNIikka

Kandidaatintyö

Huhtikuu/2016

# TIIVISTELMÄ

## OPINNÄYTETYÖSTÄ Oulun yliopisto Teknillinen tiedekunta

Koulutusohjelma (kandidaatintyö, diplomityö) Ympäristötekniikan koulutusohjelma		Pääaineopintojen ala (lisensiaatintyö)	
Tekijä Janne Kauppila		Työn ohjaaja yliopistolla Juha Ahola	
Työn nimi Oulun Jätehuollon toimialueen polttokelpoisen jätteen koostumustutkimus			
Opintosuunta Vesi- ja yhdyskuntatekniikka	Työn laji Kandidaatintyö	Aika Huhtikuu 2016	Sivumäärä 41
Tiivistelmä Tässä kandidaatintyössä tarkastellaan polttokelpoisen jätteen koostumusta Oulun Jätehuollon toimialueella ja vertaillaan saatuja tuloksia muualle Suomeen. Lisäksi työssä perehdytään kunnallisiin jätehuoltomääräyksiin sekä erilaisiin Suomessa käytettäviin jätteenpolttotekniikoihin.			

# SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

SISÄLLYSLUETTELO

1 MÄÄRITELMÄT .....	1
2 JOHDANTO .....	3
3 JÄTEHUOLTO OULUN ALUEELLA .....	9
3.1 Oulun Jätehuolto Oy .....	4
3.2 Jätehuoltomääräykset .....	5
3.3 Jätteen kierrätys ja keräys Oulun alueella .....	6
3.4 Laanilan ekovoimalaitos .....	8
4 POLTTOKELPOISEN JÄTTEEN ENERGIAHYÖDYNTÄMINEN .....	9
4.1 Historia .....	9
4.2 Yleistä .....	10
4.3 Arinapolttolaitos .....	11
4.4 Leijukerros poltto .....	13
4.5 Rinnakkaispolttolaitokset .....	14
5 POLTTOKELPOISEN JÄTTEEN LAJITTELUTUTKIMUS .....	16
5.1 Suunnittelu .....	16
5.2 Lajittelututkimuksen suorittaminen .....	18
6 TULOKSET JA TARKASTELU .....	21
6.1 Vertailu alueittain .....	24
6.2 Polttokelpoisen jätteen koostumus verrattuna muuhun Suomeen .....	27
7 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	31
8 LÄHDELUETTELO .....	33
9 LIITTEET .....	37

# 1 MÄÄRITELMÄT

## **Biojäte**

Sellainen jäte, joka hajoaa biologisesti, anaerobisesti tai aerobisesti. Kiinteä, eloperäinen maatuva aines. Lisänä esimerkiksi puu ja puusta tehdyt materiaalit, kuten paperi ja kartonki voidaan luokitella biojätteeksi.

## **Jaeluokitus**

Kategoriat, joihin lajittelututkimuksessa lajitellut jätteen jaetaan.

## **Kierrätyskelppoinen jäte**

Sellainen jäte, joka voidaan hyödyntää materiaalina tai raaka-aineena. Niitä ovat mm. metalli, lasi, paperi ja keräyskartonki.

## **Kokonaisnäyte**

Kaiken lajitellun jätteen yhteismassa.

## **Polttokelpoinen jäte**

Jäte, jota voidaan käyttää energiahyödyntämiseen jätevoimalassa yleensä polttamalla.

## **Vaarallinen jäte**

Jäte, joka on räjähdys- tai paloherkkä, tartuntavaarallinen, ympäristölle vaarallinen tai myrkyllinen.

## **Lajittelutaso**

Jätteet voidaan lajitella koostumustutkimusoppaan mukaan kolmeen eri tasoon jokaisessa kategoriassa. Esimerkiksi biojäte voidaan jakaa 2. tasolla keittiöjätteeseen ja puutarhajätteeseen ja puutarhajäte edelleen 3. tasolle muuhun puutarhajätteeseen sekä risuihin ja oksiin.

## **Hienoaines**

Lajittelupöydällä olevan seulan läpi pääsevä pienikokoinen jäte.

## 2 JOHDANTO

Polttokelpoisen jätteen lajittelututkimus päätettiin tehdä Oulun Jätehuolto Oy:n toimialueella Ruskon jätteenkäsittelykeskuksessa marras- ja joulukuun aikana. Tavoitteena tutkimuksella oli selvittää nykyinen polttokelpoisen jätteen koostumus Oulun alueella eli mitä se sisältää ja kuinka paljon. Polttolaitokseen toimitettava jäte tulee pääasiassa kotitalouksista, jolloin näytteet päätettiin kerätä kerrostaloalueelta ja pientaloalueelta. Lisäksi yksi näyte otettiin satunnaisnäytteenä väliaikaiselta polttokelpoisen jätteen sijoitusalueelta, jonne jäte välivarastoitettiin polttolaitoksen huoltoseisauksen ajaksi.

Tuloksia verrattiin keskenään eri kotitalousalueittain sekä muualla Suomessa tehtyjen tutkimustuloksien keskimääräisiin osuuksiin. Yhdyskunta- ja sekajätteen tutkimuksia on tehty Suomessa useita 2000-luvulla, mutta vertailua tutkimuksiin keskenään vaikeuttaa erilaiset tutkimusmenetelmät, jolloin tämä tutkimus pyrittiin tekemään Jätelaitosyhdistys ry:n tekemien ohjeiden mukaan tulosten vertailukelpoisuuden vuoksi.

Tämä lajittelututkimus tehtiin yksin käsin lajittelemalla noin 1 500 kg jätettä erilaisista kohteista. Tutkimustuloksilla saadaan selville kuinka paljon polttokelpoinen jäte sisältää erilaisia hyödynnettäviä ja kierrätyskelpoisia materiaaleja.

## **3 JÄTEHUOLTO OULUN ALUEELLA**

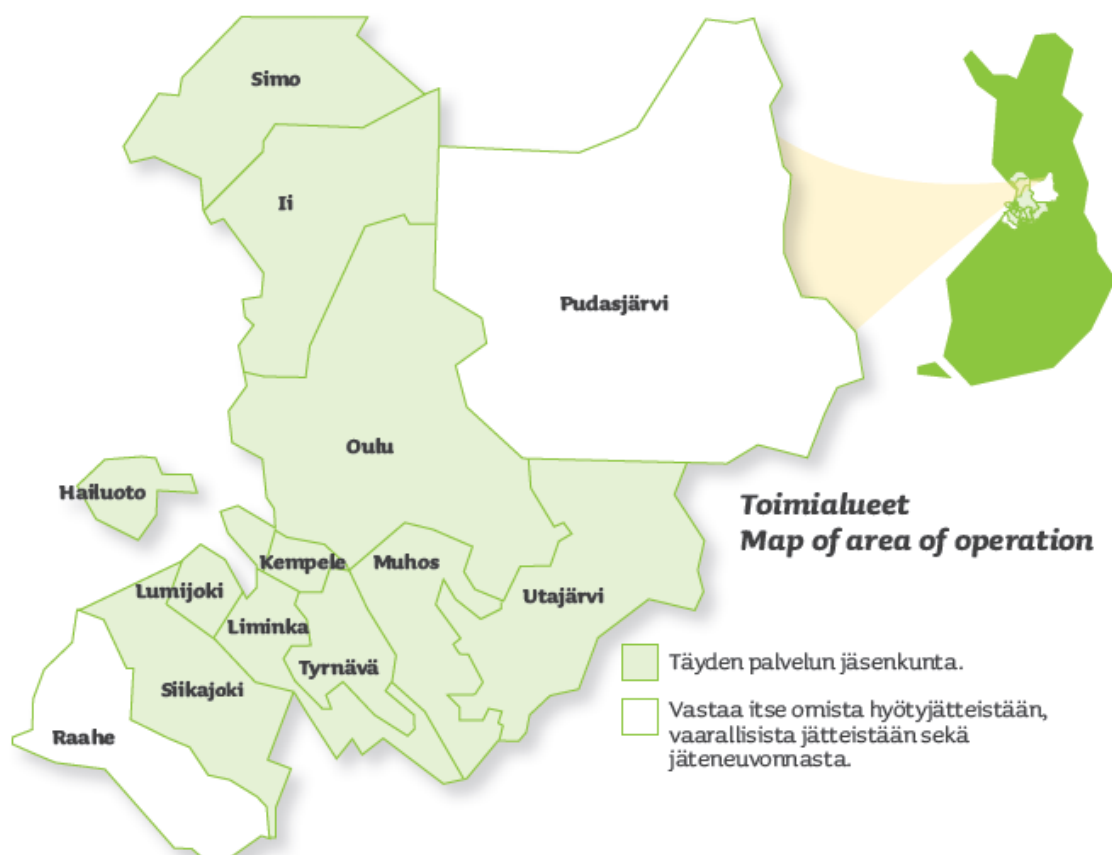
### **3.1 Oulun Jätehuolto Oy**

Oulun Jätehuolto (OJH) perustettiin yhtenä Oulun teknisen liikelaitoksen yksikkönä vuonna 1995 ja vuonna 2015 Oulun Jätehuolto yhtiöitettiin uuden kuntalainmuutoksen johdosta. Nykyään OJH:n toimialueeseen kuuluu 13 kuntaa, joille yhtiö tarjoaa erilaisia jätteenhuollon ja jäteneuvonnan palveluita. Pudasjärvi ja Raahe eivät kuulu täyden palvelun piiriin, vaan vastaavat esimerkiksi jäteneuvonnasta itse. Toiminta-alueeseen kuuluu noin 300 000 asukasta ja 120 000 kotitaloutta. (OJH 2014)

OJH on yksi Suomen kehittyneimpiä jätelaitoksia. Pelkän kaatopaikan lisäksi laitoksella sijaitsee mm. käsittelytoiminnot biojätteelle, seka- ja rakennusjätteelle, nestemäiselle jätteelle sekä öljyisille jätteille. Kehittyneisyyttä kuvaa myös se, että Oulun alueelta vuonna 2014 kaatopaikalle sijoitettiin ainoastaan 1,3 % osuus yhdyskuntajätteen kokonaisjättemäärästä. (OJH 2014)



Kuvassa 1 esitetty OJH:n toimialue.



