



Sirke Ajanko, Antero Moilanen & Juhani Juvonen

Jätteiden syntypaikkalajittelu- järjestelmän ja käsittelytekniikan vaikutus kierrätyspolttoaineen laatuun

Jätteiden syntypaikka- lajittelujärjestelmän ja käsittelytekniikan vaikutus kierrätyspolttoaineen laatuun

Sirke Ajanko & Antero Moilanen

VTT Prosessit

Juhani Juvonen

Vapo Oy

ISBN 951-38-6753-6 (nid.)
ISSN 1235-0605 (nid.)

ISBN 951-38-6754-4 (URL: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/>)
ISSN 1455-0865 (URL: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/>)

Copyright © VTT 2005

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT, Vuorimiehentie 5, PL 2000, 02044 VTT
puh. vaihde (09) 4561, faksi 020 722 4374

VTT, Bergsmansvägen 5, PB 2000, 02044 VTT
tel. växel (09) 4561, fax 020 722 4374

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 5, P.O.Box 2000, FI-02044 VTT, Finland
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 20 722 4374

VTT Prosessit, Biologinkuja 3-5, PL 1601, 02044 VTT
puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 7048

VTT Prosesser, Biologgränden 3-5, PB 1601, 02044 VTT
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 7048

VTT Processes, Biologinkuja 3-5, P.O.Box 1601, FI-02044 VTT, Finland
phone internat. +358 20 722 111, fax +358 20 722 7048

Toimitus Maini Manninen

Otamedia Oy, Espoo 2005

Ajanko, Sirke, Moilanen, Antero & Juvonen, Juhani. Jätteiden syntypaikkalajittelujärjestelmän ja käsitte-lytekniikan vaikutus kierrätyspolttoaineen laatuun [The effect of wastes' source separation system and handling technique on the quality of solid recovered fuel]. Espoo 2005. VTT Tiedotteita – Research Notes 2317. 83 s. + liitt. 21 s.

Avainsanat wastes, energy wastes, solid wastes, solid recovered fuels, quality, source separation, processing, occupational hygiene, household wastes, fuel analysis

Tiivistelmä

Projektissa selvitettiin kotitalouksista (kerrostaloalueet) ja kauppa- ja palvelusliiketoimintasta saatavan kierrätyspolttoaineen (REF) raaka-aineen laatua ja koostumusta. Työhygieenisessä tutkimuksessa selvitettiin terveysvaikutuksia aiheuttaville tekijöille altistumista lajittelutyön aikana ja tarkasteltiin, onko tutkituilla järjestelmillä eroja työhygieenisessä mielessä. Tutkimuksessa olivat mukana seuraavat kohteet: Lahti/energiajäte, Pietarsaari/kuivajäte ja Jyväskylä/kuivajäte sekä Prisma/energiajäte ja Citymarket/kuivajäte. Jyväskylän ja Pietarsaaren kuivajätteissä oli epäpuhtauksia 35–40 %, joka oli pääasiassa biojätettä (24–29 %). Lahden energiajätteessä oli epäpuhtauksia 8 %, josta biojätteen osuus oli 6 prosenttiyksikköä. Prismän energiajätteessä oli epäpuhtauksia 17 %, josta biojätteen osuus oli 13 prosenttiyksikköä. Citymarketin kuivajätteessä epäpuhtauksia oli 30 %, josta biojätettä oli 22 prosenttiyksikköä. Muita epäpuhtauksia olivat mm. lasi, metalli ja kiviaines. Kaikkien energia- ja kuivajätteiden palavista osista analysoitiin korkeita haitallisten alkuaineiden pitoisuuksia. Tutkimuksen perusteella osa kuluttajista ei lajittele kotitalousjätteitä, vaikka keräysastiat sijaitisivat kiinteistöllä. Energiajätteen erilliskeräys parantaa REF:n laatua, mutta ei kaikilta osin eikä riittävästi ottaen huomioon olemassa olevien kattilalaitosten laatuvaatimukset. Syntypaikkalajittelulla voidaan sen sijaan vähentää mekaanisia epäpuhtauksia (mm. lasi, metalli) sekä biojätettä, joka aiheuttaa REF-valmistuksessa ja varastoinnissa työterveyshaittoja. REF-laitokset pystyivät erottamaan magneettiset metallit sekä seulalla varustetut laitokset myös muita raskaita epäpuhtauksia ja hienoainesta. Haitallisten alkuaineiden (mm. kloori, met. alumiini, raskas- ja alkalimetallit) pitoisuuksia REF-laitokset eivät pystyneet vähentämään.

Ajanko, Sirke, Moilanen, Antero & Juvonen, Juhani. Jätteiden syntypaikkalajittelujärjestelmän ja käsitte-lytekniikan vaikutus kierrätyspolttoaineen laatuun [The effect of wastes' source separation system and handling technique on the quality of solid recovered fuel]. Espoo 2005. VTT Tiedotteita – Research Notes 2317. 83 p. + app. 21 p.

Keywords wastes, energy wastes, solid wastes, solid recovered fuels, quality, source separation, processing, occupational hygiene, household wastes, fuel analysis

Abstract

The project concentrated on finding out the quality and composition of solid recycled fuel's (SRF) raw material originating from households (apartment house areas) and commercial stores. In work hygienic research it was studied, how people were exposed to factors causing health effects during separation phase and are there differences between the studied systems in occupational sense. The following sites were included in the study: Lahti/energy waste, Pietarsaari/dry waste, Jyväskylä/dry waste, Prisma/energy waste and Citymarket/dry waste. Dry waste from Jyväskylä and Pietarsaari contained 35–40% of impurities, which was mainly biowaste (24–29%). Energy waste from Lahti contained 8% of impurities, of which six percentage units was biowaste. Prisma's energy waste contained 17% of impurities, of which thirteen percentage units was biowaste. Citymarket's dry waste contained 30% of impurities, of which 22 percentage units was biowaste. Other impurities were, among others, glass, metal and rock material. High concentrations of harmful elements were analysed from all burning parts of energy and dry wastes. The study also showed that a part of consumers do not sort household waste even though collection bins are found at the property. Separate collection of energy waste improves the quality of SRF but not at all parts and not enough considering the current quality requirements of boiler plants. However, mechanical impurities (e.g. glass, metal) and biowaste, which cause health hazards in production and storage of SRF, can be decreased by source separation. SRF plants were able to separate magnetic metals, and plants equipped with sieves could separate also other heavy impurities and fine aggregate. However, concentrations of harmful elements (e.g. chlorine, metallic aluminium, heavy and alkaline metals) SRF plants were unable to decrease.

Alkusanat

Tämä julkaisu on tehty VTT Prosessien projektin ”Syntypaikkalajittelujärjestelmän vaikutus kierrätyspolttoaineen laatuun ja REF-laitosten koeajot” pohjalta. Hanke toteutettiin vuosina 1999–2001 ja sitä olivat rahoittamassa Tekes, Etelä-Karjalan Jätehuolto Oy, Ekorosk Oy, ET-Energiatuote Oy, Kesko Oy, Kymenlaakson Jäte Oy, Lakeuden Jätekeskus Oy, Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy, Länsi-Uudenmaan Jätehuolto Oy, Oulun Jätehuolto, Pakkausalan ympäristörekisteri (PYR), Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy, Rauman seudun Jätehuoltolaitos, SOK, Lassila-Tikanoja Oy (ent. Säkkiväline Oy), Vapo Oy, VTT Prosessit ja Ympäristöyritysten liitto.

Materiaalitutkimuksen käsinlajittelun -osuuden tekivät Mikkelin ammattikorkeakoulun Ympäristönsuojelutekniikan vuosikurssin 1997 opiskelijat. Salla Mättö teki opinnäytetyönsä otsikolla ”Jätteiden lajittelujärjestelmän vaikutus terveydelle haitallisten tekijöiden muodostumiseen”.

Työhygieniset mittaukset suoritti Juhani Rautiainen Kuopion aluetyöterveyslaitokselta.

Tutkimukseen osallistuneiden laitosten päälliköiden, työnjohtajien ja työntekijöiden osallistuminen tutkimukseen mahdollisti onnistuneen lopputuloksen. Kiitos heille.

Espoossa

15.10.2005

Tekijät

Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	3
Abstract.....	4
Alkusanat.....	5
Määritelmät.....	8
1 Johdanto.....	11
1.1 Jätehuoltoa ohjaava lainsäädäntö.....	11
1.2 Syntypaikkalajittelu Suomessa.....	13
1.3 Työhygienia.....	14
2 Tavoitteet.....	16
3 Tehtävät ja menetelmät.....	17
3.1 Kirjallisuusselvitys.....	17
3.2 Materiaalitutkimus.....	17
3.2.1 Tutkimuksessa käytetyt jätteiden koe-erien keräysalueiden taustaselvitykset.....	17
3.2.2 Toteutus.....	19
3.3 REF-laitosten koeajot.....	21
3.3.1 Toteutus.....	24
3.4 Työhygieeniset mittaukset.....	25
4 Materiaalitutkimuksen tulokset ja tulosten tarkastelu.....	27
4.1 Kaupan jäte.....	27
4.1.1 Prisma, Seppälä.....	27
4.1.2 Citymarket, Keljo.....	30
4.2 Kotitalousjäte.....	35
4.2.1 Kuivajäte, Jyväskylä.....	35
4.2.2 Kuivajäte, Pietarsaari.....	39
4.2.3 Energiajäte, Lahti.....	41
4.3 Analyysitulokset.....	45
4.3.1 Kierrätyspolttoaineiden laatuluokat ja laatuvaatimukset.....	45
4.3.2 Analyysitulosten tarkastelu.....	47
4.3.3 Alkuperä ja materiaalipohja.....	50
4.3.4 Kuivajätteen materiaalien haitta-ainepitoisuuksia.....	51
4.3.5 Työhygieeniset mittaukset.....	52

5	REF-laitosten koeajojen tulokset ja tulosten tarkastelu	57
5.1	Koeajojen massataseet.....	57
5.1.1	Lahden energiajäte	57
5.1.2	Jyväskylän kuivajäte	60
5.1.3	Pietarsaaren kuivajäte.....	63
5.2	Analyysitulokset.....	65
5.2.1	REFin analyysitulokset	65
5.2.2	Rejektit	70
5.3	REFin ominaisuuksien tilastollinen tarkastelu	72
6	Yhteenveto	76
	Lähdeluettelo	82

Liite A: Suomessa ja muissa Pohjoismaissa tehtyjä lajittelukokeita ja -tutkimuksia

Määritelmät

Jätteiden käsittelyyn ja syntypaikkalajitteluun, kierrätykseen sekä energiakäyttöön liittyvä terminologia on monilta osin vielä nuorta ja vakiintumatonta. Tässä raportissa käytetään seuraavia määritelmiä:

cfu/m³	colony forming unit/m ³ (pesäkkeen muodostava yksikkö/m ³)
Energiajäte tai -jäte	Yrityksistä tai kotitalouksista erilliskerätty polttokelpoinen materiaali.
HTP-arvo	Haitalliseksi tunnettu pitoisuus.
Hyötyjäte tai -jäte	Hyötyjätteellä tarkoitetaan jätejakeita, jotka voidaan käyttää uudelleen sellaisenaan tai joiden sisältämä materiaali tai energia voidaan hyödyntää.
Jäte	Jätteellä tarkoitetaan ainetta tai esinettä, jonka sen haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä taikka on velvollinen poistamaan käytöstä.
Jätepuu	Jätepuulla tarkoitetaan rakennus-, purku- ja korjaustoiminnassa syntyvää jätepuuta sekä puunjalostusteollisuudessa syntyvää jätepuuta, joka sisältää liima-, maali-, kyllästys- tms. aineita. Poikkeuksena on painekyllästetty puu, joka on ongelmajätettä.
Kattilalaitos	Kattilalaitoksella tarkoitetaan yleisesti energiantuotantoon käytettävää kauko-, voima-, lämpövoima- yms. laitosta.
Kierrätyspolttoaine	Kierrätyspolttoaineella tarkoitetaan yhdyskuntien ja yritysten polttokelpoisista, kuivista, kiinteistä ja syntypaikoilla lajitelluista jätteistä valmistettua polttoainetta.
Kuivajäte tai -jäte	Kuivajätteellä tarkoitetaan jäljelle jäävää jätejätettä, kun yhdyskuntajätteestä on lajiteltu erilleen paperi, lasi, metalli ja biojäte.
Lämpölaitos	Lämpölaitoksella tarkoitetaan kattilalaitosta, joka tuottaa vain lämpöenergiaa, esim. kaukolämpöä.

Mekaaniset epäpuhtaudet

Kierrätyspolttoaineeseen kuulumattomat vieraat ainesosat ja kappaleet, kuten kivet, hiekka, lasi ja metalli.

Ongelmajäte

Ongelmajätteellä tarkoitetaan jätettä, joka kemiallisen tai muun ominaisuutensa takia voi aiheuttaa erityistä vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle.

RDF (Refuse Derived Fuel)

Lajittelemattomasta yhdyskuntajätteestä mekaanisella käsittelyprosessilla valmistettu polttoaine.

REF (Recovered Fuel tai Recycled Fuel)

Syntypaikalla lajitellusta ja erilliskerätystä kuiva- tai energiajätteestä mekaanisella käsittelyprosessilla valmistettu polttoaine.

Sekajäte

Sekajätteellä tarkoitetaan lajittelematonta yhdyskunta-, teollisuus- tai rakennusjätettä.

SRF (Solid Recovered Fuel)

Englannin kielessä yleisemmin käytetty termi korvaamassa REF:ää.

Syntypaikkalajittelu

Syntypaikkalajittelulla tarkoitetaan jätteiden lajittelua ja erillään pitämistä niiden syntypaikoilla.

Voimalaitos

Tässä laatuohjeessa voimalaitoksella tarkoitetaan kattilalaitosta, joka tuottaa vain sähköenergiaa.

Yhdyskuntajäte

Yhdyskuntajätteellä tarkoitetaan asumisessa syntyvää jätettä sekä ominaisuuksiltaan, koostumukseltaan ja määrältään siihen rinnastettavaa teollisuudessa, kaupassa tai muussa vastaavassa toiminnassa syntyvää jätettä.

1 Johdanto

1.1 Jätehuoltoa ohjaava lainsäädäntö

Jätteensynnyn minimoiminen ja ehkäisy on Suomen jätepolitiikan ensimmäinen tavoite, samoin kuin muissakin EU-maissa. Jätehuollossa tulisi ensisijaisesti hyödyntää jätteen sisältämä aine ja toissijaisesti sen sisältämä energia. Viimeisenä hierarkiassa on jätteiden turvallinen loppusijoittaminen (2000/76/EY, 1049/1999).

Kaikki muutokset jätehuoltoa ohjaavassa lainsäädännössä aiheuttavat merkittäviä vaikutuksia Suomessa, jossa on oltu riippuvaisia kaatopaikkasijoituksesta. 1990-luvulla Suomessa oli noin 570 kaatopaikkaa toiminnassa ja vuonna 2002 jäljellä oli enää 110 kaatopaikkaa. On arvioitu, että vuonna 2007 niitä on noin 50–80. Tämä siksi, että EU-lainsäädäntö kaatopaikoista harmonisoitiin Suomen lainsäädäntöön (861/1997, 1049/1999). Vuoden 2002 lopussa kaikilla toimivilla kaatopaikoilla tuli olla kaatopaikkakaasujen talteenotto- tai kierrätysjärjestelmä. 1.11.2007, niin uusilla kuin vanhoilla kaatopaikoilla, tulee olemaan tiukat rakennevaatimukset sekä seurantajärjestelmät. 1.1.2002 jälkeen käyttöön otetulle kaatopaikalle ei saa sijoittaa jätettä, jota ei ole esikäsitelty. Esikäsitellyllä tarkoitetaan lajittelua mukaan lukien fysikaalisia, kemiallisia tai biologisia menetelmiä, joiden avulla muutetaan jätteen ominaisuuksia sen määrän tai haitallisuuden vähentämiseksi sekä sen käsittelyn tai hyödyntämisen helpottamiseksi. Tämä siis tarkoittaa, että jäte tulee vähintään syntypistelajitella ennen kaatopaikkasijoitusta. 1.1.2002 jo käytössä olevalle kaatopaikalle esikäsittelemättömän jätteen sijoituskielto tuli voimaan 1.1.2005.