Kuva 1. Oulun Jätehuolto Oy toimialue (Jääskä 2016)

### 3.2 Jätehuoltomääräykset

Suomessa kunnalliset jätehuoltomääräykset pohjautuvat jätelakiin. Jätelaki toimii perustana tehdessä jätehuoltomääräyksiä eri olosuhteet omaaville kunnille. Jätehuoltoviranomainen valmistelee ja hyväksyy kunnalliset jätehuoltomääräykset, mutta prosessin onnistumisen kannalta on tärkeää, että edustajia on mukana kaikista soveltamisalueen kunnista (esimerkiksi jätelaitos). Jätehuoltomääräyksillä voidaan näin ollen tarkentaa jätelain säännöksiä ja määräyksiä paikallisille olosuhteille sopivaksi. (kunnat1). Jätehuoltomääräykset koskevat kaikkia kaupungin tai kunnan asukkaita,

toimijoita tai elinkeinoharjoittajia, jotka kuuluvat kunnan järjestämän jätahuollon piiriin. Jätahuoltomääräyksiä tavoitteena on ohjata jätahuoltoa siten, että jätteen haitallisuus ja määrä vähenisi esimerkiksi vastaanottopalvelujen tarjoamisella, jäteneuvonnalla, kierrättämällä tai energiahyödyntämisellä. (Oulun kaupunki 2016)

Oulun seudulla kaikki asuinkiinteistöt kuuluvat jätteenkeräyksen piiriin tarkoittaen sitä, että jokaisen kiinteistön jätetastia(t) tulee tyhjentää määrätyin väliajoin jonkin toimiluvallisen jätteyrityksen toimesta. Tyhjennysvälit esimerkiksi polttokelpoisen jätteen astioille ovat tavallisesti 4-6 viikkoa. Kiinteistöillä tulee olla myös erikseen jättekatos, rakennus tai aitaus, joka mahdollistaa helpon ja turvallisen jätteenlajittelun sekä -keräyksen. Jätepisteessä olevien jätetastioiden tulee olla asiaankuuluvasti merkittyjä omille jätelajeille. (Oulun kaupunki 2016)

Suomessa jätahuoltomääräykset vaihtelevat jonkin verran kaupungeittain/kunnittain erityisesti hyötyjätteiden osalla, mikä on yksi tekijä polttokelpoisen jätteen koostumuseroissa. Eri hyötyjätteiden kerääminen toteutetaan joko huoneistojen määrän tai viikossa kertyvän minimimäärän mukaisesti; esimerkiksi biojätteen keräysastia on oltava, jos kiinteistössä enemmän kuin 4 huoneistoa tai paperinkeräysastia, jos sitä syntyy viikossa 10 kg tai enemmän. (Oulun kaupunki 2016, Alueellinen jätahuoltojaosto 2014, Turun kaupunki 2014)

### **3.3 Jätteiden kierrätys ja keräys Oulun alueella**

Jätteiden keräys muuttui voimakkaasti vuonna 2012 Laanilaan valmistuneen jätteenpolttolaitoksen ja vuonna 2013 tiukentuneiden jätahuoltomääräyksiä myötä. Vielä vuonna 2011 lähes puolet kotitalouksien yhdyskuntajätteestä toimitettiin loppusijoitettavaksi kaatopaikalle, mutta vuonna 2014 määrä oli enää 1,3 prosenttia. (OJH 2014)

Oulun Jätahuollon toimialueen eri kunnissa sijaitsee 8 jätetasemaa, joihin kerätään yleisimpien kotitalousjätteiden lisäksi myös vaarallista jätettä. Lisäksi eri puolilla Oulun aluetta sijaitsee 78 eri ekopistettä, joihin pienasiakkaat voivat tuoda mm. lasia, metallia ja kartonkia. Oulun Ruskossa sijaitsevan jätekeskuksen palveluihin kuuluu Oulun suurin

ekopiste eli Oiva-piste, joka on tarkoitettu kotitalouksien kierrätyskelpoisille ja vaarallisille jätteille maksutta. Oiva-pisteeseen kerätään esimerkiksi pahvia ja kartonkia, autonrenkaita, metallia, pienelektroniikkaa ja puuta. (OJH 2016) Vuonna 2014 hyötyjätteitä kerättiin yhteensä noin 29 000 tonnia kaikilta ekopisteiltä ja jäteasemilta. (OJH 2014, 2016). Oulun Jätehuolto kerää vaarallisia jätteitä myös autolla pelkästään Oulussa, jolloin auto saapuu jonnekin ennakkoon sovittuun paikkaan tilauksesta. (OJH 2016) Oulun Jätehuolto jakaa vuosittain jäteoppaan toimialueensa kotitalouksiin, jossa kerrotaan tarkemmat ohjeet jätteiden lajitteluun, lajittelupaikkoihin ja mahdolliset ilmaistuontimäärät tietyissä jätteissä.

Kotitalouksien jättepisteillä on eroja riippuen kiinteistön mallista, mutta nykyään jokaisella asuinkiinteistöllä tulee olla polttokelpoisen jätteen keräysastia. Lisäksi kaikilla asuinkiinteistöillä on sopimus jätteenkuljetuksesta jätehuoltoyrityksen kanssa. Asuinkiinteistöissä, joissa on vähemmän kuin neljä huoneistoa, riittää pelkästään polttokelpoisen jätteen astia. Jos huoneistoja on neljä tai enemmän, tulee jätetilassa olla lisäksi keräysastiat metallille, biojätteelle, paperille, lasille ja kartongille. (Oulun kaupunki 2015) Oulussa polttokelpoista jätettä kerää useat eri yritykset, jotka toimittavat jätteen suoraan Laanilan polttolaitokseen energiahyödynnettäväksi.

Alla olevassa listassa on selostettu kuinka eri hyötyjätteet lajitellaan Oulun alueella riippuen kiinteistöstä. (Oulun kaupunki 2016)

- Keräyspaperi: Kerättävä aina erikseen eikä saa laittaa polttokelpoisen jätteen joukkoon. Keräys joko aluekeräyspisteisiin tai kiinteistön tarjoamaan keräyspaperiastiaan.
- Biojäte: Kun kiinteistö sisältää neljä (tai enemmän) asuinhuoneistoa, on kiinteistöllä oltava erilliskeräysastia biojätteelle. Pienemmillä kiinteistöillä omatoiminen biojätteen kompostointi on suotavaa.
- Keräyskartonki: Kun kiinteistö sisältää 4 (tai enemmän) asuinhuoneistoa, on kiinteistöllä oltava sille erilliskeräysastia. Pienempien kiinteistöjen tulee toimittaa keräyskartonki aluekeräyspisteisiin

- Keräyslasi: Kiinteistön sisältäessä 4 (tai enemmän) asuinhuoneistoa, keräyslasille on oltava erilliskeräysastia. Tätä pienemmät kiinteistöt toimittavat lasin aluekeräyspisteisiin.
- Pienmetalli: Kiinteistön sisältäessä 4 (tai enemmän) asuinhuoneistoa, pienmetalli kerätään omaan keräysastiaan. Pienempien kiinteistöjen pienmetalli toimitetaan aluekeräyspisteisiin.

### 3.3 Laanilan ekovoimalaitos

Laanilassa toimiva ekovoimalaitos tuottaa energiaa, sähköä ja kaukolämpöä Oulun energialle sekä prosessihöyryä lähellä sijaitsevan Kemiran tehtaan käyttöön. Laitos käynnistettiin vuonna 2012 ja sen mitoitettu vuotuinen polttomäärä on 140 000 tonnia. Ekovoimalaitokselle tuotavasta jätteestä noin puolet tulee Oulun Jätehuollon toimialueelta ja loput Pohjois- ja Itä-Suomesta suurempina yhteiskuljetuksina. Laitos onkin ollut pelastava tekijä monen kunnan jätehuolto-ongelmiin. Laitokselle tuodaan päivittäin kymmenkunta suurempaa jätekuljetusta ja 30-40 jäteautoa. (Agarth 2013)

Ekovoimalaitoksella on 9 000 m<sup>3</sup> suuruinen jätebunkkeri, jonne jätteet kuljetetaan ennen polttoa. Bunkkerin tilavuus vastaa noin viikon jätemäärää, joten jätettä ei tarvitse varastoida missään vaiheessa ulkona. Jätteenpolttolaitoksen seisokkien aikaan jätteet paalataan myöhempää polttoa varten Ruskon jätekeskuksessa. Laanilassa jätteenpoltossa käytetään arinatekniikkaa, jolloin säästytään jätteen käsittelyltä ennen polttoa. (Agarth 2013)

Teknisiä tietoja:

- Jätteenpolton kapasiteetti 140 000 tonnia/vuosi
- Maksimi höyryntuotto 16,3 kg/s
- Polttoaineteho 47,9 MW
- Vuotuinen käyttöaika 8 000 tuntia

## **4 POLTTOKELPOISEN JÄTTEEN ENERGIAHYÖDYNTÄMINEN**

### **4.1 Historia**

1800-luvulla hygienian ja ihmisten terveyden välillä huomattiin yhteys. Huomattiin, että bakteerien leviäminen levitti myös tauteja epäpuhtaissa oloissa, joten tarve kehittää ensimmäisiä jätteenpolttolaitoksia nousi voimakkaasti. Ensimmäinen täysin toimiva jätteenpolttolaitos valmistui Englantiin Manchesteriin vuonna 1876, jolloin jäte jouduttiin syöttämään käsin panostamiseen polttimeen. (Chandler & Eighmy 1997)

Aluksi polttolaitoksia sijaitsi yleensä vain urbaaneilla alueilla, jolloin maaseuduilla vielä kompostoitii biojäte ja muu jäte sijoitettiin kaatopaikalle. Toisen maailmansodan jälkeen lasi- ja tinapakkauksia alettiin korvaamaan paperi- ja muovipakkauksilla, joten yhdyskuntajätteen lämpöarvot nousivat selkeästi. Lisäksi myös kasvaneen yhdyskuntajätteen määrä ohjasi kehitystä siihen, että 60- ja 70-luvuilla aloitettiin rakentaa lisää uusia polttolaitoksia. Erilaisia patentteja jatkuvatoimisista polttolaitoksista luotiin jo 1920-luvulla, mutta yksi merkittävimmistä oli tanskalaisen Vølundin patentoima luomus. Sen suorituskyky nousi selvästi aiempiin laitoksiin verrattuna, koska se sisälsi koneelliset, taipuisat raastimet. Raastimet jauhoivat jätteen pienemmäksi ja tällöin palaminen tapahtui vakaana korkeammassa lämpötilassa. (Chandler & Eighmy 1997)

1960-luvulle siirtyessä polttolaitokset olivat kehittyneet selvästi, mutta niiden päästöihin ei oltu kiinnitetty juurikaan huomiota. Ihmisten kasvanut ympäristötietoisuus johti siihen, että polttolaitoksien päästöjä, kuten raskasmetalleja ja dioksiineja, tuli rajoittaa. Tässä onnistuttiin kuitenkin vasta 1980-luvun lopulla, joten uusia jätteenpolttolaitoksia ei rakennettu. Esimerkiksi Ruotsissa jätteiden poltto keskeytettiin vuonna 1986. Tällöin teollisuuden oli reagoitava nopeasti ja uusia savukaasusuodattimia alettiin kehittää. Suodattimien kehitys oli niin valtaisa, että Maailman Terveysjärjestö (World Health Organisation) luokitteli savukaasun olevan vaaratonta ihmisille sekä ympäristölle. (Chandler & Eighmy 1997, Kleis & Dalager 2004)

## 4.2 Yleistä

2000-luvulla tiukentuneiden EU-direktiivien mukaan jätteitä saadaan sijoittaa kaatopaikalle entistä vähemmän ilmastonmuutoksen vähentämiseksi sekä kohonneiden energiakustannuksien takia kiinnostus hyödyntää jätettä energiana on noussut. Sen takia jätteenpolttoto onkin nykyään suosituin loppukäsittelymuoto. Jätteiden polttomekanismeja on useita, mutta ne voidaan lajitella karkeasti kahteen eri kategoriaan: polttomekanismeihin, jotka hyödyntävät arinatekniikkaa sekä rinnakkaispolttoon, jossa jätteistä jalostettua kierrätyspolttainetta poltetaan muiden polttoaineiden seassa. (Tsupari & Soimakallio 2008)

Rinnakkaispolttota käyttäen saadaan parempi hyötysuhde sähköntuotannossa kuin käsittelemättömän jätteen poltossa, mutta jätteiden jatkojalostaminen taas kuluttaa energiaa ja osa jätteen sisältämästä energiasta jää käyttämättä. (Tsupari & Soimakallio 2008)

Jätteenpolttamisella on myös muitakin etuja, kuten sijoitettavan jätteen määrän vähentäminen kaatopaikalle. Poltossa jätteen tilavuus laskee noin 90% ja massa noin 70%. Poltetu jäte ei myöskään enää hajoa biologisesti, joten se on turvallista sijoittaa kaatopaikalle. Jätteenpolton seurauksena syntyvälle tuhkalle (bottom ash) on kehitetty erilaisia käyttömahdollisuuksia ja sitä voidaan käyttää esimerkiksi betonin valmistuksessa. (Tyrer 2013)

Tänä päivänä Suomessa toimii jätteenpolttolaitoksia kuudella eri paikkakunnalla: Oulussa, Vaasassa, Lahdessa, Riihimäellä, Kotkassa ja Vantaalla. Sen lisäksi kolme uutta voimalaitosta on valmistumassa Tampereelle, Leppävirralle sekä Saloon. Turun Orikedossa sijainnut jätteenpolttolaitos oli pitkään Suomen ainoa polttolaitos, joka suljettiin vuonna 2014. (Pöyry Management Consulting Oy 2015) Nykyään suurin osa Suomen jätteenpolttokapasiteetista on valmistunut vuoden 2012 jälkeen ja se näkyy rajuna laskuna kaatopaikalle sijoitettavan jätteen määrässä, sillä vuonna 2008 vielä noin 50 % tuotetusta jätteestä loppusijoitettiin kaatopaikalle. Vuonna 2014 polton määrä on noussut 50 % prosenttiin ja kaatopaikalle sijoitetun jätteen määrä laskenut noin 18 %:iin. Tämä tarkoittaa, että vuonna 2014 syntyneestä 2,6 miljoonasta tonnista

yhdyskuntajätettä 1,3 miljoona tonnia poltettiin ja 460 000 tonnia loppusijoitettiin kaatopaikalle. Loput tuotetusta yhdyskuntajätteestä eli 856 000 tonnia (32 %) kierrätettiin. Näitä jätteitä olivat esimerkiksi metallit, sähkölaitteet, keittiön biojätteet ja paperit. Tämä tarkoittaa, että merkittävä määrä, jopa 83 %, syntyneestä yhdyskuntajätteestä voidaan hyödyntää Suomessa. (SVT 2014)

Syntyneen jätteen määrän vähentäminen tehdään pääasiallisesti lämpökäsittelyllä ja erilaisia polttotapoja ja -laitoksia on kehitetty lähes jokaiselle jätelajikkeelle. Näitä ovat mm. yhdyskuntajäte (käsitellyt, ei-käsitellyt), ongelmajätteet ja lietejätteet. Kuten aiemmin mainittu, yhdyskuntajätettä poltetaan useilla erilaisilla polttolaitoksilla, kuten arina- ja leijupetilaitoksilla. (Laine-Ylijoki & Mroueh 2005)

#### **4.4 Arinapolttolaitos**

Arinatekniikka on yksi vanhimmista ja eniten käytetyistä kiinteän jätteen polton muodoista. Arinapolton etuna on, että jätteitä ei tarvitse esikäsitellä ennen polttoa, vaan jäte voidaan syöttää suoraan polttoarinaan. Polttoarinanoita on useita erilaisia, kuten mäntäarina, ketjuarina, täryarina ja jäähdytetty arina. Jätteen siirtämisen lisäksi kaikki arinat sekoittaa ja annostelee poltettavaa jätettä sekä arinoiden avulla voidaan säätää polttokammiossa tapahtuvaa palamisprosessia. Eri arinat eroavat toisistaan pääasiassa, kuinka ne siirtävät jätettä. (Laine-Ylijoki & Mroueh 2005)

Palaminen arinalla noudattaa kaikkia palamisen pääsääntöjä eli palaminen koostuu eri vaiheista, joita ovat kosteuden poistuminen jätteestä, pyrolyysi sekä haihtuvien ja jäännöshiilen palaminen. Poltettava jäte käy nämä vaiheet järjestyksessä polttokammiossa. (Raiko & Saastamoinen 2002)

Arinalla on aina eri palamisvaiheissa olevia kappaleita jatkuvan uuden materiaalin syötön takia. Lisäksi suurten kappaleiden sisäpuoli voi olla täysin palamatonta materiaalia, kun taas pintakerroksen hiili on jo palamistilassa. Samaan jäteluokitukseen luokiteltujen kiinteiden jätteiden kosteuspitoisuudet voivat poiketa paljon toisistaan, jolloin kosteuspitoisuudet voivat vaihdella 10 prosentista jopa 60 prosenttiin, joka on

merkittävä tekijä arinan suunnittelussa. Tällöin arinapinnasta ja tulipesätilasta suurin osa menee kuivattamiseen. Tulipesän keskimääräinen lämpötila laskee kuivattamisen takia, jolloin myös palamistuloksen kannalta jätteen kuivumiseen tarvittava aika tulisi olla mahdollisimman lyhyt. Ratkaisuna tähän voidaan käyttää mm. kappaleiden raekoon pienentämistä eli haihtumispinnan kasvattamista. Raekoon pienentämisen lisäksi polttokammioon voidaan johtaa lämmitettyä palamisilmaa. (Raiko & Saastamoinen 2002)

Polttokammio koostuu yleensä seuraavista perusosista: arinasta, tulipesän jäähdyttämättömistä ja jäähdytetyistä seinistä, katosta tai polttokammion päällä sijaitsevasta lämmityskattilan seinämästä. Yksityiskohdat voivat muuttua riippuen poltettavasta materiaalista sekä arinan tyypistä. (Laine-Ylijoki & Mroueh 2005)

Pyrolyysivaiheessa jättemateriaali kuluu. Arinan alaosaan tulee syöttää ns. primääri-ilmaa, jonka tehtävänä on jäähdyttää säiliötä sekä tuoda happea palamiseen. Arinaa voidaan jäähdyttää myös vedellä, jolloin vesikierto on integroitu kattilan vedenkiertoon. Sekundääri-ilmaa johdetaan puolestaan polttokammioon, jonka avulla jäte saadaan palamaan täydellisesti ja polttokaasut sekoittuvat. (Laine-Ylijoki & Mroueh 2005) Täten ilman tehokas sekoittuvuus on lopputuloksen kannalta olennainen osa, koska jäte palaa arinatekniikalla diffuusioliekillä. (Raiko & Saastamoinen 2002)

Jätteestä poistuu myös erilaisia haihtuvia, kuten hiilidioksidia ja nestemäisiä terva-aineita pyrolyysivaiheessa. Laitteistomitoituksessa on tärkeää huomioida esimerkiksi tuhkanpoisto, sillä haihtuvien syntynyt määrä on kääntäen verrannollinen pohjatuhkan määrään. (Raiko & Saastamoinen 2002)

Kun jätteestä on jäljellä enää kiinteässä muodossa oleva hiili, joka palaa pinnalta liekittömänä riittävän lämpötilan ja hapen läsnäollessa, vaihetta kutsutaan jäännöshiilen palamisvaiheeksi. Jäännöshiilen palamisvaihe on huomattavasti hitaampi kuin pyrolyysivaihe, joten se tarvitsee suuremman määrän arinapintaa. Suurin osa jätteen poltossa syntyneestä tuhkasta poistetaan arinapoltossa tulipesätuhkana, jolloin tuhkaa ei sekoitu savukaasuun, kuten esimerkiksi leijupoltossa. Näin palamishyötysuhde on



parempi jäännöshiilen palamisvaiheessa. (Raiko & Saastamoinen 2002) Tuhkasta erotellaan jätteen mukana tullut palamaton lasi ja metalli, jotka toimitetaan jatkokäsittelypaikkoihin. (Jätelaitosyhdistys ry 2016)

Yhdyskuntajätteen arinapoltossa syntyy useita erilaisia haitallisia päästöjä, esimerkkinä hiilimonoksidi, erilaiset hiilivedyt ja rikkioksidi. Hiilivety- ja hiilimonoksidipäästöt syntyvät, kun palaminen ei ole täydellistä. Arinapoltossa olennaisia tekijöitä näiden päästöjen syntymiselle ovat kaasujen sekoittuminen, viipymäaika ja lämpötilat. Arinapoltossa arinan ja siihen kuuluvan tulipesän eri osissa syntyy lämpötilaeroja, joka korostuu eritoten jätteiden ollessa kosteita, josta seuraa epätäydellinen palaminen. (Raiko & Saastamoinen 2002)

#### **4.5 Leijukerros poltto**

Leijukerros poltto on yksi maailman tärkeimmistä ympäristöystävällisistä polttomenetelmistä ja Suomi on ollut yksi maailman johtavia maita eri leijupolttosovelluksien kehittäjänä. Leijukerros polttoa käytetään yleensä silloin, kun polttoaineet ovat hyvin huonolaatuisia ja vaihtelevia, mikä on etu moniin muihin polttimiin verrattuna. Muina etuina leijuskerros polttoon voidaan pitää sen vähäisiä päästöjä ja edullista rikinpoistoa. (Raiko & Saastamoinen 2002)

Polttolaitteistossa on tyypillisesti pystysuora, tulenkestävä säiliö, jossa palaminen tapahtuu. Säiliön pohjalle on lisätty jotain rakeista ainesta, kuten hiekkaa tai kalkkikiveä, joka muodostaa ns. patjan. (Laine-Ylijoki & Mroueh 2005) Leijukerros poltto voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla: kuplivassa leijukerrosessa eli ns. kerrosleijupolttossa tai kierrosleijukerrosessa. Aiemmin mainitussa leijuhiukkaset eivät poistu leijukerroksesta, mutta kierto leijutusessa hiukkaset poistuvat leijukerroksesta leijutuskaasun mukana ja ne johdetaan takaisin erottimen kautta (esim sykloni), jotta jatkuvuustila saadaan aikaiseksi. (Raiko & Saastamoinen 2002)

Leijutila polttimeen syntyy, kun kaasua puhalletaan pohjalla olevien hiukkasten läpi tietyllä nopeudella. Nopeus, jolla leijuminen alkaa, kutsutaan minimileijutusnopeudeksi.