Kaatopaikalle ei ole saanut vuoden 2004 jälkeen sijoittaa sellaista asumisessa syntyynyttä jätettä sekä ominaisuudeltaan ja koostumukseltaan siihen rinnastettavaa teollisuus-, palvelu- tai muussa toiminnassa syntyynyttä jätettä, josta suurinta osaa biohajoavasta jätteestä ei ole kerätty talteen erilleen muusta jätteestä hyödyntämistä varten (99/31/EC 1999). Näin kaatopaikalle menevän biohajoavan jätteen määrän tulee vähetä 75 % vuoteen 2006, 50 % vuoteen 2009 ja 35 % vuoteen 2016. Useissa Euroopan maissa, kuten Ruotsissa, Saksassa, Hollannissa ja Sveitsissä, on tehty kuitenkin tiukempi linjaus kaatopaikkasijoittamiseen. Näissä maissa kiellettiin vuoden 2005 alussa biohajoavan jätteen kaatopaikkasijoitus kokonaan.

Jäteverolain (495/1996) mukaan Suomessa jäteveroa maksettiin 23 €/t jätteestä, joka toimitettiin kaatopaikalle vuoden 2004 loppuun. Tämän jälkeen vero on ollut 30 €/t. Veroa ei tarvitse suorittaa erilliskerätystä biojätteestä, joka kompostoidaan tai muuten käsitellään biologisesti. Esimerkiksi Ruotsissa kaatopaikkasijoitusta vähentämään ja rajoituksia täydentämään nostettiin vuoden 2000 alusta jätevero kaikelle jätteelle 250 Skr/t (= n. 27 €). Tämä koskee sekä teollisuuden että yhdyskuntien kaatopaikalle läjitettäviä jätteitä. Suomessa ilmasto-politiikkaa suunniteltaessa on ehdotettu jäteveron nos-

tamista 2–3-kertaiseksi ja koskemaan myös teollisuuden kaatopaikkoja, joille sijoitetaan biohajoavaa jätettä.

EU:n Jätteenpolttodirektiivi (2000/76/EY) annettiin 04.12.2000. Direktiivi koskee vanhoja laitoksia 28.12.2005 lähtien ja uusia laitoksia 28.12.2002 lähtien. Direktiivi koskee sekä jätteiden että ongelmajätteiden polttoa ja rinnakkaispolttoa. Direktiivin soveltamisalaan eivät kuitenkaan kuulu laitokset, joissa käsitellään puujätettä, lukuun ottamatta puujätettä, joka voi puunsuoja-ainekäsittelyn tai pinnoituksen seurauksena sisältää halogenoituja orgaanisia yhdisteitä tai raskasmetalleja, johon kuuluu erityisesti sellainen puujäte, joka on peräisin rakennus- ja purkujätteestä. Jos ”puhdas” puujäte voidaan erotella käsitellystä puujätteestä, se voidaan edelleen polttaa ilman direktiivin velvoitteita.

Jätteenpolttodirektiivi tiukentaa kierrätyspolttoaineita/jätteitä rinnakkaispolttavien laitosten savukaasupäästöjen raja-arvoja ja mittausvelvoitteita. Sen mukaan jätettä polttavien laitosten savukaasuista tulee tehdä määräajoin mittaukset ja suorittaa jatkuvatoimisia mittauksia. Direktiivi asettaa lisäksi jatkuvatoimisesti mitattavia päästökomponentteja kaikille laitoksille laitosten koosta, poltettavasta kierrätyspolttoaineen tai jätteen määrästä riippumatta.

Jätteenpolttodirektiivin vanhoja laitoksia koskeva osa (voimassa 28.12.2005 lähtien) tulee vähentämään voima- ja lämpölaitosten kiinnostusta käyttää kierrätyspolttoaineita pienellä osuudella pääpolttoaineiden seassa. Hyvälaatuisista polttokelpoisista jätteistä valmistetun kierrätyspolttoaineen rinnakkaispoltto voi olla teknisesti mahdollista nykyisissä laitoksissa, kun investoidaan savukaasujen puhdistuslaitteisiin ja polttoaineiden syöttölaitteisiin. Kotitalousjätteestä valmistettu kierrätyspolttoaine sisältää yleensä niin paljon epäpuhtauksia ja haitta-aineita (mm. kloori ja metallinen alumiini), että sen rinnakkaispolttoon tai polttoon tarvittaneen erikoisratkaisuja. Jätteenpolttodirektiivin mukaan jätteenpoltossa ja rinnakkaispoltossa syntyvästä tuhkasta tulee tehdä tarvittavat tutkimukset, joilla voidaan selvittää eri polttojätteiden fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet sekä pilaamispotentiali. Erityisesti on selvitettävä tuhkan sekä raskasmetallien liukoisten osien kokonaismäärä. Näiden mukaan viranomaiset tulevat määrittämään jätteen sijoituksen tai hyötykäyttömahdollisuudet.

Valtioneuvoston hyväksymä Valtakunnallinen jättesuunnitelma vuoteen 2005 asettaa jätteen synnyn ehkäisyn lisäksi hyötykäyttötavoitteita, jotka edellyttävät entistä tehokkaampaa jätteiden hyödyntämistä. Ensimmäinen askel uusien vaatimusten ja tavoitteiden täyttämiseksi on jätteiden pitäminen erillään jo niiden syntypaikoilla (=syntypaikkalajittelu) (Ympäristöministeriö 2002). Yhdyskunta-, rakennus- ja teollisuusjätteiden määrän vuonna 2005 pitäisi olla 15 % vuoden 1994 tasosta ja kierrätysasteen vähintään 70 %. Ongelmajätteiden määrän tulisi olla 15 % pienempi kuin vuonna 1992.

Selvää kuitenkin on, että tiukentuvat lainsäädännön velvoitteet tulevat nostamaan jätteenkäsittelykustannuksia.

1.2 Syntypaikkalajittelu Suomessa

Suomessa tällä hetkellä käytössä olevissa, syntypaikkalajitteluun perustuvissa keräysjärjestelmissä kotitalouksien jäte lajitellaan 1–5:een jakeeseen kiinteistön asuntojen lukumäärän perusteella, minkä lisäksi ongelmajätteille ja hyötyjakeille on omat keräystapansa. Erikseen kerättäviä jakeita ovat lasi, metalli, biojäte, paperi, kartonki ja pahvi sekä ongelmajätteet. Näiden jakeiden lajittelun jälkeen jäljelle jää pääasiassa pakkauksia sisältävä ns. kuivajäte, joka voidaan parhaiten hyödyntää REFin raaka-aineena.

Alla esitetyt järjestelmät olivat käytössä tutkimuksen aikana

1–2 keräysastiaa (Pietarsaari/Ekorosk Oy): Jätteet lajitellaan kotitalouksissa kahteen jakeeseen: 1) märkä jäte mustaan muovipussiin ja 2) kuiva jäte valkoiseen muovipussiin, ja pussit laitetaan samaan astiaan. Viiden asunnon ja sitä suuremmilla kiinteistöillä tulee olla lisäksi astia keräyspaperille. Pussien erottelu tapahtuu optisesti värin perusteella. Kuivajakeesta valmistetaan Ewapower Oy:n pelletointilaitoksessa polttoainetta voima- ja lämpölaitoksia varten. Märkä jäte kuljetetaan Vaasaan Stormossenin laitoksen mädätysreaktoriin. Hyötyjakeille eli lasille, paperille, metallille, vaatteille, ongelmajätteille yms. on useita kymmeniä eritasoisia hyötykeräysasemia (Ekorosk Oy Ab 2002).

2–5 keräysastiaa (Vaasa): Kotitalouksissa jätteet lajitellaan 1) karkeaan jakeeseen (kaatopaikalle) ja 2) keittiöjätteeseen (biojäte ja pakkaukset). Viiden asunnon ja sitä suuremmilla kiinteistöillä tulee olla keräysastiat myös lasille, metallille ja keräyspaperille. Keittiöjätteestä erotellaan biojäte rumpuseulalla mädätysprosessiin ja pakkausjäte kuljetetaan Pietarsaareen Ewapowerin pelletitehtaan raaka-aineeksi. Hyötyjakeille on aluekeräyspisteitä (www.stormossen.fi 21.8.2002).

3 keräysastiaa (Tampere, YTV): Viiden asunnon ja sitä suuremmilla kiinteistöillä lajitellaan erikseen 1) biojäte, 2) paperi ja 3) kuivajäte. Pienemmillä kiinteistöillä vaaditaan keräysastia vain kuivajätteelle. Muille jakeille (lasi, metalli, vaatteet, maitotölkit, ongelmajätteet jne.) on omat keräyspisteensä. Kuivajäte on REFin raaka-ainetta, kun taas muut jakeet ohjataan hyötykäyttöön (www.pirkanmaan-jatehuolto.fi 21.8.2002).

5 keräysastiaa (Turku ja Jyväskylä): Jätteet lajitellaan kotitalouksissa kiinteistöjen koon perusteella seuraaviin jakeisiin: 1) biojäte, 2) lasi, 3) metalli, 4) paperi ja 5) kuiva/sekajäte. Turku on tällä hetkellä Suomen ainoa paikkakunta, jossa sekajätteitä

poltetaan erillisessä laitoksessa. Syntypaikkalajittelun myötä poltettavan jätteen laatu Turussa on kuitenkin parantunut. Jyväskylässä kuivajäte tulee olemaan REFin raaka-ainetta.

5 keräysastiaa (Lahti): Lahdessa lajitellaan jätteet alle kymmenen asunnon kiinteistöissä seuraavasti: 1) energiajäte, 2) kaatopaikkajäte ja 3) paperi (vähintään kolmen asunnon kiinteistöt). Tätä suuremmissa kiinteistöissä tulee olla lisäksi keräysastiat 4) pahvi- ja paperipakkausjätteelle ja 5) biojätteelle. Energiajäte hyödynnetään kaasuttimen polttoaineena (www.phj.fi 2.4.1999).

Eräs tärkeimmistä edellytyksistä kierrätyspolttoaineiden käytön lisääntymiselle on niiden laadun tunteminen. Jätteistä valmistetun polttoaineen laadun perustana ovat lähtö- materiaalit (raaka-aineet, jätteet), jätteiden syntypaikkalajittelu ja sen tehokkuus sekä valmistusprosessi. REFin raaka-aineiden tulisi olla sellaisia, että niistä ei aiheudu koh- tuuttomia teknisiä, päästö- tai työterveyshaittoja REFin valmistuksessa eikä käytössä. Eri materiaalien hyötykäyttöön ja niiden alkuainekoostumukseen pyritään vaikuttamaan alan päätöksillä ja asetuksilla siten, että materiaalit voidaan hyödyntää joko materiaalina tai energiana. Tämän jälkeen kierrätyspolttoaineen laadun ratkaisee jätteiden syntypaik- kalajittelu ja valmistusprosessi (REF-laitokset).

1.3 Työhygieniä

Jäte ja sen prosessointi ja käsittely saattavat aiheuttaa työntekijöille terveydellisiä hait- tavaikutuksia. Terveydellisiä haittoja aiheuttavat mm. ergonomiset tekijät, työhygieeni- set altisteet (ilmaan vapautuvat epäpuhtaudet, kuten pölyt, mikrobit ja endotoksiinit sekä melu) ja erilaiset ympäristöpäästöt. Merkittävimpiä työhygieenisia tekijöitä jätteiden käsittelyssä ovat biologiset tekijät. Jäte sisältääkin useita tauteja aiheuttavia, aller- gisoivia tai myrkyllisiä mikrobeja, kuten bakteereja, sieniä, viruksia ja loiseläinten kys- tia ja munia. Jäte muodostaa suotuisan kasvu- ja lisääntymisalustan mikrobeille sisältä- miensä ravinteiden ja kosteuden ansiosta. Jätteen koostumus, säilytyslämpötila, ikä, jätteen ja ilman kosteus sekä saatavilla oleva hapen määrä vaikuttavat siihen, kuinka paljon ja millaisia mikrobeja jätteessä esiintyy samoin kuin siihen, kuinka mikrobit pys- tyvät jätteessä lisääntymään. On tutkittu, että erityisesti kotitalousjäte sisältää terveydelle haitallisia mikrobeja runsaasti; grammassa voi olla bakteereja jopa 10^8 – 10^9 cfu. Työnte- kijä voi altistua jätteestä peräisin oleville altisteille joko olemalla jätteen kanssa suoraan kosketuksissa tai altistumalla jätteestä ilmaan vapautuville mikrobeille tai niiden ai- neenvaihduntatuotteille/osasille jätteenkäsittelyn yhteydessä (Antti-Poika 1993, Glad- ding & Coggins 1997, Hyvönen & Linnainmaa 1999, Malmros 1997).

Työhygieenisen tutkimuksen avulla ennaltaehkäisevät toimenpiteet voidaan jo lajittelumallia ja käsittelyprosessia suunniteltaessa kohdentaa oikein, välttää hukka-investoinnit sekä valita tehokkaimmat ja taloudellisesti järkevät ratkaisut.

2 Tavoitteet

Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa, materiaalitutkimuksessa, selvitettiin kolmesta erilaisesta syntypaikkalajittelujärjestelmästä (kotitaloudet) sekä kahdesta kauppaliikkeestä kerätyn kierrätyspolttoaineen raaka-aineen laatua ja kertymiä sekä poltossa haitallisten alkuaineiden (mm. Cl, S, Na, K, Cd, Hg) pitoisuuksien lähteitä.

REF-laitosten koeajoissa tutkimuksen toisessa vaiheessa testattiin materiaalitutkimuksessa mukana olleiden kotitalousjätelajittelujärjestelmän tuottamaa REFin raaka-ainetta kolmella eri tekniikalla edustavalla REF-laitoksella. Näin pyrittiin saamaan selville erilaisten valmistusprosessien vaikutus REFin laatuun erilaisilla kuiva- tai energiajätteillä.

Lisäksi tavoitteena oli luoda menetelmä, jonka avulla eri lajittelumallivaihtoehtoja harakitsevat kunnat ja yritykset voivat testata oman kertyvän energiajakeen koostumuksen ja siten optimoida keräysjärjestelmä kokonaisuutena. Tutkimusmenetelmät kuvattiin siten, että vastaava tutkimus voidaan toistaa ja tulokset ovat keskenään vertailukelpoisia.

Tutkimuksen kolmannen vaiheen, työhygieenisen tutkimuksen, tavoitteena oli selvittää lajittelutyötä tehneiden opiskelijoiden altistumista haitallisia terveysvaikutuksia aiheuttaville tekijöille sekä tarkastella, onko tutkituilla järjestelmillä eroja työhygieenisessä mielessä.

3 Tehtävät ja menetelmät

3.1 Kirjallisuusselvitys

Tutkimuksen ensimmäisen vaiheen yhteydessä tehtiin kirjallisuusselvitys, jossa kartoitettiin vuoden 1985 jälkeen Suomessa ja muissa Pohjoismaissa tehtyjä kotitalousjätteen lajittelukokeita sekä käytössä olevien lajittelumallien tutkimuksia. Selvityksessä keskiytettiin kerrostaloalueilla tehtyihin lajittelukokeisiin ja -tutkimuksiin, mutta useissa tapauksissa jätteenkeräysalueella on ollut sekä kerros- että omakotitaloja. Kirjallisuusselvitystä käytettiin apuna suunniteltaessa nykytilanteeseen sopivaa menettelyä Suomessa käytössä olevien eri syntypaikkalajittelumallien testaamiseksi. Kirjallisuusselvityksessä ei esitellä kaikkia Suomessa ja muissa Pohjoismaissa tehtyjä lajittelukokeita- ja tutkimuksia, vaan siinä pyritään ennemminkin tuomaan esille erilaisia käytännön toteutustapoja ja tulosten esittämismalleja, joita eri lajittelututkimuksissa on käytetty. Tehtyjen tutkimusten tuloksista esitetään selvityksessä vain osa, ja yksityiskohtaisemmat tulokset löytyvät kustakin tutkimuksesta tehdystä raportista, jotka on mainittu selvityksen lähde-luettelossa. Kirjallisuusselvitys on tämän raportin liitteenä (Liite A).

3.2 Materiaalitutkimus

Materiaalitutkimuksessa tutkittiin kahden kaupan kuiva-/energiajätteiden sekä kolmen erilaisen syntypaikkalajittelujärjestelmän tuottamien kuivajätteiden koostumusta ja energiahyötykäytössä ongelmallisten alkuaineiden lähteitä. Jätteiden lajittelu suoritettiin käsin.

3.2.1 Tutkimuksessa käytetyt jätteiden koe-erien keräysalueiden taustaselvitykset

Kauppojen kuivajätteet olivat jyväsyläläisten automarkettien, Seppälän, Prisman ja Keljon Citymarketin, yhden viikon kertymä.