(Raiko & Saastamoinen 2002)

Polton aikana leijukerroksen lämpötila molemmilla tavoilla on 750 - 950 °C välillä, mutta muita prosessin käyttöön liittyviä eroja näiden tapojen välillä on olemassa. Leijutushiukkasten koko on suurempi kuplivassa leijupoltossa, jolloin raekokona käytetään noin 1,0 mm. Tällöin leijutusnopeus vaihtelee 1-3 m/s välillä. Kiertoleijupoltossa leijutushiukkasten kokona käytetään noin 0,5 mm, jolloin leijutusnopeudeksi saadaan 8-10 m/s. (Raiko & Saastamoinen 2002)

Polton tapahtuessa säiliössä, jäte syötetään polttimeen pumpulla, jolloin syötetty jäte sekoittuu nopeasti leijuhiukkasten kanssa. Polton seurauksena syntyneet kaasut jäävät säiliön yläosan ja leijukerroksen väliin sijaitsevaan tyhjään tilaan, jolloin ne kerätään erilleen poistoputken avulla. Poltossa syntynyt lämpö voidaan kerätä joko kaasujen poistoputkesta tai leijukerroksesta. Leijupoltto on myös hyvin vakaa prosessi, sillä happipitoisuus ja lämpötila ovat tasaisesti jakautuneet leijukerrokseen. (Laine-Ylijoki & Mroueh 2005)

Kiertoleijutekniikalla palamisen hyötysuhde saadaan yleensä korkeammaksi sekä typpi- ja rikkidioksidipäästöt ovat alhaisemmat. Yksinkertaisemman kuplivan leijukerroksen etuina ovat halvempi hinta ja se soveltuu hyvin myös märille polttoaineille. (Raiko & Saastamoinen 2002)

#### **4.6 Rinnakkaispolttolaitokset**

Ennen varsinaisia jätteenpolttolaitoksia merkittävin tapa jätteiden energiahyödyntämiseen oli rinnakkaispoltto. Yhdyskuntajätteiden polton määrä rinnakkaislaitoksilla kuitenkin laski jyrkästi ja useat laitokset lopettivat jätteiden käytön polttoaineena. Tämä johtui tiukentuneiden jätteenpolttoasetuksien takia, sillä jätteenpolttodirektiivin mukaan savukaasuja tuli monitoroida tarkasti ja syntyville haitta-aineille asetettiin tiukat raja-arvot. Näin ollen liian suuret investointikustannukset tehokkaisuuteen puhdistusjärjestelmiin johti tähän kehitykseen. (Pöyry Management Consulting Oy 2012)

Vuonna 2012 arviolta 300 000 - 400 000 tonnia yhdyskuntajätettä poltettiin rinnakkaispolttolaitoksilla. Kierrätyspolttoaineiden käyttöön on Suomessa ympäristölupa noin 10 laitoksella ja ne käyttävät yleensä vain teollisuudessa syntyvää hyvin poltettavaksi soveltuvaa, tasalaatuista jätettä. Kuitenkin rinnakkaispolton määrään vaikuttaa eniten tarjolla olevien kierrätyspolttoaineiden saatavuus ja hinta verrattuna esimerkiksi biopolttoaineisiin, kuten turpeeseen. (Pöyry Management Consulting Oy 2012)

Suurena erona jätteenpolttolaitosten ja rinnakkaispolttolaitosten välillä on kuka maksaa jätteestä. Rinnakkaispolttolaitoksilla jätettä poltetaan muiden polttoaineiden seassa ja se tulee yleensä käsitellä ennen polttoa (esim. murskata). Lisäksi rinnakkaislaitokset polttavat vain vähän kotitalouksien yhdyskuntajätettä, joten jäte tulee yleensä teollisuuslaitoksilta. Kierrätyspolttoaineet ovat yleensä jonkin siihen erikoistuneen yrityksen käsittelemiä, joten kierrätyspolttolaitokset maksavat jätteestä. (Pöyry Management Consulting Oy 2012) Jätteenpolttolaitoksilla poltetaan pääasiallisesti kotitalouksien yhdyskuntajätettä, jolloin jätteen tuojat maksavat polttolaitokselle tuomastaan jätteestä. Näin olleen jätteenpolttolaitos saa tuottoa vastaanottamastaan jätteestä ja sen polttamisesta saadusta energiasta. (Pöyry Management Consulting Oy 2012)

## **5 POLTTOKELPOISEN JÄTTEEN LAJITTELUTUTKIMUS**

### **5.1 Suunnittelu**

Tutkimusta alettiin suunnittelemaan syksyllä 2015, jolloin Laanilassa sijaitsevalla jätteenpolttolaitoksella oli huoltoseisaus. Jätehuollon kehittämisen kannalta oli tärkeää tietää polttokelpoisen jätteen koostumus ja kuinka paljon se vielä sisältää kierrätyskelpoista materiaalia. Tutkimuksen pohjana käytettiin Jätelaitosyhdistyksen (JLY) vuonna 2014 valmistamaa sekajätteen tutkimusopasta. Ajankohdaksi valitsimme marras-joulukuun vaihteen, sillä tutkimus oli luotettavuuden kannalta tärkeää tehdä ennen lomakautta ja juhlapyhiä. Lomakaudet vaikuttavat vääristävästi jätteen koostumukseen ja kertymään ja mm. tuloksia vääristävää puutarhajätettä ei käytännössä esiinny tähän vuoden aikaan polttokelpoisen jätteen joukossa. Tutkimuspaikaksi valittiin lämmin halli vuodenajasta johtuen. Aikaa tutkimukselle varattiin 2-3 viikkoa riippuen seisauksen pituudesta ja käsiteltävän jätteen määrästä. Itse lajittelutyön tein yksin, joten arvioimme 1,5 t:n lajittelussa menevän aikaa noin 10 - 15 päivää.

Seuraavaksi määriteltiin millä lajittelutasolla jätteet halutaan lajitella. Päädyimme käyttämään 2. lajittelutasoa, jotta saamme tutkimuksesta tarkempaa tietoa. Toiseen lajittelutasoon kuuluu 27 eri luokkaa alla olevan taulukon 1 mukaisesti.

1.taso(11 luokkaa)	2. taso (27 luokkaa)	3. taso (38 luokkaa)
1. Biojäte	1.1 Keittiöjäte 1.2 Puutarhajäte 1.3 Muu biojäte	Keittiöjäte 1.2.1 Risut ja oksat 1.2.2 Muu puut.jäte  Muu biojäte
2. Paperi	2.1 Paperipakkaukset 2.2 Muu paperi	Paperipakkaukset 2.2.1 Tuottajavastuun alainen keräyspaperi 2.2.2 Muu paperi
3. Kartonki ja pahvi	3.1 Kartonkipakkaukset 3.2 Pahvipakkaukset  3.3 Muu kartonki ja pahvi	3.1.1 Alumiinipinnoitetut kartonkitölkit 3.1.2 Muut kartonkipakkaukset Pahvipakkaukset  Muu kartonki ja pahvi
4. Puu	4.1 Puupakkaukset 4.2 Kyllästetty puu 4.3 Muu puu	Puupakkaukset Kyllästetty puu 4.3.1 Rakennus- ja purkupuu 4.3.2 Muu puu
5. Muovit	5.1 Muovipakkaukset 5.2 Muu muovi	5.1.1 Kovamuovipakkaukset 5.1.2 Kalvomuovipakkaukset 5.2.1 Muu kovamuovi 5.2.2 Muu kalvomuovi
6. Lasi	6.1 Lasipakkaukset 6.2 Muu lasi	Lasipakkaukset Muu lasi
7. Metall	7.1 Metallipakkaukset 7.2 Muu metalli	7.1.1 Alumiinipakkaukset 7.1.2 Muut metallipakkaukset Muu metalli
8. Tekstiilit ja jalkineet	8.1 Jalkineet ja laukut 8.2 Muut tekstiilit	Jalkineet ja laukut 8.2.1 Vaatteet 8.2.2 Muut tekstiilit
9. Sähkölaitteet ja akut	9.1 Sähkölaitteet  9.2 Paristot ja pienakut 9.3 Ajoneuvoakut	9.1.1 Loisteputki-, energiansäästö- ja LED-lamput 9.1.2 Muut sähkölaitteet Paristot ja pienakut Ajoneuvoakut

10. Vaaralliset kemikaalit	10.1 Lääkkeet 10.2 Muut vaaralliset kemikaalit	Lääkkeet Muut vaaralliset kemikaalit
11. Sekalaiset jätteet	11.1 Sekalaiset pakkaukset 11.2 Vaipat ja siteet 11.3 Muut sekalaiset jätteet	Sekalaiset pakkaukset Vaipat ja siteet  11.3.1 Muut polttokelpoiset jätteet 11.3.2 Kiviainekset 11.3.3 Muut polttokelvottomat jätteet

*Taulukko 1, Lajittelutasot (mukaillen Toivonen & Sahimaa 2014)*

## 5.2 Lajittelututkimuksen suorittaminen

Lajittelututkimus aloitettiin Ruskossa Oulun Jätehuollon jätelaitoksella perjantaina 30.11.2015 ja se päättyi maanantaina 14.12.2015. Lajittelutyötä tehtiin joka päivä viitenä päivänä viikossa yleensä iltaisin. Tutkimuksessa tuli käyttää suojavarustusta, johon kuuluivat turvakengät, kertakäyttöhaalari, työvaatteet haalarin alla, viiltosuojakäsineet (joiden alla kumihansikkaat), suojalasit ja P3-luokan hengityssuojain. P3-luokan suojain estää pölyn lisäksi esimerkiksi haitallisten homepölyjen ja bakteerien pääsyn hengityselimistöön.

Kuvasta 2. nähdään miten tutkimuksen alkujärjestelyt toteutettiin.



*Kuva 2. Lajitteluhalli ja alkujärjestelyt*

Ennen varsinaista lajittelutyötä valmisteltiin lajittelupaikka. Lajittelututkimus tehtiin lämmitetyssä hallissa vuodenaikasta johtuen. Hallin lattialle levitettiin kaksi kevytpeitettä siisteyden ja jätteen helpomman käsittelyn vuoksi. Lajitteluastioina käytettiin 10-litran ämpäreitä, suurempia harmaita laatikoita ja 600-litran roska-astioita. 10-litran astiat sijaitsivat lajittelupöydällä ja niihin kerättiin yleisimmät jätejakeet. Kaikkien lajitteluastioiden tyhjäpaino punnittiin, jolloin punnituksessa jätteen massa saatiin selville vähentämällä astian tyhjäpaino koko massasta. Vaakoina käytettiin 55cm\*55cm kokoista Kern EOB tasovaakaa ja Rocla-pumppukärriyaakaa. Tasovaa'alla punnittiin 10-litran astiat ja Roclalla suuremmat astiat. Lajittelupöytä koostui normaalista pöydästä, jonka päällä oli metalliritilä suljetun korokkeen päällä.

Kuvassa 3. on esitetty tutkimuksessa käytetty suojaruostus ja lajittelupiste.



*Kuva 3. Suojaruostus ja lajittelupöytä*

Ensimmäinen näyte otettiin sovitusti kerrostaloalueelta kerätystä polttokelpoisesta jätteestä. Näytteestä otettiin pyöräkuormaajalla sopiva otos, noin 500 kg, joka kuljetettiin halliin lajiteltavaksi. Näytteestä kerättiin kerrallaan muutama jättepussi lajittelupöydälle, jonka jälkeen pussit aukaistiin veitsellä ja kaadettiin lajittelupöydän päälle, jolloin hienoaines valui metalliritilän läpi ja jäljelle jäänyt jäte lajiteltiin oikeisiin astioihin käsin. Lajittelupöydällä sijaitsevien ämpäreiden täytyessä ne punnittiin vaa'alla, tyhjennettiin suurempiin astioihin ja merkittiin lukema ylös. Jotkut jätelajikkeet tyhjennettiin niiden suuren määrän vuoksi suoraan joko 600-litran astioihin tai harmaisiin laatikoihin, joiden täyttymisen jälkeen ne punnittiin Roclalla ja jätteen massa kirjattiin ylös. Hienoaines kerättiin metalliritilän alta punnittavaksi aina, kun lajittelupöydän puukehikko täyttyi. Kun kaikki jätepussit oli lajiteltu, jäljelle jääneet jätteet lapioitiin pöydälle lajiteltavaksi. Jäte oli järjestään märkää, joten esimerkiksi paperit olivat kiinnittyneet muihin jätteisiin ja niitä oli vaikea erottaa. Erottelu pyrittiin kuitenkin tekemään tarkasti vaikka se aikaa veikin.