Prisman liikevaihto vuonna 1999 oli n. 57 milj. €/a, pinta-ala 10 500 m² ja henkilökuntaa 130 hlöä. Prismassa lajitellaan jäte seuraavasti (Blom 1999):

- energiajäte
- kuivajäte
- biojäte
- metalli
- lasi
- kotikeräyspaperi
- toimistopaperi

- pahvi
- kuormalavat
- ongelmajäte.

Citymarketin liikevaihto vuonna 1999 oli 30 milj. €/a, pinta-ala 7 000 m² ja henkilökuntaa 90 hlöä. Citymarketissa energiajätettä ei lajitella erikseen. Lajiteltavat jakeet ovat (Nikara 1999):

- kuivajäte
- biojäte
- metalli
- lasi
- kotikeräyspaperi
- toimistopaperi
- pahvi
- kuormalavat
- ongelmajäte.

Automarkettien jätteet poikkeavat kotitalouksien jätteistä monessa suhteessa; biojäte on pääasiassa pilaantuneita ja vanhentuneita vihanneksia ja eineksiä, pakkaukset ovat kuljetus- ja myyntipakkauksia, muovikääreitä ja styroksia on runsaasti. Prismasta valittiin materiaalitutkimukseen energiajäte ja Citymarketista kuivajäte, jotka lajiteltiin erikseen materiaalitutkimuksessa. Lajittelussa polttokelpoisiksi todetut jakeet yhdistettiin ja siitä otettu näyte analysoitiin laboratoriossa.

Jyväskylän keräysalue

Jyväskylän alueella toimii viiden astian keräysjärjestelmä (biojäte, paperi, lasi, metalli, kuivajäte). Koe-erien (materiaalitutkimukseen sekä laitosten koeajoihin) keräysalueena oli Kangaslammen asuntoalue, josta tutkimukseen valittiin 11 kerrostaloa, joilla oli kaikkiaan 81 kpl 600 l:n kuivajätteen keräysastiaa. Tutkimusalueella asui noin 1 200 asukasta. Alueen valintaperusteena olivat mm. kerrostaloalueen ikä (rakennettu 1970-luvun alussa), alue käsittää sekä vuokra- että omistusasuntoja, alueella asuu sekä nuoria että vanhoja ihmisiä. Lisäksi edellytettiin, että lajittelujärjestelmä on toiminut alueella pitkään (ei olla enää alkukoulutusvaiheessa). Hyötykeräyspisteitä Kangaslammen alueella on kaksi. Molemmissa on astiat metallille, lasille ja paristoille. Toiseen pisteeseen voi toimittaa myös paperia, tekstiilejä ja nestepakkauskartonkia (Jyväskylän kaupungin rakennusvirasto 1999).

Pietarsaaren keräysalue

Pietarsaareissa kotitaloudet lajittelevat jätteen kahteen jakeeseen: märkään jätteeseen (musta pussi) ja kuivaan jätteeseen (valkoinen pussi), jotka viedään samaan keräysastiaan.

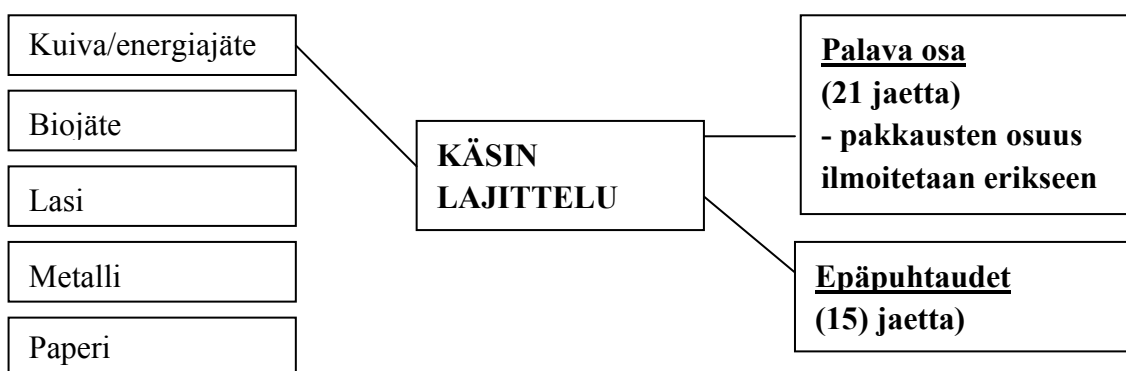
Lajittelu tapahtuu Ewapowerin optisella lajittelulaitoksella. Pietarsaaren keräysalueena olivat kaupungin kerrostaloalueet, jotka oli rakennettu 1970–90-luvuilla. Kiinteistöjen huoneistomäärä oli 796 kpl ja asukkaita huoneistoissa oli yhteensä n. 1 900. Kiinteistöt olivat sekä vuokra- että omistusasuntoja. Myös ikärakenteen ja lajittelujärjestelmän olemassaolon osalta kiinteistöjen valintakriteerit täyttyivät (Ekorosk Oy Ab 2002).

Lahden keräysalue

Lahdessa toimii ns. viiden astian keräysjärjestelmä (biojäte, paperi, pahvi- ja paperipakkaukset, energiajäte ja kaatopaikkajäte). Keräysalueeksi valittiin Metsäkankaan kerrostaloalue. Kerrostalokiinteistöillä on keräysastiat kaikille viidelle jätelajille. Asukkaita keräysalueella oli yhteensä n. 3 200. Alue täytti kaikki keräysalueille asetetut yleiset valintakriteerit, eli rakennuskanta on 1970-luvulta, alue käsittää sekä vuokra- että omistusasuntoja, asukkaat edustavat tasapuolisesti eri ikäluokkia ja lajittelujärjestelmä on ollut alueella käytössä jo pidempään (www.phj.fi 2.4.1999).

3.2.2 Toteutus

Materiaalitutkimukset suoritettiin Lassila & Tikanoja Oyj:n (ent. Säkkiväline Oy) Jyväskylän yksikön kokeisiin varaamassa hallissa. Lajittelu tapahtui käsin ja sen suorittivat Mikkelin ammattikorkeakoulun ympäristötekniikan opiskelijat. Kuvassa 1 on esitetty esimerkkinä tutkimukseen valitun Jyväskylän kotitalousjätteen erillislajitellun kuivajätteen materiaalitutkimuksen suoritus. Kuivajäte lajiteltiin käsin yhteensä 36 jakeeseen, joista 21 jaeetta oli palavia ja 15 jaeetta sisälsi epäpuhtauksia.



Kuva 1. Esimerkkinä kuiva-/energiajätteen materiaalitutkimuksen kulku Jyväskylän viiden keräysastian järjestelmästä.

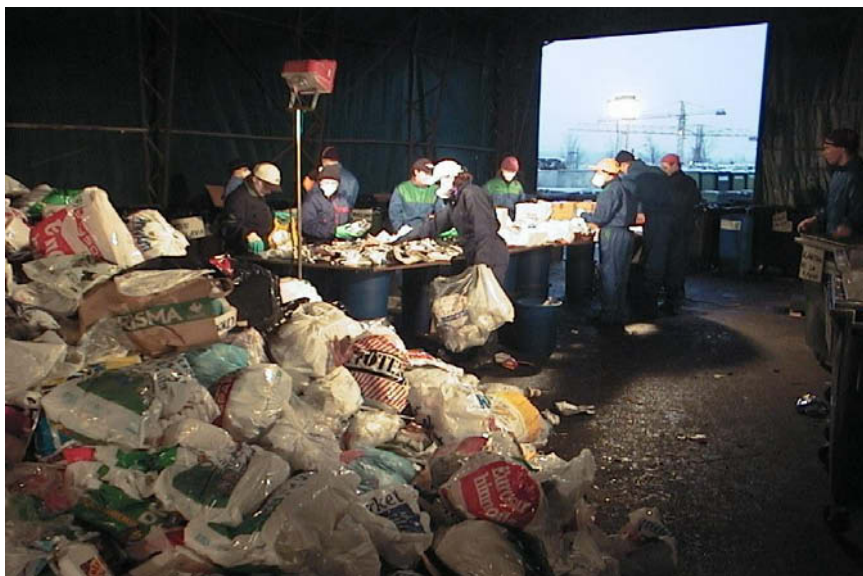
Palavina jakeina pidettiin seuraavia materiaaleja:

kalvomuovi (esim. kauppakassit), kalvomuovipakkaukset (esim. makkarapaketit), kova muovi, kovat muovipakkaukset, PVC-muovi, PVC-muovipakkaukset, aikakauslehdet, sanomalehdet, pehmopaperi, pahvi, NP-kartonki, pahvi- ja kartonkipakkaukset, paperipakkaukset, muu paperi, puu, hygieniatuotteet, kumi, nahka, tekstiilit ja muu palava.

Mekaaniset epäpuhtaudet:

biojäte, hiekka/kivi/betoni, kodinkoneet, lasipakkaukset, pantilliset lasipakkaukset, muu lasi, alumiinipakkaukset, pantilliset alumiinitölkit, muu alumiini, magneettiset metallipakkaukset, muu magneettinen metalli, posliini/keramiikka, sähkötarvikkeet, yhdistelmä materiaalit, muu palamaton ja ongelmajätteet.

Lajittelutyön kulkua on esitetty kuvassa 2, ja taulukossa 1 on esitetty materiaalitutkimuksessa mukana olleiden koe-erien määrät (kg).



Kuva 2. Lajittelutyö käynnissä. Kuvassa lajitellaan Jyväskylän kotitalouksien kuivajätettä.

Taulukko 1. Materiaalitutkimuksessa lajitellut koe-erät ja niiden määrät.

Koe-erä	Määrä (kg)
Prisman energiajäte	1 160
Citymarketin kuivajäte	1 840
Jyväskylän kuivajäte	2 600
Pietarsaaren kuivajäte	1 440
Lahden energiajäte	1 340

Laboratorioanalyysjä varten tarvittavan näytteen valmistusta varten lajittelun ja jakeiden punnituksen jälkeen jakeet yhdistettiin ja murskattiin kahteen kertaan, jolla varmistettiin materiaalien mahdollisimman hyvä sekoittuminen. Murskattavaan jakeeseen ei yhdistetty epäpuhtausfraktioita, jotka REFin valmistuslaitoksilla saataisiin suurimmaksi osaksi erotettua energia- tai kuivajätteestä tai joiden kemiallinen koostumus tunnetaan tarkasti ja niiden vaikutus valmiin REFin alkuainepitoisuuksiin saadaan selville laskennallisesti. Tällaisia fraktioita olivat metalli ja metallipakkaukset, alumiini ja alumiinipakkaukset, panttitölkit, lasi, lasipakkaukset, panttilasipullot, posliini, biojäte, hiekka, kivi, betoni, sähkötarvikkeet sekä kodinkoneet. Murskauksen jälkeen murskekasa jaettiin kauhakuormaajalla neliöintimenetelmällä ja jäljelle jäänyt osa ajettiin uudestaan murskauslinjan läpi. Tästä osasta otettiin edelleen edustavat näytteet kokoomanäytteeksi laboratorioon.

Poikkeuksena edellisestä Pietarsaaren kuivajätteestä lajitelluista materiaali-jakeista palaavat jakeet murskattiin erillisinä ja niistä kustakin otettiin edustavat polttoainenäytteet. Näytteet homogenisoitiin ja murskattiin edelleen laboratoriomittakaavan murskaimella. Tästä osasta otettiin materiaalikohtaiset laboratorionäytteet.

3.3 REF-laitosten koeajot

REF-laitosten koeajojen tarkoitus oli selvittää, miten erilainen valmistustekniikka vaikuttaa lopullisen REFin laatuun.

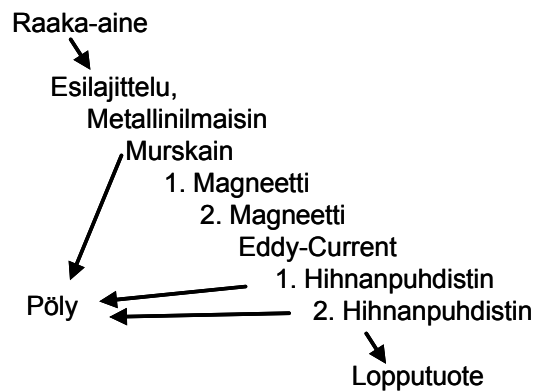
Suomessa on tällä hetkellä käytössä n. 20 keskisuurta REF-laitosta ja useita kymmeniä pieniä murskauslaitoksia. Laitokset poikkeavat toisistaan tekniikan, kapasiteetin ja käytettyjen raaka-aineiden suhteen. Tähän hankkeeseen valittiin kolme erilaista tekniikkaa edustavaa laitosta: ET-Energiatuote Oy:n (Laihia), Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy:n (Forssa) ja Ewapower Oy Ab:n (Pietarsaari) laitokset.

ET-Energiatuote Oy

ET-Energiatuote Oy:n laitoksen tuotantomäärä on n. 5 000 t/a. Laitos käyttää raaka-aineena ainoastaan kaupan ja teollisuuden jätettä. Tutkimuksessa tutkimuskohteena oli poikkeuksellisesti kuitenkin kotitalousjäte.

Raaka-aine kipataan hallin lattialle, josta se nostetaan pyöräkuormaajalla lamellikuljettimelle. Kuljettimen yläpuolella on metallinilmais, joka pysäyttää kuljettimen havaitessaan metallia materiaalin joukossa. Murskauksen jälkeen materiaali kulkee magneetin (hihnamagneetti) ali kuljettimella, jossa on lisäksi magneetti (kääntötelamagneetti). Materiaalivirran jälkeen tasamaassa on tärypöytä, joka levittää materiaalia tasaiseksi

virraksi pyörrevirtaerottimelle. Pyörrevirtaerottimen tehtävä on erotella materiaalista ei-magneettiset metallit. Laitoksen prosessi on esitetty yksinkertaistettuna kuvassa 3.

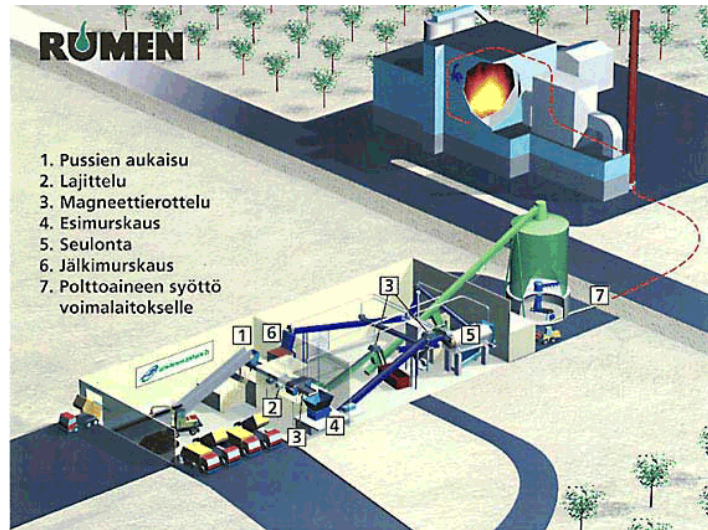


Kuva 3. ET-energiatuotteen prosessikuvaus.

Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy

Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy:n REF-laitoksen tuotantomäärä on n. 7 000 t/a. Laitoksen raaka-aineena on kaupan ja teollisuuden jäte sekä kotitalousjäte.

Kierrätyspolttoaineen raaka-aine kipataan joko lattialle tai suoraan kuljettimelle. Lattialta materiaali on lajiteltavissa kahmarilla joko pussinrepijälle/täryseulalle ja edelleen 1. magneetille (hihnamagneetti) menevälle kuljettimelle tai suoraan esimurskaimelle. Näissä koeajoissa kaikki materiaalit kipattiin suoraan kuljettimelle. Esimurskauksen jälkeen materiaali kulkee 2. magneetin (hihnamagneetti) kautta rumpuseulalle (50 mm:n reiät). Rumpuseulan jälkeen on tuuliseula, jossa erottuvat raskaat kappaleet. Seuraavaksi materiaali kulkee hienomurskaimille ja edelleen 3. magneetille (hihnamagneetti) ja sen kautta varastoon. Tätä ns. pidempää linjaa käytettiin koeajoissa. Ns. lyhyempi linja kääntyy ennen rumpuseulaa suoraan hienomurskaimille ohittaen näin rumpuseulan ja tuuliseulan. Tätä linjaa käytetään yleensä puhtaan materiaalin ja puun prosessoinnissa. Kuvassa 4 on laitoksen prosessikaavio.

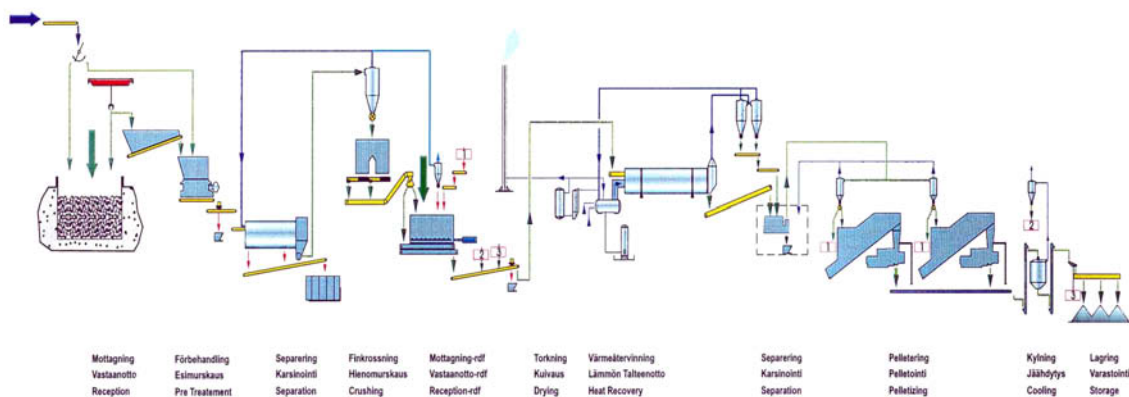


Kuva 4. Loimi-Hämeen Jätehuollon prosessikaavio.

Ewapower Oy

Ewapowerin laitos valmistaa jätteestä pellettejä ja tuotantomäärä on n. 30 000–40 000 t/a valmiita pellettejä. Raaka-aineena laitos käyttää sekä kaupan, teollisuuden että kotitalouksien jätettä.

Murskaamaton raaka-aine esimurskataan, jonka jälkeen se yhdistyy rumpuseulalla (22 mm:n reiät) laitokselle toimitettuun jo murskattuun materiaaliin. Ennen rumpuseulaa on magneetti (hihnamagneetti). Rumpuseulan jälkeen on 1. tuulierotin, jonka tehtävä on erotella materiaalin joukosta raskaita epäpuhtauksia. Seuraavana vaiheena olivat hienomurskaimet. Tämän jälkeen materiaali ajetaan kuivausrummun läpi, josta reitti jatkuu edelleen 2. tuuliseulalle. Näiden prosessivaiheiden jälkeen materiaali on valmista syötettäväksi jollekin kolmesta pellettikoneesta. Kuvassa 5 on esitetty laitoksen prosessikaavio.



Kuva 5. Ewapowerin pelletointilaitoksen prosessikaavio.

3.3.1 Toteutus

Laitoskoejoissa ajettiin laitoksien läpi tutkittavien lajittelujärjestelmien (Lahti, Jyväskylä, Pietarsaari) tuottamaa kuiva/energiajätettä, joka ei ollut samaa erää kuin materiaalitutkimuksissa käytettiin. Jyväskylän ja Pietarsaaren koe-erät oli kerätty samoilta alueilta kuin materiaalitutkimuksessa tutkitut erät, joten voitiin tehdä oletus, että materiaali-pohjat olivat samankaltaiset. Myös keräysaika oli sama, yksi viikko. Lahden keräysalue oli laajempi ja koe-erien joukossa oli myös yritysten jätettä. Taulukossa 2 on esitetty koe-ajetut materiaalit ja niiden määrät.

Taulukko 2. REF-laitosten koeajomateriaalit ja määrät (kg).

Koeajopaikka/Materiaalin alkuperä	Koe-erän suuruus (kg)
Laihia: Lahti, energiajäte	12 800
Laihia: Jyväskylä, kuivajäte	840
Laihia: Pietarsaari, kuivajäte	14 500
Forssa: Lahti, energiajäte	15 700
Forssa: Jyväskylä, kuivajäte	19 870
Forssa: Pietarsaari, kuivajäte	7 800
P-saari: Lahti, energiajäte	15 500
P-saari: Jyväskylä, kuivajäte	23 180
P-saari: Pietarsaari, kuivajäte	9 920

Ennen kutakin koeajoa laitokset puhdistettiin ja kaikki rejektilaatikat tyhjennettiin. Koeajon jälkeen eri prosessivaiheiden erottamat fraktiot (rejektit) analysoitiin ja laskettiin massataseet. Laitosten erottamista rejekteistä sekä valmiista REFistä otettiin näytteitä laboratorioanalyysyjä varten. Rejekteistä näytteenotto suoritettiin ottamalla 3–5 kpl noin 3 l:n yksittäisnäytettä kustakin kertyneestä rejektikasasta. REF-näytettä kerättiin koko koeajojen keston ajan. Näytteet otettiin 15 minuutin välein vakiokokoisella kauhallalla (n. 10 l) vapaasti putoavasta REF-virrasta (kuva 6). Poikkeuksena on Laihian laitos, jossa on automaattinen näytteenotin. Se ottaa näytteen vaiheessa, jossa mäntä puristaa valmiista REF:ää konttiin. Näytteenotin ottaa näytteen 30 sekunnin välein. Näytteen koosta johtuen näytettä pienennettiin neliöimällä.



Kuva 6. REF-näytteenotto Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy:n laitoksella.

3.4 Työhygieeniset mittaukset

Materiaalitutkimuksen lajitteluvaiheen yhteydessä tehtiin työhygieenisiä mittauksia, joiden tarkoituksena oli selvittää lajittelutyön vaikutuksia ilman epäpuhtauksien esiintymiseen. Mittaukset suoritti Kuopion aluetyöterveyslaitos. Työn tästä osasta valmistui Mikkelin ammattikorkeakouluun insinööriö ”Jätteiden lajittelujärjestelmän vaikutus terveydelle haitallisten tekijöiden muodostumiseen”.

Pöly voidaan jaotella epäorgaaniseen pölyyn ja orgaaniseen pölyyn. Näytteet kerättiin suodattimille (Millipore) IOM-keräimellä käyttäen pumppuja (SKC 224, USA), jotka oli kalibroitu saippuakuplamenetelmällä tilavuusvirralle 2,0–2,5 l/min. Näytteenottoaika oli 0,5–4 h. Näytteet kerättiin työntekijän hengitysvyöhykkeeltä (hv). Pölymittausten tulokset ilmoitetaan yksikössä mg/m^3 .

Endotoksiinit ovat gram-negatiivisten bakteereiden osia. Ko. bakteerit eivät vapauta endotoksiineja koko ajan ympäristöönsä, vaan vasta bakteerien kuollessa. Näytteet kerättiin IOM-keräimellä lasikuitusuodattimelle pumpulla (SKC 224), jonka tilavuusvirta on 2,0 l/min. Endotoksiinipitoisuudet analysoitiin Limulus Amebosyytti Lysaatti -entsyymiin perustuvalla spektrofotometrisellä menetelmällä. Näytteenottoaika oli sama kuin pölymittauksissa. Näytteet otettiin työntekijän hengitysvyöhykkeeltä. Endotoksiinipitoisuudet ilmoitetaan yksikössä ng/m^3 .

Työympäristön ilman mikrobinäytteet otettiin kuusivaiheimpaktorilla (malli 10–800, Andersen Inc., Georgia, USA). Mittauspaikoista kerättiin kolme näytettä eri kasvatusalustoille sieni-itiö- ja bakteeripitoisuuksien määrittämiseksi. Kesäolosuhteissa mitattiin myös taustapitoisuudet, jotta ulkoilman mikrobipitoisuuksien merkitys pystyttäisiin

huomioimaan tuloksia tarkasteltaessa. Näytteenottoaika oli noin 10 min. Syntyneiden pesäkkeiden määrät laskettiin ja sienet tyypitettiin valomikroskooppisesti. Näytteiden tulokset ilmoitetaan pesäkkeitä muodostavien yksiköiden määränä ilmakeuutiometrissä (cfu/m³, cfu = colony forming unit = pesäkkeen muodostava yksikkö).

4 Materiaalitutkimuksen tulokset ja tulosten tarkastelu

4.1 Kaupan jäte

4.1.1 Prisma, Seppälä

Prisman energijäte oli silmämääräisesti arvioituna hyvälaatuista. Jäte koostui pääasiassa pakkausmuoveista (kuva 7). Toiseksi suurin jae oli puu. Lajiteltavia jakeita oli yhteensä 21 kpl.

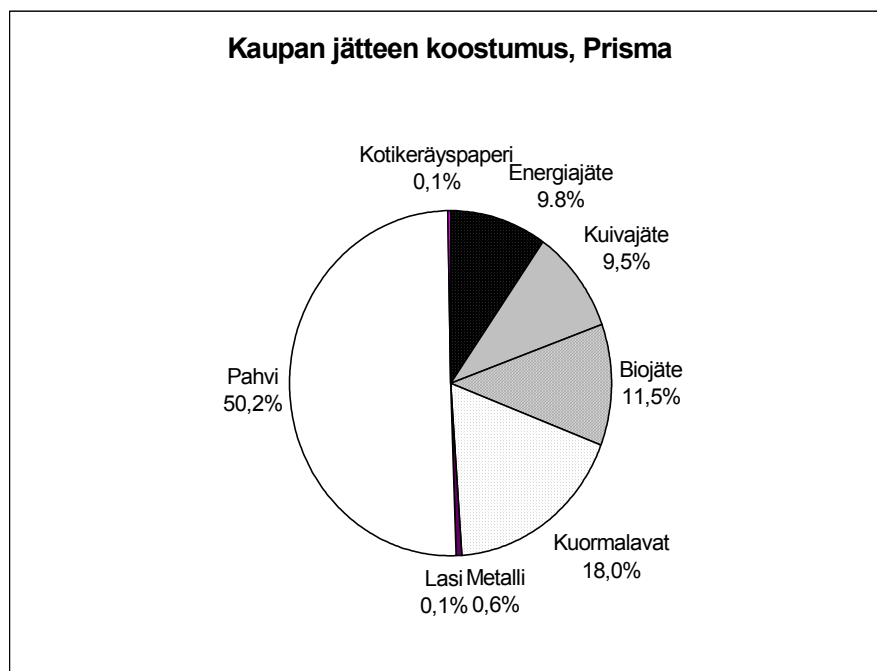


Kuva 7. Seppälän Prismassa viikossa muodostuneen energijätteen käsinlajittelua. Lajitellun Prisman energijätteen määrä oli 1 160 kg.

Kuvassa 7 on Prismasta erilliskerättyä energijätettä ja taulukossa 3 on esitetty eri jättejakeiden kertymät koejakson aikana sekä kertymät liikevaihtoa, myymälän pinta-alaa tai henkilökuntaa kohti (nämä ovat ns. toimialaa kuvaavia tunnuslukuja) (Blom 1999). Kuvassa 8 on Prisman jätteen koostumus esitetty graafisesti. Kaupan pahvijätteen kertymäksi on esitetty 42 000 kg/a, kun liikevaihto on 8–10 milj. €. Liikevaihtoa kohti lasketuna kertymä olisi tuolloin 128 kg/M€/a. Kaupan kokonaisjättemäärät olivat niin ikään vastaavasti 120 000 kg/a ja 61 kg/M€/a (Suomen kaupunkiliitto). Kuvassa 9 ja taulukossa 4 on esitetty Prisman energijätteen lajittelun tulos.

Taulukko 3. Prisman jätekertymät ajalla 11.–18.11.1999.

Jätelaji	Kertymä (kg)	Osuus (p-%)	kg/milj. €/a Liikevaihto	kg/m ² /a Pinta-ala	kg/hlö/a Henk.kunta
Energiajäte	1 160	10	30	6	465
Kuivajäte	1 120	9	29	6	449
Biojäte	1 360	12	35	7	545
Kuormalavat	2 127	18	55	11	853
Metalli	65	1	1,7	~0	26
Lasi	12	~0	0,3	~0	5
Pahvi	5 918	50	152	29	2 373
Paperi					
Kotikeräyspaperi	15	~0	0,3	0,1	6
Toimistopaperi	17	~0	0,5	0,1	7
Ongelmajäte	1	~0	0,03	~0	~0
YHTEENSÄ	11 795	100	304	59	4 731

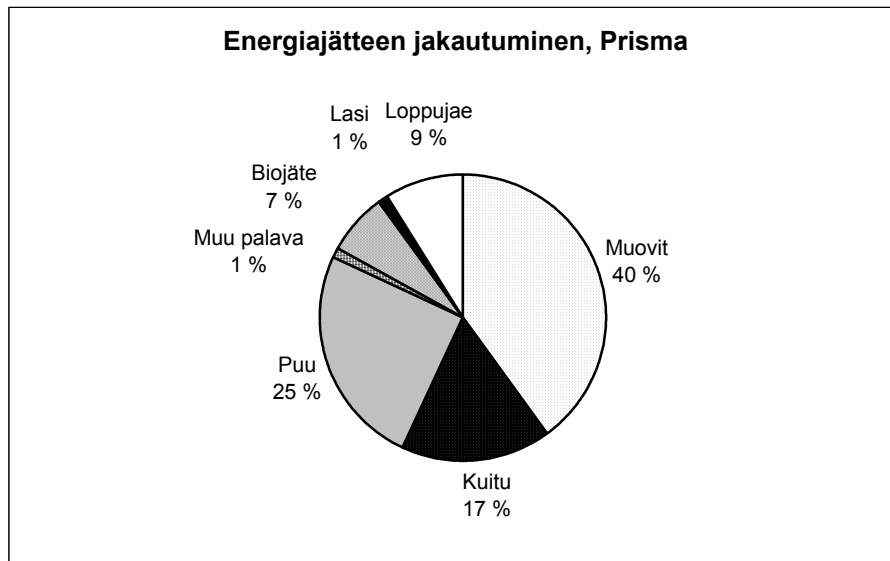


Kuva 8. Prisman jätekertymät p-%.

Taulukko 4. Prisman energiajätteen lajittelutulokset.

Jätefraktio		Kertymä (kg)	Osuus (p-%)
1 PALAVA:			
1.1 Muovit	Kovamuovipakkaus	150	13
	Pakkauskalvomuovi	303	26
	PVC-muovi	7	1
	Alumiini-laminaatti	5	~0
	Muovit yhteensä	465	40
1.2 Kuitu	Kartonki- ja pahvi-pakkaukset	134	11
	Nestepakkauskartonki	3	~0
	Pehmopaperi	28	2
	Muu paperi	42	4
	Kuitu yhteensä	207	17
1.3. Puu		291	25
1.4. Muu palava	Kumi	4	~0
	Nahka	-	-
	Muut	7	1
	Muu palava yhteensä	11	1
PALAVA YHT.	Yht. 11 jaetta	974	83
2 EPÄPUHTAUDET			
2.1 Biojäte		82	7
2.2 Metallit	Alumiini	2	~0
	Magneettinen metalli	-	-
	Metallit yhteensä	2	-
2.3 Lasi		13	1
2.4 Muut epäpuhtaudet	Romu	-	-
	Sähkötarvikkeet	-	-
	Posliini + keramiikka	-	-
	Muut epäpuht. yhteensä	-	-
2.5 Ongelmajäte		-	-
EPÄPUHTAUDET YHT.	Yht. 9 jaetta	97	8
Loppujae*		111	9
YHTEENSÄ	20 jaetta	1 182	100

*Prisman loppujae oli pääosin epäpuhtauksia (suurelta osin pienikokoista biojätettä) eikä tätä määrää yhdistetty murskattaviin polttojakeisiin. Kun loppujakeen biojäte otetaan huomioon energiajätteen koostumuksessa, niin biojätteen kokonaismäärä nousee noin 13 %:iin.



Kuva 9. Prisman energiajätteen jakautuminen (p-%).

Käsilajitellun energiajakeen määrä ennen lajittelua autovaa'alla punnittuna oli 1 160 kg. Eri fraktioiden yhteenlaskettu määrä oli kuitenkin 1 182 kg eli eroa syntyi +22 kg. Tämä ero johtunee pääasiassa autovaa'an tarkkuudesta, sulaneen lumen aiheuttamasta kosteudesta ja lajittelussa käytettyjen muovisäkkien painosta.

Lajittelijat antoivat mm. seuraavia yleisiä kommentteja.