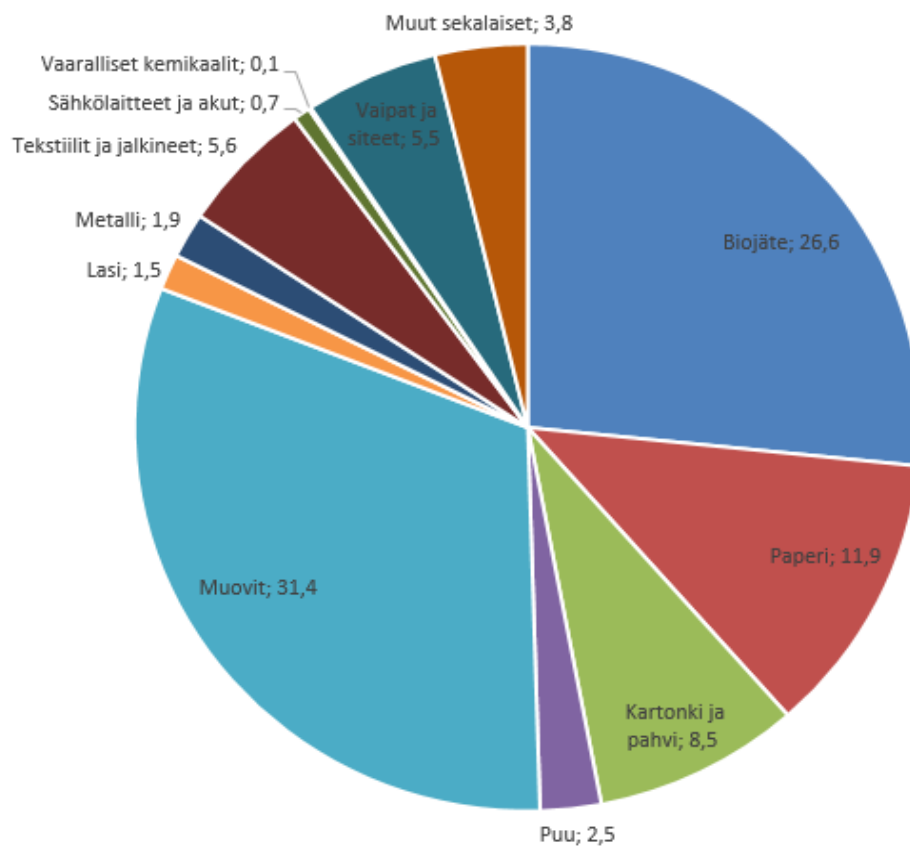
Toinen näyte oli satunnaisnäyte, josta otettiin noin 500 kg otos pyöräkoneella polttokelpoisen jätteen purkualueelta tietämättä alkuperää. Kolmas näyte kerättiin



pientaloalueelta, jotta saatiin vertailukelpoista tietoa erilaisten alueiden polttokelpoisen jätteen koostumuksesta. Kolmannesta näytteestä otettiin myös noin 500 kg otos.

## 6 Tulokset ja tarkastelu

Lajittelututkimuksessa lajiteltiin yhteensä 1403,9 kg jätettä. Lajiteltu jäte sisälsi synnyinpaikasta riippumatta eniten muoveja ja biojätettä, jonka pystyi selkeästi huomaamaan jo tutkimusta tehdessä. Polttokelpoisen jätteen koostumus määräytyi tutkimuksessa käsinlajiteltujen jätteiden ja hienoaineksen perusteella. Kaaviossa 1 on esitetty keskimääräiset polttokelpoisen jätteen prosentiosuudet ensimmäisellä tasolla.



*Kaavio 1. Polttokelpoisen jätteen koostumus prosentteina OJH:n alueella*

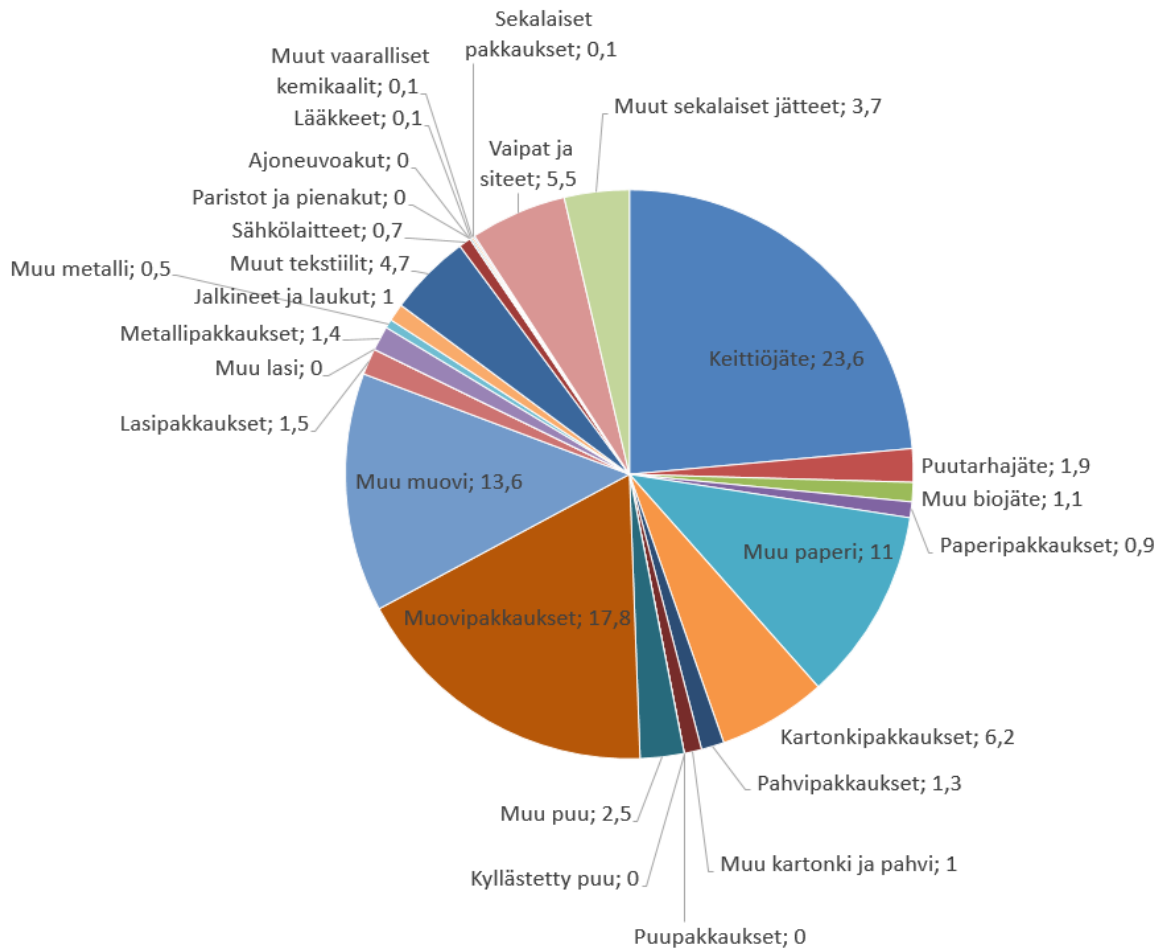
Huomattavaa on eräiden kierrätyskelpoisten materiaalien vähäisyys jätteen joukossa. Kokonaisuudessaan lajiteltu jäte sisälsi elektronisia laitteita ja akkuja, metallia ja lasia yhteensä vain 4,1 %, mikä viestii jätteen tuottajien kierrätystietoisuudesta. Vaarallisia

kemikaaleja, kuten lääkkeitä, maaleja ja liuottimia esiintyi vain 0,1 % kokonaisjätteenmäärässä. Nykyinen muovien polttohyödyntäminen ja siitä informoiminen Oulun Jätehuollon alueella selittää muovien suuren määrän jätteessä (31,4 %). Paperia, pahvia ja kartonkia lajiteltu jäte sisälsi 20,4 % eli noin viidenneksen koko jätteestä. Näillä materiaaleilla on selkeät kierrätysmahdollisuudet, mutta niiden suuri määrä polttokelpoisen jätteen joukossa johtunee tietoisuudesta niiden kelpaavan poltettavaksi. Lisäksi ko. jätejakeet voivat olla likaisia, jolloin niitä on vaikea kierrättää.

Tutkimuksessa lajiteltu kokonaisbiojättemäärä sisälsi enimmäkseen elintarvikkeita, jonka seassa oli paljon syömiskelvollista materiaalia, kuten leipää ja vihanneksia. Biojäte sisälsi myös hieman puutarhajätettä. Tutkimuksessa kerättyä hienoaainesta esiintyi yhteensä 170,2 kg. Hienoaines sisälsi pääasiassa biojätettä (kahvinmuruja) ja pieniä muoviosia. Biojätteen osuus olisi ollut selvästi suurempi tuloksissa, jos hienoainesta ei olisi otettu tutkimuksessa huomioon. Tutkimuksen aikana huomattiin, että biojätepitoisuus hienoaineksessa oli noin 90 %. Näin ollen, jos hienoaineksen sisältämän biojätteen massa lisättäisiin biojätteen jätejakeeseen, olisi biojätteen kokonaismäärä ollut  $373,2 \text{ kg} + 170,2 \text{ kg} \cdot 0,90 = 526,38 \text{ kg}$ . Biojätettä oli siis hienoaineksessa noin  $0,9 \cdot 170,2 \text{ kg} = 153,18 \text{ kg}$ . Tämä tarkoittaa sitä, että ilman hienoaineksen lajittelua biojäte olisi ollut suurin jätejake ja kokonaisnäytteen biojätteen osuus olisi ollut 26,6 % sijasta 33,8 %. Tällä tarkastelutavalla muovien osuus olisi silloin toiseksi suurin eli 28,3 %.

Sekalaisten jätteiden määrä kokonaisnäytteessä oli 9,3 %, josta suurin osa oli vaippoja ja siteitä. Kaavioihin on avattu sekalaisten jätteiden jake vaippojen ja siteiden osalta lisäinformaation takia ja niitä käsitellään tuloksissa myöhemmin.

Kaaviossa 2 on esitetty lajitellun jätteen keskimääräisiä (%) osuuksia toisella lajittelutasolla.



*Kaavio 2. Polttokelpoisen jätteen koostumus 2. lajittelutasolla.*

Suurimman osuuden muodostaa selkeästi keittiön biojäte (23,6 %) ja muovipakkaukset (17,8 %). Kotitalouksien polttokelpoisesta jätteestä yli puolet muodostuu pelkästään muoveista ja biojätteistä. Muovien vähäisempi käyttö pakkausmateriaalina ja biohajoavien pakkausmateriaalien käyttö niiden sijaan vähentäisi selvästi kotitalouksien jätteessä esiintyvän muovin määrää.

Ihanteellisessa tapauksessa jäte, joka viedään kotitalouksista polttolaitoksiin, koostuisi pelkästään polttokelpoisista materiaaleista. Poltettavaksi kelpaamattomat materiaalit, kuten metallit, lasi, vaaralliset jätteet sekä sähköelektronikkaromu tulisi kierrättää eikä

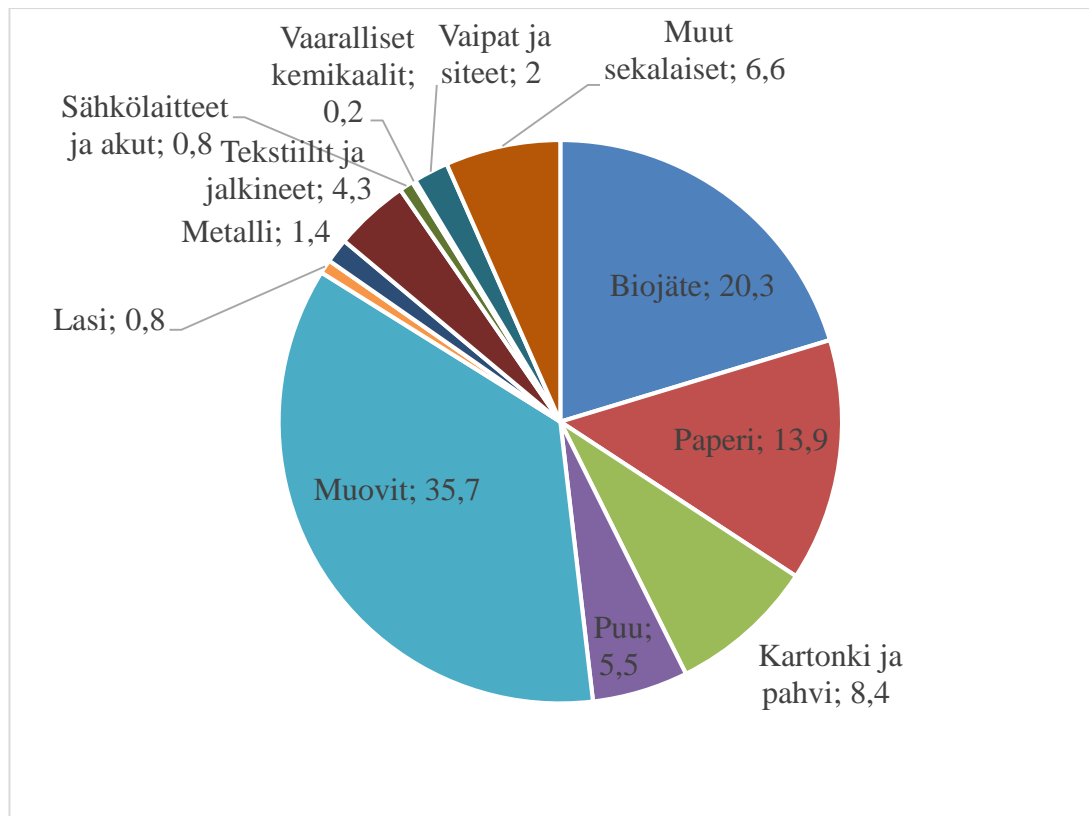
niitä pitäisi laittaa polttokelpoisen jätteen joukkoon. Polttokelpoisen jätteen joukossa oleva biojäte on palamiskelpoista, mutta se laskee jätteen polttoarvoa ja polttolaitoksen tehokkuutta korkean kosteuspitoisuuden vuoksi. Tämän vuoksi biojäte tulisi kierrättää sen ollessa kuitenkin kierrätyskelpoista materiaalia. Lisäksi metallien ja lasien erottelu polttotuhkasta aiheuttaa lisäkustannuksia jätehuollolle. Tässä tutkimuksessa polttokelpoista jätettä lajiteltu jäte sisälsi yhteensä 95,2 %, mutta jätteen polttoarvoa laskee selvästi märkä biojäte, jota esiintyi yhteensä 26,6 %.

## 6.1 Vertailu alueittain

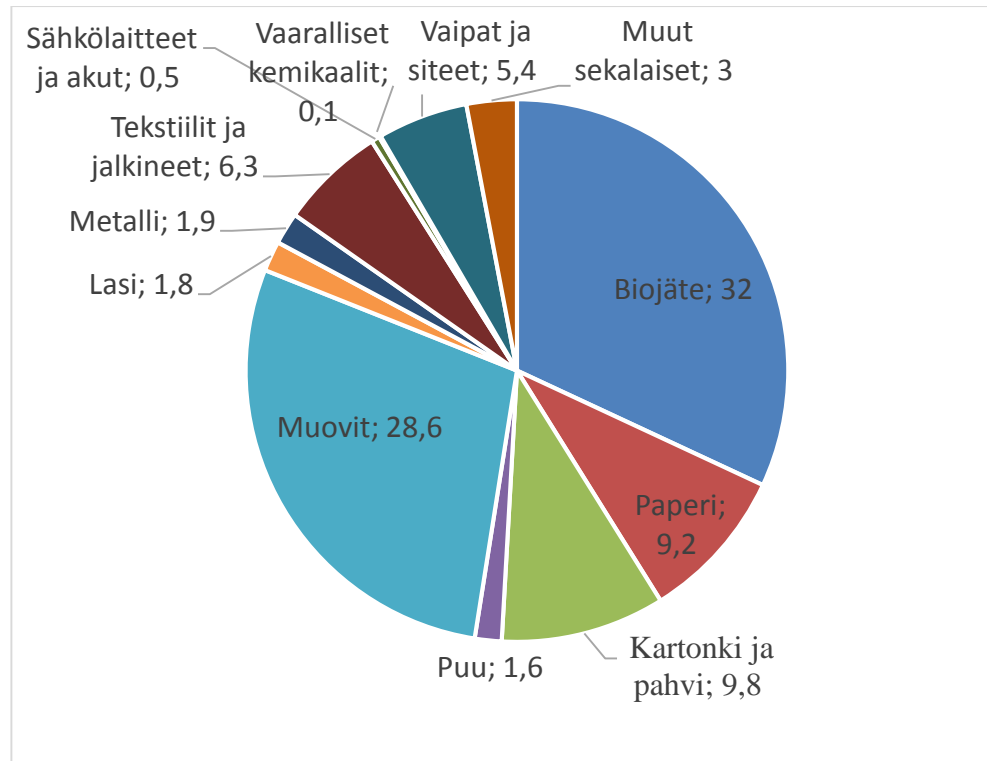
Näytteiden massojen ollessa lähestulkoon samoja, niitä voidaan pitää vertailukelpoisina. Joidenkin jätejakeiden sisältämät määrät vaihtelevat selvästi riippuen syntypaikasta, kuten esimerkiksi puun, muovien tai vaippojen ja siteiden määrä. Nämä erot kertovat alueiden erilaisista kierrätysmahdollisuuksista ja perhekoosta.

Liitteessä 1. on eritelty osanäytteiden ja kokonaisnäytteen massat. Kokonaisnäyte koostui kolmesta eri näytteestä, jotka oli kerätty erilaisilta kotitalousalueilta. Kaaviossa 3,4 ja 5 on eri aluekohtaiset jätejakeiden osuudet ja alla olevassa luettelossa on kerrottu massat, joista osuudet kaavioissa koostuu.

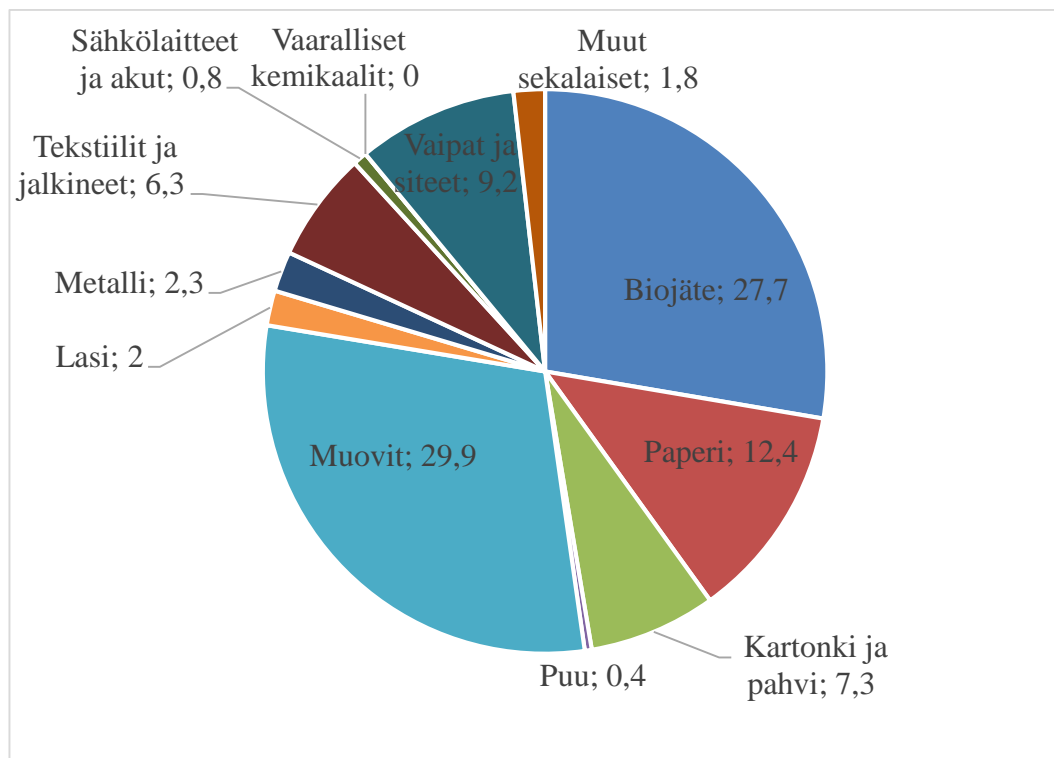
- Kerrostaloalue: 475,7 kg
- Sekalainen: 449,5 kg
- Pientaloalue: 478,7 kg
- Yhteensä 1403,9 kg



*Kaavio 3. Kerrostaloalueen jättejakeiden osuudet*



Kaavio 4. Sekalaisen alueen jätejakeiden osuudet



Kaavio 5. Pientaloalueen jätejakeiden osuudet

Huomattavinta on kahden suurimman jätejakeen eli muovin ja biojätteen vaihtelut alueittain. Kerrostaloalueella, joissa biojäteastia on aina olemassa, jäte sisälsi ainoastaan 20,3 % biojätettä. Verrattuna pientaloalueeseen, missä biojäteastia ei ole jätehuoltomääräysten vaatima, biojätettä oli 7,4 prosenttiyksikköä enemmän eli yhteensä 27,7 % näytteestä. Syynä voi myös toki olla elintarvikkeiden parempi hyödyntäminen. Molemmilla alueilla muovien ja biojätteen yhteenlaskettu määrä on kutakuinkin sama, joka selittää muovien lisääntyneen määrän biojätteen vähentyessä ja toisin päin. Muovien lajittelu ei vaikuta niiden määriin jätteessä sillä kerrostalo- ja pientaloalueella muovit sijoitetaan polttokelpoisen jätteen astiaan eli sitä ei erikseen kierrätetä.

Oletuksena tutkimusta tehdessä pidettiin kerrostaloalueelta tulevan jätteen sisältävän vähemmän kierrätyskelpoista materiaalia lähempänä sijaitsevien kierrätysmahdollisuuksien vuoksi. Metallia ja lasia kerrostaloalueella esiintyi vähemmän kuin pientaloalueella, mutta paperin ja kartongin korkeampi määrä oli yllättävää. Tutkimusta tehdessä huomattiin papereiden, pahvien ja kartonkien kuitenkin olevan osittain todella märkiä, mikä vääristää hieman tutkimustuloksia.