- Muovipussit, jotka tulivat ilmeisesti pullonpalautusautomaatin jäteastioista, sisälsivät pullonkorkkeja.
- Alumiinitölkki-automaatin viereen tulisi laittaa ohjeistus, että myös ruttuiset alumiinitölkit kelpaavat automaattiin.
- Pehmopaperia kertyi runsaasti. Olisivatko kangaspyyhkeet hyvä vaihtoehto?
- Silmämääräisesti arvioituna energiajake oli puhdasta. Epäpuhtautena joukossa oli mm. hedelmälaatikoita, joissa oli hedelmiä.
- Lajittelijat antoivat kiitosta mm. sille, että elintarvikepakkausten sisällöt oli tyhjenetty biojätteeseen.

4.1.2 Citymarket, Keljo

Citymarketin kuivajäte koostui pääasiassa pakkausmuovista (kuva 10). Toiseksi suurin jae oli kuitu. Lajiteltavia jakeita oli 24 kpl. Taulukossa 6 on esitettynä kuivajätteen lajitulokset ja kuvassa 12 sama graafisesti.

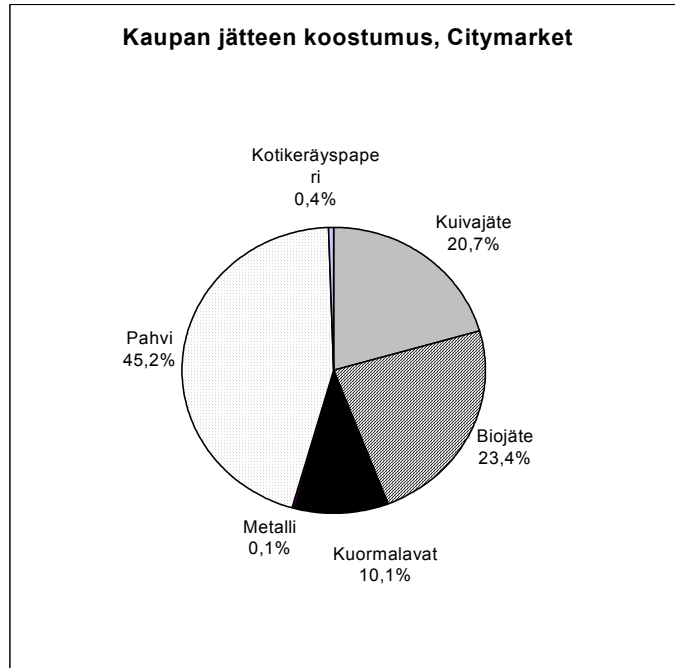


Kuva 10. Keljon Citymarketissa viikon aikana muodostunut kuivajäte odottamassa lajittelua Lassila & Tikanoja Oyj:n hallissa Jyväskylässä. Lajiteltu määrä oli 1 839 kg.

Taulukossa 5 on esitettynä jätekertymät koejakson aikana sekä eräitä Citymarketin tunnuslukuja. Kuvassa 11 jätekertymät on esitettyinä graafisesti.

Taulukko 5. Citymarketin jätekertymät ajalla 11.–18.11.1999.

Jätelaji	Kertymä (kg)	Osuus (p-%)	kg/milj. €/a Liikevaihto	kg/m²/a Pinta-ala	kg/hlö/a Henk.kunta
Kuivajäte	1 839	21	89	14	1 065
Biojäte	2 080	23	101	15	1 205
Kuormalavat	900	10	44	7	5
Metalli	12	~0	0,5	~0	7
Lasi	2	~0	0,2	~0	1
Pahvi	4 020	45	195	30	2 329
Paperi					
Kotikeräyspaperi	40	1	2	~0	23
Toimistopaperi	4	~0	0,2	~0	2
Ongelmajäte	-	-	-	-	-
YHTEENSÄ	8 897	100	432	66	5 155

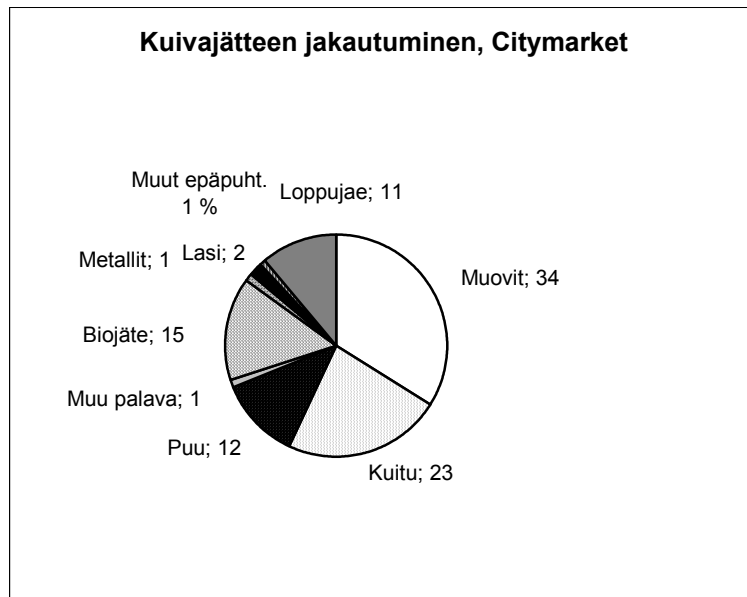


Kuva 11. Citymarketin jätekertymät p-%.

Taulukko 6. Citymarketin kuivajätteen lajittelutulokset.

Jätefraktio		Kertymä (kg)	Osuus (p-%)
1 PALAVA:			
1.1 Muovit	Kova muovipakkaus	211	11
	Pakkauskalvomuovi	422	22
	PVC-muovi	13	1
	Alumiini-laminaatti	8	~0
	Muovit yhteensä	654	34
1.2 Kuitu	Kartonki- ja pahvi-pakkaukset	145	8
	Nestepakkauskartonki	37	2
	Aikakauslehdet	22	1
	Sanomalehdet	5	~0
	Pehmopaperi	65	4
	Muu paperi	142	8
	Kuitu yhteensä	416	23
1.3. Puu		220	12
1.4. Muu palava	Kumi	8	~0
	Nahka	2	~0
	Tekstiilit	6	~0
	Hygieniatuotteet	1	~0
	Muut	9	1
	Muu palava yhteensä	26	1
PALAVA YHT.	Yht. 15 jaetta	1 316	70
2 EPÄPUHTAUDET			
2.1 Biojäte		284	15
2.2 Metallit	Alumiini	6	~0
	Magneettinen metalli	22	1
	Metallit yhteensä	28	1
2.3 Lasi		29	2
2.4 Muut epäpuhtaudet	Romu	14	1
	Sähkötarvikkeet	~0	~0
	Posliini + keramiikka	3	~0
	Muut epäpuht. yhteensä	17	1
2.5 Ongelmajäte		-	-
EPÄPUHTAUDET YHT.	Yht. 9 jaetta	358	19
Loppujae*		211	11
YHTEENSÄ	24 jaetta	1 885	100

* Citymarketin loppujae oli pääosin epäpuhdasta (suurelta osin pienikokoista biojätettä) eikä tätä määrää yhdistetty murskattaviin palaviin jakeisiin. Loppujakeen biojäte nostaa kuivajätteen sisältämän biojätteen kokonaismäärän noin 22 %:iin.



Kuva 12. Citymarketin kuivajätteen jakautuminen (p-%).

Verrattuna Prisman energijäte- ja kuivajättekertymään Citymarketissa kuivajätteen kertymä on suunnilleen yhtä suuri.

Prisman energijäte oli silmämääräisesti arvioituna parempilaatuista kuin Citymarketin vastaava. Citymarketin kuivajätteessä oli biojätettä n. 15 p-% (Prisman jätteessä n. 7 p-%). Biojätteen suuri määrä Citymarketissa selittyy osaksi sillä, että myyntiin kelpaamattomat elintarvikepaketit olivat tyhjentämättä. Epäpuhtauksissa biojätteen osuus edusti 77 p-%.

Polton kannalta haitallista alumiini- ja alumiinilaminaattijätettä syntyy kaupoissa jonkin verran. Tätä löytyi myös Prisman energijätteestä. Lajitteluohjeistusta kaupoissa tulisi tehostaa.

PVC-muovia tunnistettiin mm. kaupan hyllyjen hintalistoista sekä hedelmälaatikoiden reunanauhoista. Suhteellisen painavat hintalistat selittävätkin suurelta osin kaupan jätteestä analysoitua poikkeuksellisen korkeaa klooripitoisuutta. PVC-muovin klooripitoisuus on noin 30–60 p-%.

Loppujae sisälsi materiaaleja, jotka olivat sekalaisia ja palakooltaan pientä. Citymarketin kuivajätteen loppujae oli pääasiassa marketin yhteydessä toimivan pikaruokaravintolan jätteitä.

Käsilajitellun kuivajätteen määrä ennen lajittelua autovaa'alla punnittuna oli 1 839 kg. Eri fraktioiden yhteenlaskettu määrä on kuitenkin 1 885 kg eli eroa on +46 kg. Tämä ero, samoin kuin Prisman energijätteen kokonaismäärien ero, johtuu vaakojen tark-

kuuksista sekä kosteudesta ja muovisäkeistä. Esimerkiksi autovaa'alla, jolla kokonaiskertymät punnittiin, oli mittaustarkkuus ± 30 kg.

Lajittelijat antoivat mm. seuraavia yleisiä kommentteja.

- Citymarketin kuivajätteen joukossa oli paljon avaamattomia elintarvikepakkauksia; broileria, lihaa, jogurtteja, jauhoja jne. Myös aivan puhdasta biojätettä, kuten lihaa ja kalaa, esiintyi.
- Keljon Citymarketin yhteydessä olevan pikaruokaravintolan jätteet muodostivat suhteessa suuren osan kuivajätteestä, etenkin nestepakkauskartonkia oli paljon.

4.2 Kotitalousjäte

4.2.1 Kuivajäte, Jyväskylä

Jyväskylän alueella on käytössä viiden astian keräysjärjestelmä, jossa kotitaloudet lajittelevat syntyvät jätteet (biojäte, lasi, metalli, paperi ja pahvi sekä kuivajäte). Kuivajäte kuljetetaan Mustankorkea Oy:lle. Materiaalitutkimuksessa käsitelty määrä oli 2 607 kg (kuva 13). Taulukossa 7 on esitettyä kunkin astian jätekertymät koe-erän keräysajalta.



Kuva 13. Kotitalouksien kuivajätettä 5 astian keräysjärjestelmästä Jyväskylästä. Lajiteltu määrä oli 2 600 kg (1 200 as.).

Taulukko 7. Jyväskylän jätekertymät ajalla 17. –24.11.1999.

Jätelaji	Kertymä (kg)	Osuus (p-%)	Kertymä (kg/as/a)
Kuivajäte	2 600	49	113
Biojäte	1 040	20	45
Metalli	49	1	2
Lasi	53	1	2
Kotikeräyspaperi +pahvi	1 520	29	66
YHTEENSÄ	5 262	100	228

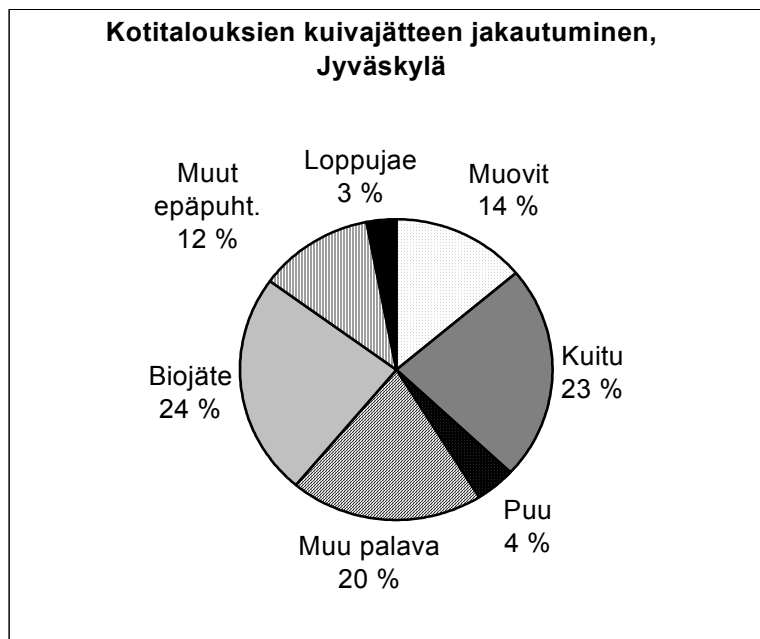
Kuivajätteen lajittelun tulos on taulukossa 8 ja kuvassa 14. Jäte lajiteltiin 39 eri fraktioon.

Taulukko 8. Jyväskylän kotitalouksien kuivajätteen lajittelutulokset.

Jätefraktio			Kertymä (kg)	Osuus (p-%)
PALAVA:				
1 Muovit	1.1 Kalvomuovi	Pakkaukset	79	3
		Muut	83	3
	1.2 Kova muovi	Pakkaukset	143	6
		Panttipullot	1	~0
		Muut	42	2
	1.3 PVC-muovi	Pakkaukset	2	~0
		Alumiini-laminaatti	16	1
		Muut	10	~0
Muovit yhteensä			376	15
2 Kuitu	2.1 Aikakauslehdet		10	~0
	2.2 Sanomalehdet		60	2
	2.3 Pehmopaperi		75	3
	2.4 Pahvi		40	2
	2.5 Pakkaukset	NP-kartonki	140	5
		Pahvi+kartonki	138	5
		Paperi	21	1
	2.6 Muu paperi		120	5
Kuitu yhteensä			604	23
3 Puu			93	4
4 Muu palava	4.1 Hygieniatuotteet		260	10
	4.2 Kumi		19	1
	4.3 Nahka		23	1
	4.4 Tekstiilit		182	7
	4.5 Muut		30	1
	Muu palava yhteensä			514

PALAVA YHT.		1 587	62	
Loppujae*		82	3	
EPÄPUHTAUDET				
1 Biojäte		632	24	
2 Hiekka, kivi, betoni		74	3	
3 Kodinkoneet		20	1	
4 Lasi	4.1 Pakkaukset	48	2	
	4.2 Panttilasi	15	1	
	4.3 Muu lasi	17	1	
	Lasi yhteensä	80	3	
5 Metallit	5.1 Alumiini	Pakkaukset	12	~0
		Panttitolkit	~0	~0
		Muu alumiini	8	~0
	5.3 Magn. Metallit	Pakkaukset	27	1
		Muu magn. Metallit	24	1
Metallit yhteensä	71	3		
6 Muut epäpuhtaudet	6.1 Posliini + keramiikka	13	~0	
	6.2 Sähkötarvikkeet	9	~0	
	6.3 Yhdistelmä-materiaalit	27	1	
	6.4 Muut	1	~0	
	Muut epäpuht. yhteensä	50	1	
EPÄPUHTAUDET YHT.		927	35	
7 Ongelmajäte		11	~0	
YHTEENSÄ		2 607	100	

*Kotitalousjätteen loppujae oli pääosin palavaa, pienikokoista muovi- ja paperimateriaalia ja tämä määrä yhdistettiin murskattaviin palaviin jakeisiin.



Kuva 14. Jyväskylän kuivajätteen jakautuminen (p-%).

Kotitalouksien kuivajätteen suurimmat fraktiot (p-%) järjestyksessä ovat: 1. biojäte, 2. hygieniatuotteet, 3. tekstiilit, 4. kovat muovipakkaukset, 5. pahvi- ja kartonkipakkaukset sekä 6. muu paperi. Näiden yhteenlaskettu osuus kokonaiskertymästä oli yli 50 p-%.

Biojätteen osuus oli selvästi suurin. Sen osuus kuivajätteestä oli 24 p-%. Palamattomasta aineksesta tämän osuus oli peräti 68 p-%. Havaittiin, että vaikka ihmiset kotona lajittelisivatkin biojätteen, he saattavat laittaa pussin väärään astiaan.

Erilliskeräilystä huolimatta kuivajätteen joukossa oli lasia ja metallia yhteensä 6 p-%. Määrällisesti kuivajätteen seassa oli enemmän lasia ja metallia kuin näiden jakeiden keräysastioissa kiinteistöllä.

Myös tekstiilien määrä yllätti. Tämä osoittaa, että tekstiileitä ei kuljeteta hyötykeräyspisteeseen.

Kotitalousjätteen osalta lajittelijat antoivat seuraavia kommentteja.

- Kuivajätteestä oli selvästi havaittavissa, että kotitalouksissa lajitellaan hyvin, mutta biojättepussi on laitettu väärään astiaan.
- Lajitteluohjeisiin tarvittaisiin lisäohjeita, sillä kuivajätteen joukossa oli nestepakkaukset, joissa oli sisällä biojätettä. Kuivajätteessä esiintyi myös nestepakkaukset, joiden sisään oli kerätty useita ko. pakkauksia.
- Hyötykäyttöön kelpaavaa materiaalia, esim. tekstiilejä, esiintyi huomattavia määriä.