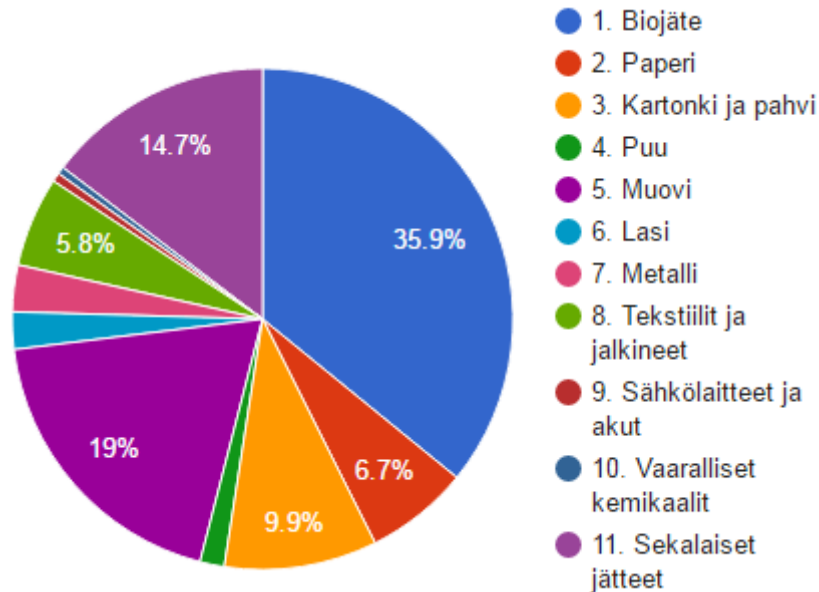
Erilaisista perheistä kertoo vaippojen ja siteiden huomattava ero kerros- ja pientaloalueiden välillä. Pientaloalueelta kerätty jäte sisälsi vaippoja ja siteitä yli 4 kertaa enemmän kuin kerrostaloalueelta kerätyssä jätteessä; lisäksi ”vaipat ja siteet” jätejakeessa suurin osa painosta kertyi vaipoista, joten voidaan päätellä enemmistön lapsiperheistä asuvan pientaloalueella.

Satunnaisnäytteen koostumuksessa suurin ero esiintyy myöskin biojätteen ja muovin kohdalla. Verrattuna kerros- ja pientaloalueeseen biojätettä olikin enemmän kuin muovia, mikä voi johtua paikallisista eroista tai sattumasta satunnaisnäytteessä. Myös paperin määrä oli selvästi alhaisempi satunnaisnäytteessä.

## **6.2 Polttokelpoisen jätteen koostumus verrattuna muuhun Suomeen**

Suomessa varsinaisia polttokelpoisen jätteen tutkimuksia on tehty todella vähän, mutta yhdyskunta- ja sekajätteen tutkimuksia löytyy useita. Vertailukelpoisuutta näiden

tutkimuksien välillä heikentää erilaiset tutkimusmenetelmät, joissa esimerkiksi jätteet ovat luokiteltu eri tavoin. (Jätelaitosyhdistys ry 2016) Jätelaitosyhdistyksen verkkosivujen koostumustietopankista kuitenkin löytyy kaavio, johon on yhdistetty 2000-luvulla tehtyjen vertailukelpoisten tutkimuksien tulokset Suomessa.



Kaavio 6. Sekajätteen koostumus Suomessa (Jätelaitosyhdistys ry 2016)

Vertaillen koko Suomen tasoon, biojätettä sijoitetaan polttokelpoisen jätteen joukkoon selkeästi vähemmän Oulun jätehuollon toimialueella; OJH:n alueella 26,6 % ja koko Suomessa 35,9 %. Vastaavasti muualla Suomessa muovien määrä jätteen joukossa on selkeästi vähäisempää, sillä eroa OJH:n alueeseen on 12,4 %. Muitten jätejakeiden, kuten paperin ja sekalaisen jätteen välillä on eroja. Muualla Suomessa paperin määrä (6,7 %) on pienempi kuin OJH:n alueella (11,9 %), joka voi johtua esimerkiksi paperin kosteuspitaisuudesta lajitteluhetkellä tai erilaisista kierrätysmahdollisuuksista ja -tavoista. Muiden jätejakeiden osalta taasen tulokset ovat kutakuinkin samoja.

Taulukossa 3 vertaillaan tutkimustuloksia Turun Seudun Jätehuollon (TSJ) vuonna 2015 tehtyyn polttokelpoisen jätteen koostumustutkimukseen. Myös Turussa tehdyssä tutkimuksessa jätteen koostumusta oli verrattu syntypaikoittain ja näitä alueita olivat: kerrostaloalue, taajama; pientaloalue, taajama ja pientaloalue, haja-asutusalue (Liikanen



2015). Taulukkoon valittiin vertailuun taajamissa sijaitsevat kerrostalo- ja pientaloalueet.

Jatejää	Pientaloalue	Pientaloalue	Kerrostaloalue	Kerrostaloalue
%-osuuksina	Oulu	Turku	Oulu	Turku
1. Biojäte	27,7	48,7	20,3	45,4
2. Paperi	12,4	4,8	13,9	7,5
3. Kartonki ja pahvi	7,3	7,4	8,4	7,5
4. Puu	0,4	1,1	5,5	0,7
5. Muovi	29,9	15,6	35,7	17,1
6. Lasi	2	1,9	0,8	1,2
7. Metallit	2,3	1,8	1,4	1,5
8. Tekstiilit ja jalkineet	6,3	5,2	4,3	5,7
9. Sähkölaitteet ja akut	0,8	0,6	0,8	0,3
10. Vaaralliset kemikaalit	0	0,1	0,2	0,1
11. Sekalaiset jätteet	11	12,8	8,6	13

*Taulukko 3. Polttokelpoisen jätteen koostumukset Oulun ja Turun alueella (mukailten Liikanen 2015).*

Taulukosta nähdään, että eroavaisuudet erityisesti biojätteen ja muovien osalta ovat suuret. Omakotitaloalueilla biojätettä esiintyi TSJ:n alueella 21 % enemmän kuin mitä OJH:n alueella ja kerrostaloalueella biojätettä oli yli kaksinkertainen määrä. Jätehuoltomääräykset eroavat Turun ja Oulun seuduilla mm. biojätteen keräyksen yhteydessä, sillä Oulun alueella biojätteen keräys vaaditaan asuinkiinteistöiltä, joissa on huoneistoja 4 tai enemmän. Turun jätehuoltomääräyksiin mukaan biojäte kerätään silloin, kun kiinteistöjä on 20 tai enemmän (Turun Kaupunki 2014) eli biojätteen kierrätys on siis tehokkaampaa Oulun seudulla.

Selkeät erot syntyvät myös muovien ja paperien kohdalla. Kahden suurimman jätejakeen, muovien ja biojätteiden määrät selkeästi korreloivat keskenään, mikä selittää vastaavasti huomattavasti pienemmän muovien osuuden Turun seudulla. Molemmissa tutkimuksissa pientalo- ja kerrostaloalueilla muovien ja biojätteen yhteenlaskettu määrä oli kutakuinkin sama. Oulun seudulla muoveja ja biojätettä oli kerrostaloalueella 56 %

ja pientaloalueella 57,6 % näytteestä. Turun seudulla kerrostaloalueella 62,5 % ja pientaloalueella 64,3 %.

Muiden kierrätyskelpoisten materiaalien, paitsi paperin, osalla ei esiinny merkittäviä eroja OJH:n ja TSJ:n alueiden välillä. Paperin määrän kohdalla voi huomata myös, että molempien kaupunkien seudulla kerrostaloalueella paperia esiintyi enemmän kuin pientaloalueella. Tämä voi johtua esimerkiksi pientaloaluiden kotipolton mahdollisuuksista.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen päätavoitteena oli selvittää Oulun Jätehuollon toimialueella syntyneen polttokelpoisen jätteen koostumus ja havaita, millaisia eroja jätteen koostumukseen syntyy eri kiinteistöjen välillä. Lisäksi tutkimuksessa saatiin selville, että 95,2 % kotitalouksista syntyvästä jätteestä on polttokelpoista. Näitä jätejakeita olivat biojäte, muovit, puu, tekstiilit, jalkineet, paperi, kartonki, pahvi sekä vaipat ja siteet.

Tutkimuksesta saatuja tuloksia vertailtiin erilaisiin kotitalousalueisiin ja muuhun Suomeen. Merkittävimmät erot esiintyivät muovien ja biojätteen määrissä. Oulun seudulla biojätettä lajitellaan tehokkaammin, jolloin sitä oli polttokelpoisen jätteen joukossa huomattavasti vähemmän kuin mitä muualla Suomessa. Hyötyjätteiden osuudet olivat hyvin samansuuntaisia sekä Oulun alueella että Suomessa paperia lukuun ottamatta, sillä sitä esiintyi Oulun seudulla lähes kaksinkertainen määrä.

Eri kotitalousalueilla suurimmat erot syntyivät niin ikään biojätteen ja muovien osalla. Tutkimuksen alkaessa oletettiin biojätekierrätyksen olevan tehokkaampaa jätehuoltomääräyksiensä vuoksi kerrostaloalueella kuin pientaloalueella, mikä huomattiin todeksi. Eroa biojätteen määrällä näillä alueilla oli 7,4 %, joka johtune siitä, että kunnalliset jätehuoltomääräykset eivät velvoita pientaloalueilla biojätekeräystä. Hyötyjätteiden ja vaarallisten jätteiden osalla ei esiintynyt merkittäviä alueellisia eroja.

Tutkimuksessa tehty vertailu TSJ:n koostumustutkimukseen osoitti löyhempien jätehuoltomääräyksiensä kasvattavan tiettyä jätejätettä, jonka kohdalla määräykset eivät olleet niin tiukkoja. Oulun alueella, jossa biojätettä tuli kerätä jo pienemmiltä kiinteistöiltä kuin Turun seudulla, jätteen määrä oli selkeästi pienempi. Vaihtelut jätehuoltomääräyksissä selittää myös eron biojätteen määrässä Oulun alueen ja muun Suomen välillä.

Jätehuoltomääräyksistä riippumatta, kuitenkin yleisesti kierrätyskelpoisten jätteiden osuudet oli samankaltaisia riippumatta, oliko jäte kerrostalo- vai pientaloalueelta. Tämä viestii ihmisten kierrätystietoisuudesta.

Puumäärien osuus oli todella pieni jokaisella kotitalousalueella, joka voidaan selittää ilmaisilla keräyspisteillä Oulun alueella. Näytteissä esiintyi yleensä vain muutamia laudanpätkiä, mutta suurempi pitoisuus kerrostaloalueella johtui ison parkettimäärän joutumisesta näytteeseen. Puutarhajätettä polttokelpoiseen jätteeseen laitetaan satunnaisesti vain hyvin vähän, sillä Oulun Jätehuolto tarjoaa kuusi ilmaiskuorman vastaanottoa vuodessa. Lisäksi ajankohta oli sellainen, jolloin puutarhatöitä ei yleensä tehdä.

Tutkimusta tehdessä huomattiin esivalmistelujen olevan tärkeää tutkimuksen nopeuttamiseksi. Riittävä astioiden määrä, sopivat työkoneet ja riittävä tila edesauttoi tehokkaaseen työskentelyyn, jolloin JLY:n antama arvioitu lajittelunopeus (100 kg/ 8 tuntia) osoittautui hitaaksi. Lisäksi lajittelua tehdessä huomattiin lajittelun pienillä määrillä olevan todella helppoa ja nopeaa.

Jätteen koostumuksella on merkitystä myös polttolaitoksen toimintaan. Kuten aiemmin mainittu, lämpöarvoa laskeva biojäte tulisi saada pois polttokelpoisen jätteen joukossa. Biojätteen ollessa toiseksi suurin jätejake, sen sisältämä kosteus laskee koko jätteen lämpöarvoa huomattavasti. Biojätteen määrän vähentäminen polttolaitoksessa myös nopeuttaa polttoprosessia, sillä tällöin palavan materiaalin kuivumisvaihe nopeutuu. Lisäksi erilaiset metallit ja lasi aiheuttaa ongelmia polttolaitoksen sisällä, jolloin mahdollisia tukoksia ja laitehäiriöitä saattaa esiintyä. Oulun alueella kotitalouksien polttokelpoinen jäte sisälsi metallia ja lasia ainoastaan pienen määrän eli ongelmat laitoksen sisällä ja tuhkan käsittelyssä syntyvät kustannukset ovat pieniä.