4.2.2 Kuivajäte, Pietarsaari

Pietarsaaren keräysalueella on kerrostalokiinteistöillä käytössä yhden astian lajittelujärjestelmä, jossa samaan keräysastiaan kerätään märkä jäte (mustassa muovipussissa) ja kuiva jäte (valkoisessa muovipussissa) (kuva 15). Viikon keräysjaksolla (taulukko 9) keräysalueelta saatiin mustia ja valkoisia pusseja yhteensä 5 180 kg. Tämä kokonaismäärä kuljetettiin Jyväskylään, ja esilajittelussa eroteltiin mustat ja valkoiset pussit toisistaan. Kuivajäte (valkoiset pussit) jaettiin 37 fraktioon.

Esilajittelun jälkeen valkoiset pussit lajiteltiin tarkemmin ns. materiaalitutkimuksessa. Taulukossa 9 esitetään kotitalousjätteen kertymä Pietarsaaren alueella keräysjaksolla asukasta kohti ja taulukossa 10 materiaalitutkimuksessa saatu materiaali jakauma.



Kuva 15. Kotitalouksien kuivajäte yhden astian keräysjärjestelmästä Pietarsaaresta. Lajitellun jätteen määrä oli 1 435 kg (1 910 as.).

Taulukko 9. Kotitalousjätteen kertymä Pietarsaaren kotitalouksista keräysalueelta 7.3–16.3.2000 keräysjaksolla.

Jätelaji	Kertymä (kg)	Osuus (p- %)	Kertymä (kg/as/a)
mustat pussit	3 746	72	80
valkoiset pussit	1 435	28	30
YHTEENSÄ	5 180	100	110

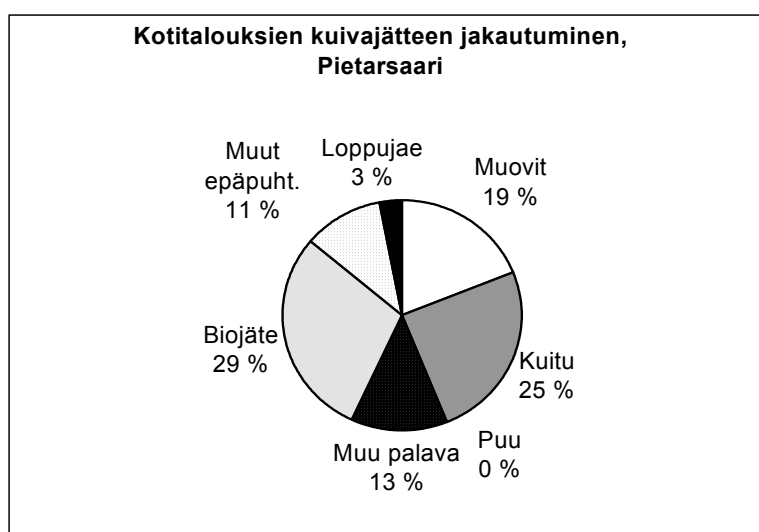
Pietarsaaren kohdalla ei otettu mukaan keräyspaperia, joka nostaa kertymää n. 50 kg/as. vuodessa. Lisäksi lasia ja metallia viedään aluekeräyspisteisiin yhteensä arviolta 5–10 kg/as. vuodessa. Kun nämä huomioidaan, kokonaiskertymäksi tulee n. 170 kg/as. vuodessa.

Taulukko 10. Pietarsaaren kotitalouksien kuivajätteen (valkoiset pussit) lajittelutulokset.

Jätefraktio			Kertymä (kg)	Osuus (p-%)
PALAVA:				
1 Muovit	1.1 Kalvomuovi	Pakkaukset	45	3
		Muut	124	9
	1.2 Kova muovi	Pakkaukset	71	5
		Panttipullot	-	-
		Muut	15	1
	1.3 PVC-muovi	Pakkaukset	1	~0
		Muut	8	0,5
		Alumiini-laminaatti	10	0,5
Muovit yhteensä			274	19
2 Kuitu	2.1 Aikakauslehdet		6	~0
	2.2 Sanomalehdet		18	1
	2.3 Pehmopaperi		36	2
	2.4 Pahvi		47	3
	2.5 Pakkaukset	NP-kartonki	81	6
		Pahvi+kartonki	66	5
		Paperi	11	1
	2.6 Muu paperi		96	7
Kuitu yhteensä			361	25
3 Puu			4	~0
4 Muu palava	4.1 Hygieniatuotteet		110	8
	4.2 Kumi		1,5	~0
	4.3 Nahka		3	~0
	4.4 Tekstiilit		54	4
	4.5 Muut		13	1
	Muu palava yhteensä			182
PALAVA YHT.			821	57
EPÄPUHTAUDET				
1 Biojäte			415	29
2 Hiekka, kivi, betoni			12	1
3 Kodinkoneet			65	~0
4 Lasi	4.1 Pakkaukset		13	1
	4.2 Panttilasi		4	~0
	4.3 Muu lasi		19	1
	Lasi yhteensä			36
5 Metallit	5.1 Alumiini	Pakkaukset	4	~0
		Panttitölkit	~0	0
		Muu alumiini	2	~0
	5.2 Magn. Metallit	Pakkaukset	6	~0
		Muu magn. met.	25	2
	Metallit yhteensä			36

6 Muut epäpuhtaudet	6.1 Posliini + keramiikka	3	~0
	6.2 Sähkötarvikkeet	1	~0
	6.3 Yhdistelmämaterialit	11	1
	6.4 Muut	51	4
	Muut epäpuht. yhteensä	66	5
EPÄPUHTAUDET YHT.		570	40
Loppujae*		40	3
Ongelmajäte		4	~0
YHTEENSÄ		1 435	100

*Loppujae sisälsi lunta, jätää ja muuta palamattomaksi luokiteltavaa pienikokoista materiaalia, eikä sitä yhdistetty murskattaviin polttojakeisiin.



Kuva 16. Pietarsaaren kuivajätteen jakautuminen (p-%).

4.2.3 Energiajäte, Lahti

Kuvassa 17 on Lahden energiajätettä ennen lajittelua. Taulukossa 11 esitetään Lahden keräysalueelta kerättyjen eri jätelajien määrät sekä kertymä asukasta kohti (alueella 3 200 asukasta) keräysjaksolla, joka oli noin 1 viikko. Jätteen toimittajana oli Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy. Taulukossa 12 esitetään Lahden keräysalueelta kerätyn energiajätteen materiaalitutkimuksen tulokset. Energiajäte jaettiin 37 fraktioon.



Kuva 17. Kotitalouksien energiajäte Lahdesta, jossa on viiden astian keräysjärjestelmä. Lajittelukokeessa tutkittu määrä oli 1 390 kg (3 200 as.).

Taulukko 11. Lahden keräysalueelta 6.3–14.3.2000 kerättyjen jätelajien määrät ja kertymä asukasta kohti.

Jätelaji	Kertymä (kg)	Osuus (p-%)	Kertymä (kg/as/a)
Keräyspaperi	2 280	24	32
Pahvi- ja paperipakkausjäte	320	3	5
Biojäte	2 620	27	37
Energiajäte	1 340	14	19
Kaatopaikkajäte	3 020	32	43
YHTEENSÄ	9 580	100	136

Lahden keräysalueelta kerätyn energiajätteen materiaalitutkimuksen lisäksi selvitettiin käsinlajittelulla myös kerätyn kaatopaikkajätteen jakautuminen palavaan ja epäpuhtauksiin. Kaatopaikkajätteestä (kokonaismäärä 3 020 kg) oli palavaa 1 630 kg (54 p-%) ja epäpuhtauksia 1 390 kg (46 p-%).

Lahden keräysalueella tai keräysalueen välittömässä läheisyydessä sijaitseviin hyötyjätepisteisiin vietyjä jätemääriä ei tutkimuksen yhteydessä määritetty. Keräysalueen vaikutusalueella sijaitsevat yhteensä kolme hyötyjätepistettä, joilla kerätään lasia, metallia, nestepakkauskartonkia, paperia, paristoja ja vaatteita. Näiden huomioiminen nostaisi kertymää n. 10 kg/as. vuodessa.

Taulukko 12. Lahden keräysalueelta kerätyn energiajätteen materiaalitutkimustulokset.

Jätefraktio			Kertymä (kg)	Osuus (p-%)
PALAVA:				
1 Muovit	1.1 Kalvomuovi	Pakkaukset	103	11
		Muut	71	8
	1.2 Kova muovi	Pakkaukset	107	12
		Panttipullot	-	-
		Muut	19	2
	1.3 PVC-muovi	Pakkaukset	1	~0
		Muut	1	~0
Alumiini-laminaatti*		6	~0	
Muovit yhteensä			308	35
2 Kuitu	2.1 Aikakauslehdet		2	~0
	2.2 Sanomalehdet		50	5
	2.3 Pehmopaperi		50	5
	2.4 Pahvi		50	5
	2.5 Pakkaukset	NP-kartonki	52	6
		Pahvi+kartonki	73	8
		Paperi	19	2
	2.6 Muu paperi		142	16
Kuitu yhteensä			438	49
3 Puu			32	4
4 Muu palava	4.1 Hygieniatuotteet		7	1
	4.2 Kumi		~0	~0
	4.3 Nahka		~0	~0
	4.4 Tekstiilit		24	3
	4.5 Muut		5	~0
	Muu palava yhteensä			36
PALAVA YHT.			814	92
EPÄPUHTAUDET				
1 Biojäte			51	6
2 Hiekka, kivi, betoni			1	~0
3 Kodinkoneet			-	-
4 Lasi	4.1 Pakkaukset		1	~0
	4.2 Panttilasi		1	~0
	4.3 Muu lasi		4	~0
	Lasi yhteensä.			6
5 Metallit	5.1 Alumiini	Pakkaukset	3	~0
		Panttitölkit	-	-
		Muu alumiini	1	~0
	5.2 Magn. Metallit		1	~0
Metallit yhteensä			5	~0

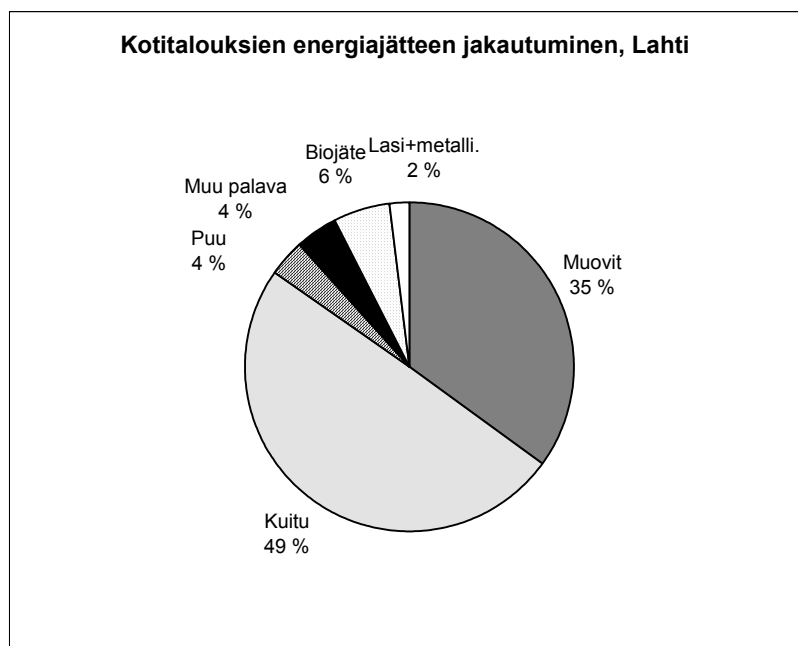
6 Muut epäpuhtaudet	6.1 Posliini + keramiikka	0	0
	6.2 Sähkötarvikkeet	2	~0
	6.3 Yhdistelmäateriaalit	2	~0
	6.4 Muut**	48	-
	Muut epäpuht. yhteensä	52	0
EPÄPUHTAUDET YHT.		115	8
Loppujae***		(316)	-
Ongelmajäte		0	0
YHTEENSÄ****		929	100

* Alumiinilaminaateista osassa oli PVC-muovia.

** Muut epäpuhtaudet koostuivat pääosin lumesta, jota ei ole laskettu %-osuuksiin.

*** Kotitalousjätteen loppujae oli pääosin lunta ja jäätä, tätä määrää ei yhdistetty murskattaviin palaviin jakeisiin, eikä huomioitu energiajätteen kokonaismäärässä.

**** Energiajätteen kokonaismäärä punnittuna ennen lajittelua oli 1 340 kg, noin 100 kg:n vähenemä on sulanutta lunta ja jäätä. Loppujae mukaan laskettuna kokonaismäärä oli 1 245 kg.



Kuva 18. Lahden energiajätteen jakautuminen (p-%).

Lahden energiajätteessä on merkille pantavaa suuri kuitutuotteiden osuus ottaen huomioon lajittelujärjestelmä, jossa kiinteistöllä on astiat keräyspaperin lisäksi kuitupakkauksille.

Lahdessa tutkittiin myös kaatopaikka-astian sisältö jakamalla se palavaan osaan ja epäpuhtauksiin. Kaatopaikkajätteessä oli palavaa jätettä 1 630 kg, kun energiajätteessä palavan jätteen määrä oli samalta keräysjaksolta 814 kg. Osa kaatopaikkajätteen palavasta on todennäköisesti ollut oikein lajiteltua eli niitä tuotteita ja materiaaleja, jotka ovat palavia, mutta saattavat sisältää poltossa haitallisia aineita.

Lahden energiajätteen suurta lumi- ja jääpitoisuutta selvitettiin jälkikäteen. Selvityksissä ilmeni, että ennen siirtoa Lahdesta Jyväskylään energiajäte jouduttiin siirtämään kuljetuslavalta toiselle. Siirron yhteydessä kuorma kipattiin maahan, josta se nostettiin kauhakuormaajalla kuljetuslavalle. Tässä yhteydessä energiajätteeseen sekoittui lunta ja jäätä, jotka materiaalitutkimuksen käsinlajittelussa todettiin. Energiajätteen keräys- ja hyödyntämisketjun normaalitoiminnassa tällaista työvaihetta ei ole, joten energiajätteen lumi- ja jääpitoisuus ei yleensä ole kovin merkittävä. Lumen ja jään osuudet on poistettu tuloksista.

4.3 Analyysitulokset

Analyysien tarkoitus oli selvittää REF:n raaka-aineiden ja valmiin REF:n energiahyötykäytössä haitalliset alkuaineiden pitoisuudet.

4.3.1 Kierrätyspolttoaineiden laatuluokat ja laatuvaatimukset

Taulukossa 13 on esitetty SFS-standardin (ns. REF-standardin) ”Jätteen jalostaminen kiinteäksi polttoaineeksi. Laadunvalvontajärjestelmä” mukainen kierrätyspolttoaineiden laatuluokitus. Kaikkien ko. luokan raja-arvojen tulee toteutua samanaikaisesti. Taulukoon on valittu ne ominaisuudet, jotka on katsottu tärkeimmiksi kierrätyspolttoaineiden käytön, päästöjen ja käytöstä aiheutuvien teknisten riskien kannalta.

Taulukko 13. Kierrätyspolttoaineiden laatuluokat (SFS-standardi nro 5875).

Kohta	Ominaisuus	Raja-arvon Kohdistum.	Yks.	Ilm. Tark.	LAATULUOKAT		
					I	II	III
1	Klooripitoisuus kuiva-aineessa	⁵⁾	m-% ⁶⁾	0,01	<0,15	<0,50	<1,50
2	Rikkipitoisuus kuiva-aineessa	⁵⁾	m-% ⁶⁾	0,01	<0,20	<0,30	<0,50
3	Typpipitoisuus kuiva-aineessa	⁵⁾	m-% ⁶⁾	0,01	<1,00	<1,50	<2,50
4	Kalium- ja natriumpit. kuiva-aineessa ¹⁾	⁵⁾	m-% ⁶⁾	0,01	<0,20	<0,40	<0,50
5	Alumiinipit. kuiva-ain. (metallinen)	⁵⁾	m-% ⁶⁾	0,01	²⁾	³⁾	⁴⁾
6	Elohopeapitoisuus kuiva-aineessa	⁵⁾	mg/kg	0,1	<0,1	<0,2	<0,5
7	Kadmiumpitoisuus kuiva-aineessa	⁵⁾	mg/kg	0,1	<1,0	<4,0	<5,0

Yhteenlaskettu (K+Na) vesiliukoisen ja ionivaihtuvan osan pitoisuus kuiva-aineessa.

- 1) Metallista alumiinia ei sallita, mutta se on hyväksyttävissä ilmoitustarkkuuden rajoissa.
- 2) Syntypaikkalajittelulla ja polttoaineen valmistusprosessilla pyritään poistamaan alumiini.
- 3) Alumiinipitoisuus sovitaan erikseen.
- 5) Raja-arvo kohdistuu enintään 1 000 m³:n tai yhden kuukauden aikana valmistettuun tai toimitettuun polttoainemäärään ja se tulee verifioida vähintään vastaavalla tiheydellä.
- 6) m-% tarkoittaa massan osuutta prosentteina.

Metallisen alumiinin kohdalla laatuluokan I raja-arvolla tarkoitetaan sitä, että metallista alumiinia pitää kierrätyspolttoaineessa olla vähemmän kuin ilmoitustarkkuus eli < 0,01 m-%. Tämä on myös erään suomalaisen kattilavalmistajan näkemys metallisen alumiinin määrästä polttoaineessa olemassa olevissa voimakattiloissa. Käytännössä metallisen alumiinin määrä saa olla 100 g/1 000 kg polttoainetta. Tämän tutkimuksen REF-analyyseissä ko. pitoisuus vaihteli välillä 0,07–0,87 % eli metallista alumiinia oli 700–8 700 g/1 000 kg REFia. Esimerkiksi Tukholmassa Högdalenissa sijaitsevassa leijukerroskattilassa metallisen alumiinin raja-arvo on 0,25 %, Lahden Lämpövoiman Oy:n kaasuttimessa pitoisuus saa olla korkeintaan 0,40 %, joten keskiarvo on 0,30. AkerKvaenerin toimittamissa laitoksissa metallisen alumiinin pitoisuus saa olla 1,0 % (Kinni 1999).

Yllä olevan taulukon raja-arvot on laadittu standardin valmistelun aikana olemassa olevien kattiloiden polttoaineiden laatuvaatimusten perusteella. Raja-arvojen pohjana on lisäksi ollut standardin valmistelleen asiantuntijaryhmän käytössä ollut laaja kierrätyspolttoaineanalyysien määrä.

Kierrätyspolttoaineiden käytössä tulee ottaa huomioon ko. kattilalaitoksen vaatimukset polttoaineille ja valmistaa tämän pohjalta REFIn ja pääpolttoaineen seos REFIn laatu huomioiden. Periaatteena on, että mitä huonompi REF:in laatu on, sitä vähemmän sitä voidaan käyttää ja näin ollen huolellisemmin tasalaatuinen polttoaineseos tulee valmistaa. Paras vaihtoehto tietysti olisi erillinen REF-syöttölinja kattilaan, jolloin REFIn määrää voitaisiin säädellä tarkasti sekä tarvittaessa lopettaa REFIn syöttö kattilaan välittömästi.

Viime vuosien aikana on tapahtunut kehitystä kattilatekniikassa, ja REFIn käyttöön soveltuvia leijukerroskattiloita on rakennettu Skotlantiin, Espanjaan ja Ruotsiin. Myös kaasutustekniikkaa on kehitetty REFIn käyttöä ajatellen ja kaasutuslaitoksia on rakennettu mm. Suomeen ja Hollantiin. Nämä ratkaisut sallivat useille haitallisille aineille selvästi korkeampia pitoisuuksia verrattuna olemassa oleviin kiinteän polttoaineen kattiloihin.

Kloorin osalta nämä laitokset sietävät myös korkeita pitoisuuksia. Leijukerroskattiloissa tähän on päästy mm. uusilla tulistinmateriaaleilla ja voimakattiloita alhaisemmilla höyrynarvoilla. Kaasuttimen tuotekaasusta voidaan puhdistaa kloori yli 90-prosenttisesti kohtuullisin kustannuksin. Lahden Lämpövoima Oy:n vaatimus klooripitoisuudelle on 0,30 % (maks.) ja 0,15 % (keskiarvo).

Rinnakkaispolton raja-arvot on tarkoitettu olemassa oleville kattilalaitoksille. REFIn laatuvaatimukset ovat laitoskohtaisia ja ne riippuvat mm. polttotekniikasta, höyryn tulisuarvoista ja pääpolttoaineista. REFIn laatu on myös käyttöä rajoittava tekijä, mikä tulee ottaa huomioon pääpolttoaineen ja REFIn seossuhteessa. Kloorin aiheuttaman päästö- ja korroosioriskin suhteen pääpolttoaineen olisi hyvä sisältää jonkin verran rikkiä, jolloin polttoaineseoksen rikki/kloori-moolisuhde saataisiin turvalliselle alueelle. Suhteen tulisi olla vähintäänkin yli kaksi ja mielellään yli neljä (Salmenoja 2000).

4.3.2 Analyysitulosten tarkastelu

Kierrätyspolttoaineiden laadun ilmoittamisessa voidaan käyttää taulukon 13 lisäksi tuoteselostetta, jossa esitetään analyysitulokset ja tarpeelliseksi katsotut muut ominaisuudet. Seuraavalla sivulla taulukossa 14 on esitetty kuiva-/energiajätteiden palavan jakeen analyysitulokset REF-standardissa olevan tuoteselosteen mukaisesti. Lisäyksenä on taulukon 10 kohta 4, jossa esitetään myös muita analysoituja alkuaineita ja ominaisuuksia.

Taulukon 10 viimeisiin sarakkeisiin on lisäksi koottu vertailupohjaksi analyysitietoja Suomessa käytetyistä kivihiili- ja turvelaaduista (Alakangas 2000). Tulokset ovat pääasiassa keskiarvoja useista analyyseistä. Kalium+natrium-tulos on kokonaispitoisuus eli nämä analyysitulokset eivät ole kaikilta osin suoraan vertailukelpoisia tässä tutkimuksessa saatujen tulosten kanssa.

Näytemäärät olivat tutkittavaan erään nähden merkittävästi suurempia kuin esimerkiksi REF-standardissa suositellaan. Tällä tavoin haluttiin pienentää näytteenotosta johtuvaa virhettä ja saada mahdollisimman luotettavat tulokset. Käytetyt analyysimenetelmät ovat REF-standardin mukaisia tai muita yleisesti käytössä olevia menetelmiä.

Poikkeuksena on Pietarsaaren kuivajäte, josta näyte on otettu ET-Energiatuote Oy:n (Laihia) REF-laitoksen koeajojen yhteydessä, koska Pietarsaaren kuivajätteen palavista materiaaleista otettiin näytteet eräiden haitta-aineiden (Cl, S, Na+K, Cd, Hg) analyysiin (ks. kappale 4.5.4). REF-laitosten koeajoissa käytetty näytteenotto on kuvattu aikaisemmin kappaleessa 3.3.1.

Taulukko 14. Kuiva-/energiajätteiden palavan jakeen analyysitulokset.

Kohta	Alkuaine/ominaisuus	Yks.	Ilm.-tarkk.	Kaupat Prisma + C-market	Jkl	Lahti	Kivihilli	Turve
1	Laatuluokkaominaisuudet ¹⁾							
1.1	Kloori (Cl)	m-%	0,01	1,04	1,03	0,65	0,103	0,04
1.2	Rikki (S)	m-%	0,01	0,06	0,18	0,06	0,83	0,19
1.3	Typpi (N)	m-%	0,01	0,32	1,45	0,7	1,3	2,01
1.4	Kalium (K) + natrium (Na)	m-%	0,01	0,21	0,65	0,19	0,015	0,027
1.5	Alumiini, metallinen (Al)	m-%	0,01	0,07	0,48	0,23	-	-
1.6	Elohopea (Hg)	mg/kg	0,1	<0,09	0,5	<0,1	0,11	0,05
1.7	Kadmium (Cd)	mg/kg	0,1	3,0	5,2	5,3	0,22	0,12
Laatuluokka				III	III			
2	Käyttöominaisuudet ¹⁾							
2.1	Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa, $Q_{net, ar}$	MJ/kg	0,1	26,39	15,24	15,11	24,8	9,6
2.2	Energiatiheys, E_{ar}	MWh/ m ³	0,01	-	-	-		
2.3	Kosteus saapumistilassa, M_{ar}	m-%	0,1	18,1	31,5	33,9	10,0	48,5
2.4	Tuhkapitoisuus, A_d	m-%	0,1	2,6	7,6	6,6	15,1	5,1
2.5	Palakoko	Mm	10	-	-	-		
2.6	Suuret kappaleet	Mm	10	-	-	-		
2.7	Irtotiheys, D_{ar} : murske	kg/m ³	10	-	-	-		
	puristeet	kg/m ³	10	-	-	-		
2.8	Mekaaniset epäpuhtaudet	m-%	0,1	-	-	-		
2.9	Tuhkan pehmenemispiste (hap.) kaasukehässä)	°C	10	1 170	1 160	-		
2.10	Pölyävyys	mg/kg	1	-	-	-		

3	Raskasmetallit, haitta-aineet ¹⁾							
3.1	Antimoni (Sb)	mg/kg		3,4	16	<10		
3.2	Arseeni (As)	mg/kg		<4	<4	<10	5	2,2
3.3	Koboltti (Co)	mg/kg		0,8	3,0	5	4,4	1,4
3.4	Kromi (Cr)	mg/kg		48	340	20	14	5,9
3.5	Kupari (Cu)	mg/kg		60	32	30	-	6,0
3.6	Lyijy (Pb)	mg/kg		18	54	20	12	4,6
3.7	Mangaani (Mn)	mg/kg		15	37	25	-	37
3.8	Nikkeli (Ni)	mg/kg		<7	5,7	<10	14	3,9
3.9	Sinkki (Zn)	mg/kg		110	240	95	-	9,0
3.10	Tallium (Tl)	mg/kg		<1	<2	<1		
3.11	Tina (Sn)	mg/kg		43	15	10		
3.12	Vanadiini (V)	mg/kg		<4	<6	<4	27	5
3.13	Fluori (F)	mg/kg		<100	<100	<100	80	
3.14	Fosfori (P)	mg/kg		180	460	220	140	600
3.15	Rauta (Fe)	mg/kg		550	840	685	-	5800
4	Muita alkuaineita ja omin. ¹⁾							
	Hiili (C)	m-%		71,8	56,7	56,2	71,5	54,5
	Vety (H)	m-%		10,2	7,4	7,8	4,5	5,58
	Haittavat aineet	m-%		90,3	79,7	81,0	33,7	68,6

1) Pitoisuus ilmoitetaan kuiva-aineessa.

Kaupan kuivajäte oli laatuluokan III kierrätyspolttoainetta. Kaupan kuivajätteen pudottaa luokasta II luokkaan III poikkeuksellisen korkea klooripitoisuus, joka aiheutui osin hyllyihin vaihdetuista PVC-muovista valmistetuista hintalistoista. Hyvinä puolina ovat alhainen kosteus, tuhka- ja rikkipitoisuus sekä korkea lämpöarvo. Muutenkin esim. raskasmetallien pitoisuudet ovat pääsääntöisesti alhaiset verrattuna kotitalouksien energia- ja kuivajätteisiin.

Kotitalouksien kuivajäte (Jyväskylä) jää laatuluokan III ulkopuolelle korkeiden kalium+natrium-, elohopea- ja kadmiumpitoisuuksien vuoksi. Myös kloorin ja metallisen alumiinin määrät ovat korkeat. Muista tuloksista erottuu korkea kromipitoisuus Jyväskylän kotitalouksien kuivajätteessä.

Pietarsaaren kuivajäte sijoittui III luokkaan. Kloorin, metallisen alumiinin, tuhkan, kadmiumin, kuparin ja sinkin pitoisuudet olivat korkeat.

Lahden energiajäte oli lähes kautta linjan parempaa REF:ää verrattuna Jyväskylän ja Pietarsaaren kuivajätteisiin. Korkea kadmiumpitoisuus pudotti energiajätteen kuitenkin REF III -luokan ulkopuolelle. Myös klooripitoisuus oli materiaaliin nähden korkeahko.

4.3.3 Alkuperä ja materiaalipohja

REF-standardissa olevan tuoteselosteen yhteydessä tulee esittää myös kierrätyspolttoaineen raaka-aineen (jätteen) alkuperä ja materiaalipohja, jotka vaikuttavat olennaisesti kierrätyspolttoaineen laatuun ja sen vaihteluun. Energia- ja kuivajätteiden alkuperä on esitetty taulukossa 15. Tässä tapauksessa tutkimuksen kohteena olevat jätteet tulevat vain yhdestä alkuperästä kerrallaan.

Taulukko 15. Kuiva- /energiajätteen alkuperä.

Syntypaikka/alkuperä	Kaupat	Jkl	P-saari	Lahti
Kauppa	100 %			
Kotitalous		100 %	100 %	100 %
Yhteensä	100 %	100 %	100 %	100 %

Taulukossa 16 on esitetty energia- ja kuivajätteiden materiaalipohja, jonka määrittäminen oli tässä tapauksessa vaivatonta perusteellisen käsinlajittelun ja materiaalitutkimuksen ansiosta. Normaalisissa REF-tuotannossa joudutaan käyttämään keskimääräisiä tietoja.

Taulukko 16. Kuiva- /energiajätteen materiaalipohja.

Materiaali	Kaupat	Jkl	P-saari	Lahti
Puu	23	7		3
Paperi, kartonki	27	38	25	47
Muovi (laji): sekamuovi	49	23	19	33
Kumi		2		
Kangas		11	4	3
Muu:	1	19 ¹⁾	52 ²⁾	14
Yhteensä	100 %	100 %	100 %	100 %

1) Pääasiassa hygieniatuotteita.

2) Pääasiassa biojätettä.

Lahden energiajätteen kohdalla ei huomioitu lajittelussa punnittua loppujaetta, joka oli pääasiassa lunta ja jäätä (316 kg). Lumi ja jää olivat kerääntyneet koe-eräkontteihin keräys- ja varastointivaiheessa.

4.3.4 Kuivajätteen materiaalien haitta-ainepitoisuuksia

Taulukkoon 17 on koottu Pietarsaaresta kerätystä materiaalista lajiteltujen, palavien materiaali-jakeiden analyysitulokset. Näitä materiaali-jakeita ei siis yhdistetty toisiinsa, vaan ne murskattiin ja käsiteltiin aina analyysiketjun loppuun asti erillisinä näytteinä. Tehtävän tarkoituksena oli selvittää näiden haitta-aineiden lähteitä.

Taulukko 17. Pietarsaaren kuivajätteen palavan jakeen materiaali-kohtaiset analyysitulokset.