Ongelmana polttokelpoisen jätteen koostumustutkimuksien vertailussa on vaihtelevat tutkimusmenetelmät. Yksi esimerkki tästä on hienoaineksen erottelu tutkimuksessa eli käytetäänkö lajittelupöydällä jotain mekaanista erotinta (esim. siivilä tai ritilä), jonka päälle käsinlajiteltava jäte puretaan. Tässä tutkimuksissa hienoaineksen huomioiminen tutkimustuloksissa oli merkittävä, sillä kun hienoaineksen sisältämä biojäte lisättiin biojätteen määrään, biojätteen osuus kokonaisnäytteessä kasvoi 7,2 prosenttiyksikköä, mikä vastasi noin 150 kg määrää. Tällä tavoin biojätteen määrä polttokelpoisen jätteen joukossa on melkein sama kuin muualla Suomessa; Oulun alueella 33,2 % ja muualla Suomessa 35,9 %.

## LÄHDELUETTELO

Agarth, P., 2013. Laanilan ekovoimalaitos Ouluun [verkkodokumentti]. Projektuutiset. Saatavissa: <http://www.okr.fi/pdf/ekovoimalaitos.pdf> [viitattu 28.3.2015]

Alueellinen jätehuoltojaosto, 2014. Kunnalliset jätehuoltomääräykset [verkkodokumentti] Tampere: Alueellinen jätehuoltojaosto. Saatavissa: [http://www.tampere.fi/tiedostot/k/KovALSvCW/Kunnalliset\\_jatehuoltomaaraykset\\_pai\\_vitetty\\_05112015.pdf](http://www.tampere.fi/tiedostot/k/KovALSvCW/Kunnalliset_jatehuoltomaaraykset_pai_vitetty_05112015.pdf) [viitattu 5.4.2016]. 17 s.

Chandler, A.J., Eighmy, T.T., Hjelmar, D.S., Kosson, S.E., Vehlow, J., Van der sloot, H.A. & Hartlen, J., 1997. Municipal solid waste incinerator residues. 1. painos. Alankomaat: Elsevier science B.V. 973 s. ISBN 9780080537184

Jätelaitosyhdistys ry, 2016. Arinapoltto [verkkodokumentti] Saatavissa: <http://www.jly.fi/energia31.php?treeviewid=tree3&nodeid=31> [viitattu 15.3.2016]

Jätelaitosyhdistys ry, 2016. Kotitalouksien sekajätteen koostumus [verkkodokumentti] Saatavissa: <http://www.jly.fi/jateh71.php?treeviewid=tree2&nodeid=71> [viitattu 5.4.2016]

Jätelaitosyhdistys ry, 2016. Leijupetipoltto [verkkodokumentti] Saatavissa: <http://www.jly.fi/energia32.php?treeviewid=tree3&nodeid=32> [viitattu 15.3.2016]

Jääskä, J., 2016. Jätehuollon toimialueen kuva [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Janne Kauppila. Lähetetty 07.04.2016 klo 8.53 (GMT +0200)

Kleis, H., Dalager, S. 2004. 100 years of waste incineration in Denmark: From refuse destruction plants to high-technology energy works [verkkodokumentti]. Babcock & Wilcox Vølund Aps, Rambøll. Saatavissa: [http://cewep.recon-cms.de/media/cewep.recon-cms.de/org/med\\_463/261\\_100\\_aars\\_bogen\\_GB.pdf](http://cewep.recon-cms.de/media/cewep.recon-cms.de/org/med_463/261_100_aars_bogen_GB.pdf) [viitattu 16.02.2016]. 27 s.

Laine-Ylijoki, J., Mroueh, U-M., Vahanne, P., Wahlström, M., Vestola, E., Salonen, S. & Havukainen, J., 2005. Yhdyskuntajätteen termisen käsittelyn kuonista ja tuhkista hyötykäytettäviä ja loppusijoitettavia tuotteita [verkkodokumentti]. Espoo: VTT. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2005/T2291.pdf> [viitattu 14.3.2016]. 92 s.

Liikanen, M., 2015. Sekajätteen koostumustutkimusten luokitteluohjeen päivittäminen ja testaaminen [verkkodokumentti]. Lappeenranta: Lappeenrannan teknillinen yliopisto. 148 s.

Oulun energia, 2016. Laanilan ekovoimalaitos [verkkodokumentti]. Oulu: Oulun energia. Saatavissa: <https://www.ouluenergia.fi/energia-ja-ymparisto/energiantuotanto/voimalaitokset/laanilan-ekovoimalaitos> [viitattu 28.3.2015].

Oulun Jätehuolto Oy, 2014. Oulun Jätehuollon toimintakertomus [verkkodokumentti] Oulu: Oulun Jätehuolto Oy. Saatavissa: [https://issuu.com/oulujatehuolto/docs/oulu\\_jatehuolto\\_toimintakertomus\\_2](https://issuu.com/oulujatehuolto/docs/oulu_jatehuolto_toimintakertomus_2) [viitattu 5.3.2016]. 20 s.

Oulun Jätehuolto Oy, 2016. Palvelut [verkkodokumentti]. Oulu: Oulun Jätehuolto Oy. Saatavissa: <http://www.oulu.ouka.fi/jatehuolto/palvelut/index.html> [viitattu 25.3.2016]

Oulun Jätehuolto Oy, 2016. Toimialue [verkkodokumentti] Oulu: Oulun Jätehuolto Oy. Saatavissa: <http://oulu.ouka.fi/jatehuolto/toimialue/> [viitattu 28.3.2016].

Oulun kaupunki, 2015. Kiinteistöjen jätteen käsittely [verkkodokumentti]. Oulu: Oulun kaupunki. Saatavissa: <http://www.ouka.fi/oulu/ymparisto-ja-luonto/kiinteistojen-jatteen-kasittely> [viitattu 16.3.2015].

Oulun kaupunki, 2016. Jätehuoltomääräykset [verkkodokumentti] Oulu: Oulun kaupunki. Saatavissa: [http://www.ouka.fi/c/document\\_library/get\\_file?uuid=4e12c11b-ecb4-4f72-b1f4-c1509f85cebe&groupId=64417](http://www.ouka.fi/c/document_library/get_file?uuid=4e12c11b-ecb4-4f72-b1f4-c1509f85cebe&groupId=64417) [viitattu 25.3.2016]. 32 s.

Oulun seudun ympäristölautakunta, 2006. Jätehuoltomääräykset [verkkodokumentti] Oulu: Oulun seudun ympäristölautakunta. Saatavissa: <http://www.ouka.fi/documents/64417/b844c5db-7723-4437-b94a-143f639e8b26> [viitattu 6.4.2016]. 30 s.

Pöyry Management Consulting Oy, 2012. Selvitys jätteen energiakäytöstä ja päästökaupasta [verkkodokumentti]. Helsinki: työ- ja elinkeinoministeriö. Saatavissa: [https://www.tem.fi/files/33506/Selvitys\\_jatteen\\_eneriakaytosta\\_ja\\_paastokaupasta\\_25.6.2012.pdf](https://www.tem.fi/files/33506/Selvitys_jatteen_eneriakaytosta_ja_paastokaupasta_25.6.2012.pdf) [viitattu 15.3.2016]. 60 s.

Pöyry Management Consulting Oy, 2015. Jätteiden energiahyödyntäminen Suomessa [verkkojulkaisu]. Saatavissa: [http://energia.fi/sites/default/files/et\\_jatteiden\\_energiakaytto\\_loppuraportti\\_161015.pdf](http://energia.fi/sites/default/files/et_jatteiden_energiakaytto_loppuraportti_161015.pdf) [viitattu 15.3.2016]. 39 s.

Raiko, R., Saastamoinen J., Hupa, M. & Kurki-Suonio, I., 2002. Poltto ja palaminen. 2. painos. International Flame Research Foundation Suomen kansallinen osasto, Polytechnica Kustannus OY. 750 s. ISBN 951-666-604-3

Suomen kuntaliitto ry, 2014. Kunnalliset jätehuoltomääräykset [verkkodokumentti] Suomen kuntaliitto ry. Saatavissa: <http://www.kunnat.net/fi/asiantuntijapalvelut/ty/jatehuolto/jatehuoltomaaraykset/Sivut/default.aspx> [viitattu 1.4.2016].

Suomen virallinen tilasto (SVT), 2014. Jätetilasto [verkkodokumentti]. ISSN=1798-3339. Yhdyskuntajätteet 2014. Helsinki: Tilastokeskus Saatavilla: [http://www.stat.fi/til/jate/2014/jate\\_2014\\_2015-12-01\\_tau\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/jate/2014/jate_2014_2015-12-01_tau_001_fi.html) [viitattu 18.4.2016].

Toivonen L, Sahimaa O, 2014. Opas Sekajätteen koostumustutkimuksiin [verkkodokumentti]. Helsinki: Jätelaitosyhdistys ry. Saatavissa: [http://www.jly.fi/Opas\\_sekajatteen\\_koostumustutkimuksiin.pdf](http://www.jly.fi/Opas_sekajatteen_koostumustutkimuksiin.pdf) [viitattu 2.2.2016] 42 s.

Tsupari, E., Soimakallio, S. & Arnold, M., 2008. Yhdyskuntajätteen kahden energiahyödyntämistavan eroavuudet ilmastonmuutoksen hillinnän näkökulmasta [verkkodokumentti]. Espoo: VTT. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2008/T2446.pdf> [viitattu 14.3.2016]. 58 s.

Turun kaupunki, 2014. Turun kaupunkiseudun jätehuoltomääräykset [verkkodokumentti] Turku: Turun kaupunki. Saatavissa: [https://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files/turun\\_kaupunkiseudun\\_jatehuoltomääräykset.pdf](https://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files/turun_kaupunkiseudun_jatehuoltomääräykset.pdf) [viitattu 5.4.2016]. 28 s.

Tyrer, M., 2013. 12- Municipal solid waste incinerator (MSWI) concrete [verkkodokumentti]. Iso-Britannia: Mineral industry research organization. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com.pc124152.oulu.fi:8080/science/article/pii/B9780857094247500128> [viitattu 18.02.2016].



## Liitteet

### Liite 1.

Jäteluoikka	Kerrostaloalue (kg)	Sekalainen (kg)	Pientaloalue (kg)	Kokonaisnäyte (kg)
Biojäte	96,7	143,7	132,8	373,2
Paperi	66,1	41,2	59,5	166,8
Kartonki ja pahvi	40,2	44,1	34,8	119,1
Puu	26,1	7	1,7	34,8
Muovit	169,8	128,5	143	441,3
Lasi	3,6	8	9,4	21
Metalli	6,9	8,4	10,8	26,1
Tekstiilit ja jalkineet	20,6	28,2	30,4	79,2
Sähkölaitteet ja akut	4	2,1	3,7	9,8
Vaaralliset kemikaalit	0,9	0,7	0,1	1,7
Vaipat ja siteet	9,6	24,2	43,8	77,6
Muut sekalaiset	31,2	13,4	8,7	53,3
Σ	475,7	449,5	478,7	1403,9

*Taulukko 2. Polttokelpoisen jätteen koostumus massoina*