Materiaali	Cl (m-%)	S (m-%)	K+Na (m-%)	Cd (mg/kg)	Hg (mg/kg)
KUIDUT:					
Pehmopaperi	0,35	0,04	0,42	0,2	<0,1
Kartonki + pahvi	0,20	0,07	0,14	0,2	0,3
Kartonki- ja pahvi- pakkaukset	0,34	0,08	0,25	0,1	<0,1
Paperipakkaukset	0,28	0,07	0,27	0,1	<0,1
Sanomalehdet	0,13	0,07	0,21	<0,1	<0,1
Aikakauslehdet	0,04	0,03	0,14	<0,1	<0,1
Nestepakkauskartonki	0,59	0,07	0,24	0,2	<0,1
Muu paperi	0,20	0,04	0,18	0,4	<0,1
MUOVIT:					
Kalvomuovi	0,65	0,1	0,19	0,4	0,8
Kalvomuovipakkaukset	1,00	0,06	0,35	0,1	0,1
Kovamuovipakkaukset	1,40	0,09	0,22	5,4	<0,1
Kova muovi	2,38	0,11	0,10	16	0,7
PVC-muovipakkaukset	5,86	0,12	0,04	0,8	<0,1
PVC-muovi	21,63	0,14	0,04	1,1	0,3
MUUT:					
Puu	0,10	0,04	0,14	0,7	<0,1
Kumi	3,07	0,29	0,08	3,7	<0,1
Nahka	7,70	0,32	0,08	23	<0,1
Alumiinilaminaatti	1,80	0,09	0,26	0,4	<0,1
Tekstiilit	0,40	0,32	0,12	1,8	<0,1
Muu palava	0,59	0,66	0,81	0,7	0,1
Hygieniatuotteet	0,41	0,07	6,46	<0,1	<0,1

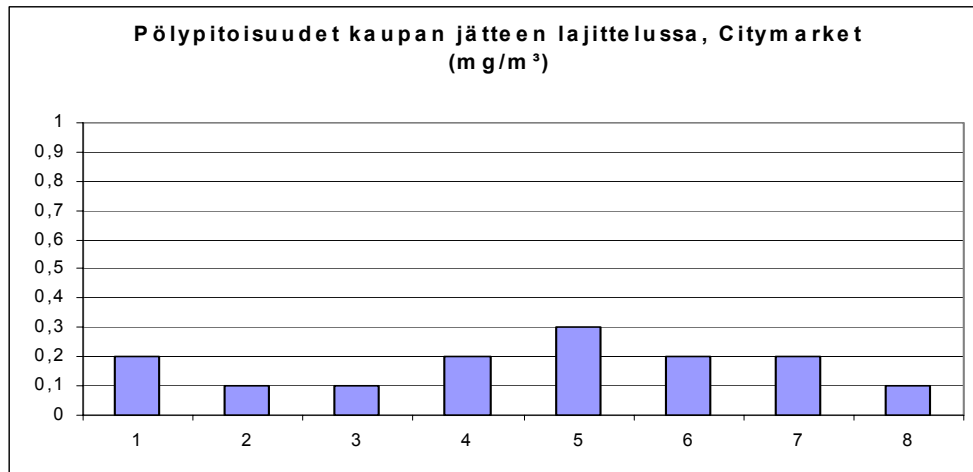
Taulukosta on lihavoitu ne pitoisuudet, jotka ylittävät REF-standardin laatuluokan I raja-arvon. Kloori (Cl), rikki (S), kadmium (Cd) ja elohopea (Hg) aiheuttavat poltossa päästöjä savukaasuihin ja tuhkaan. Natrium (Na) ja kalium (K) likaannuttavat kattilan lämpöpintoja sekä edistävät siten korroosiota. Kloori lisää tietyissä olosuhteissa kuuma-korroosioriskiä ja rikistä saattaa muodostua suolahappoa. Kyseisiä alkuaineita tulee jätteeseen ja niitä käytetään seuraavasti:

- Rikkiä käytetään kumin vulkanointiin.
- Klooria ja rikkiä lisätään tekstiileihin käsittelyssä (esim. rypyttömyys).
- Kadmiumia käytetään väriaineissa ja PVC-muovin stabilisaattorina.
- Klooria käytetään nahan käsittelyssä.
- Natriumia ja kaliumia tulee hygienia tuotteisiin mm. virtsasta.

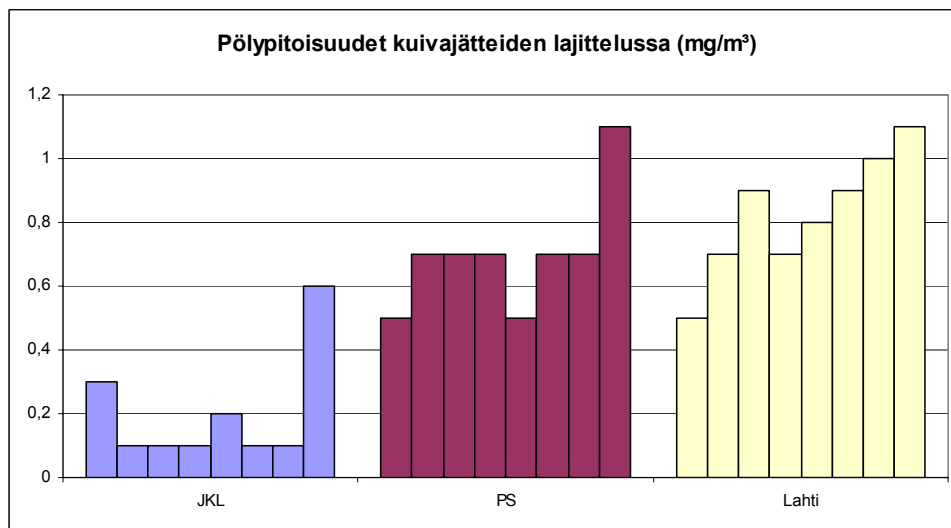
Palavan jakeen kokonaisklooripitoisuus laskettiin kunkin materiaalin osuuden ja klooripitoisuuden avulla, ja pitoisuudeksi saatiin 0,83 p-%. Vaikka em. palavan jakeen kokonaisklooripitoisuus oli normaalilla tasolla, niin useiden yksittäisten materiaalien pitoisuudet olivat korkeita (Moilanen et al. 2001)

4.3.5 Työhygieeniset mittaukset

Lajitteluhallin ilmasta mitatut **pöly- ja endotoksiinipitoisuudet** olivat alhaisia sekä kaupan kuivajätteen että kotitalouksien kuivajätteen lajittelun aikana. Kaupan jätteen lajittelun yhteydessä mitatut pölypitoisuudet olivat 0,1–0,3 mg/m³ ja kotitalousjätteen 0,1–1,1 mg/m³ (kuvat 19 ja 20). Numerot kuvissa 19 ja 20 viittaavat näytteiden lukumäärään. Vähiten pölyävää oli Citymarketin kuivajäte ja eniten pölyäväksi osoittautui Lahden energijäte. Mittaustuloksia verrataan sosiaali- ja terveysministeriön työsuojeluosaston (1998) turvallisuustiedotteessa N:o 25/98 “HTP-arvot 1998” annettuihin haitalliseksi tunnettuihin pitoisuuksiin (HTP). Orgaanisen pölyn HTP_{8h} -arvo on 5 mg/m³ ja HTP_{15 min} -arvo 10 mg/m³.

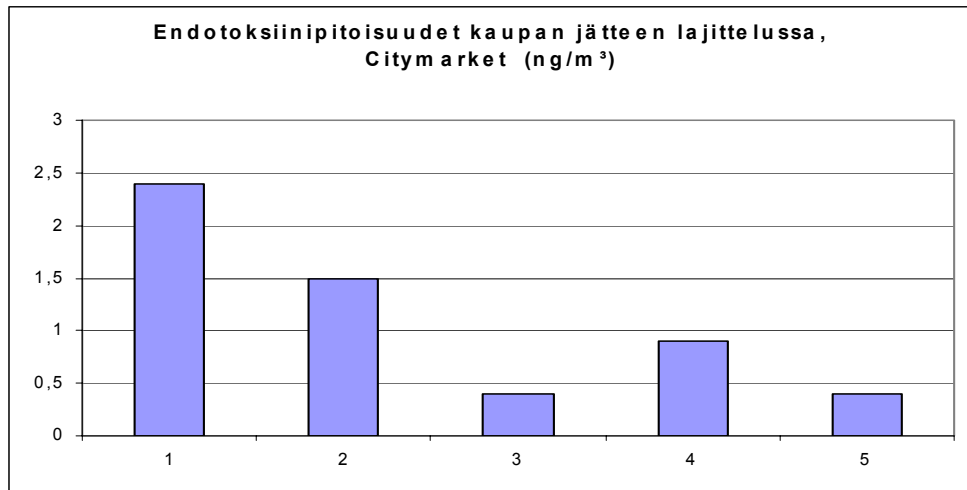


Kuva 19. Ilmanäytteiden pölypitoisuudet Citymarketin kuivajätteen lajittelussa. Organisen pölyn raja-arvo on 5 mg/m³.

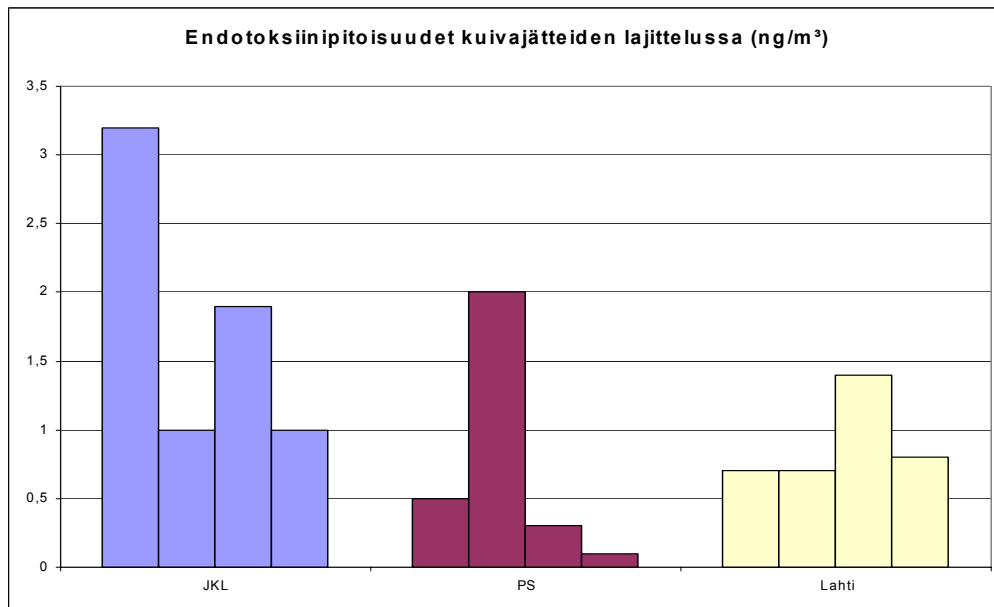


Kuva 20. Ilmanäytteiden pölypitoisuudet kotitalouksien kuivajätteiden (JKL, P-saari, Lahti) lajittelussa. Organisen pölyn raja-arvo on 5 mg/m³.

Endotoksiinipitoisuudet olivat pienet: kaupanjätteen lajittelussa 0,4–2,4 ja kotitalousjätteen 1,0–3,2 ng/m³ (kuvat 21 ja 22). Alhaisimmat pitoisuudet mitattiin Pietarsaaren kuivajätteen lajittelun yhteydessä ja korkeimmat Jyväskylän kuivajätteen lajittelusta. Endotoksiineille on ehdotettu useita eri raja-arvoja, mutta virallista ohjearvoa ei ole. The Dutch Expert Committee on Occupational Standards on esittänyt kahdeksan tunnin raja-arvoksi 4,5 ng/m³ (Heederik & Douwes 1997) Tanskalaiset ovat esittäneet rajaksi 100–200 ng/m³. Kuopion aluetyöterveyslaitoksen tutkimusten mukaan endotoksiinien aiheuttamat ärsytysoireet lisääntyvät, kun pitoisuus ylittää 25 ng/ m³ (Laitinen 1999).



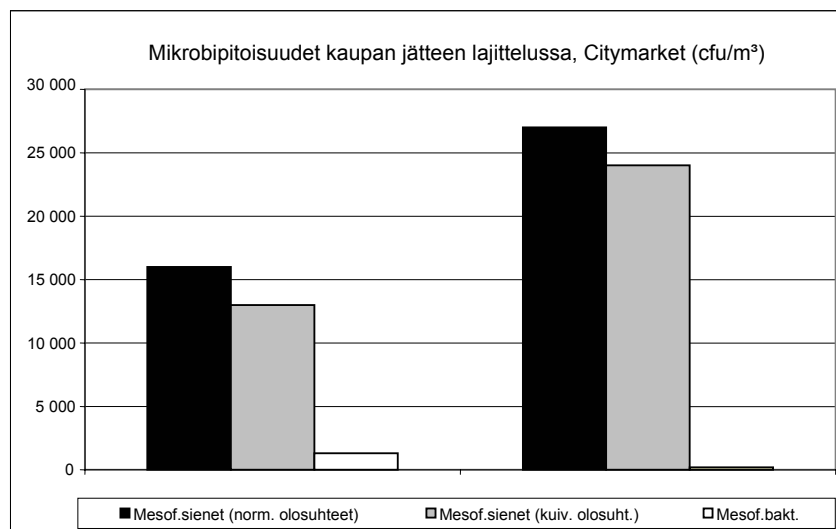
Kuva 21. Ilmanäytteiden endotoksiinipitoisuudet Citymarketin kuivajätteen lajittelussa. Suositeltu raja-arvo on 25 ng/m³.



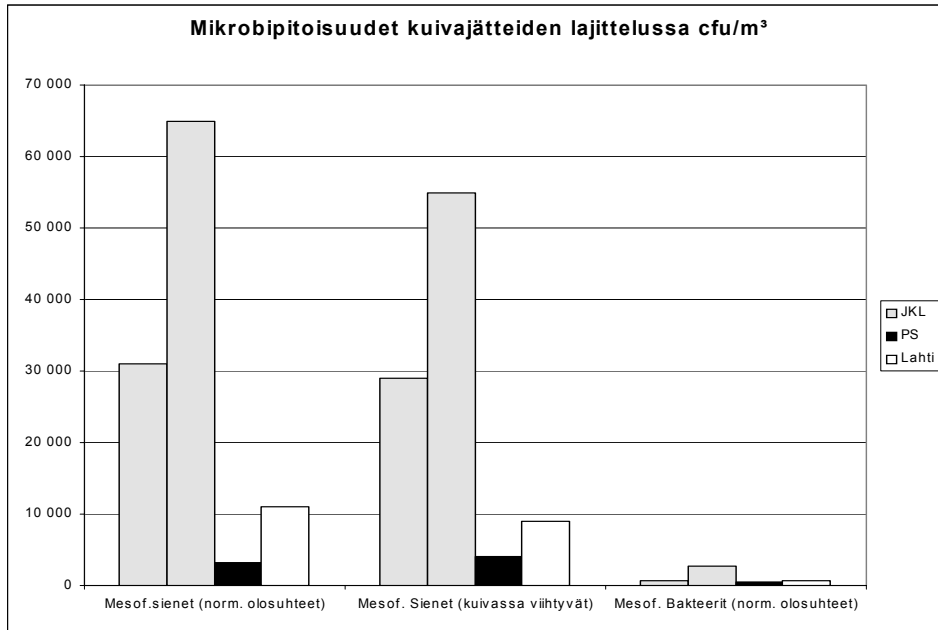
Kuva 22. Ilmanäytteiden endotoksiinipitoisuudet kotitalouksien kuivajätteiden (JKL, P-saari, Lahti) lajittelussa. Suositeltu raja-arvo on 25 ng/m³.

Citymarketin kuivajätteen lajittelutyön aikana mitatut **sienipitoisuudet** olivat 13 000–27 000 cfu/m³ (kuva 23). Iltapäivällä mitattujen, kosteassa viihtyvien sienien pitoisuudet olivat korkeimmat. **Kokonaisbakteeripitoisuudet** eivät olleet merkittäviä, mutta lajeista oli tunnistettavissa sädesieniä, joiden tunnetaan olevan merkittäviä hengitystiesairauksien aiheuttajia. Bakteeripitoisuudet vaihtelivat välillä 200–1 300 cfu/m³. Kotitalouksien kuivajätteiden lajittelussa (kuva 24) pienin mitattu sienipitoisuus oli Pietarsaaren kuivajätteen lajittelussa 3 200 cfu/m³ ja korkein 65 000 cfu/m³ Jyväskylän kuivajätteen lajittelussa. Korkeimmat pitoisuudet mitattiin iltapäivällä ja valtalajit olivat kosteissa

olosuhteissa viihtyviä sieniä. Korkean sienipitoisuuden selityksenä on biojäte, jota kuivajäte sisälsi paljon. Biojäte on hyvä kasvualusta mikrobeille, sillä siinä on ravintoa ja kosteutta. Bakteeripitoisuudet olivat 500–2 700 cfu/m³. Pienin pitoisuus mitattiin Pietarsaaren kuivajätteen lajittelun yhteydessä ja korkein Jyväskylän kuivajätteen lajittelussa. Pitoisuudet olivat pieniä, mutta myös tämän kokeen aikana esiintyi sädesieniä. Ilman mikrobipitoisuuksille ei ole olemassa raja-arvoja. Tutkimuksissa on kuitenkin havaittu, että mikrobiperäisten hengityselinoireiden synnyssä lyhytkestoisilla suurilla pitoisuuksilla on enemmän merkitystä kuin vain hiukan normaalia suuremmilla jatkuvilla pitoisuuksilla. Hollantilainen työryhmä on ehdottanut sienien tai bakteerien kokonaispitoisuuksien ylärajaksi 10 000 cfu/m³ sekä patogeenisten mikrobien pitoisuusrajaksi 500 cfu/m³.



Kuva 23. Ilmanäytteiden mikrobipitoisuudet Citymarketin kuivajätteiden lajittelussa. Sienille suositeltu raja-arvo on 1 000 cfu/m³ ja bakteereille 5 000 cfu/m³.



Kuva 24. Ilmanäytteiden mikrobipitoisuudet kuivajätteiden (Jkl, P-saari, Lahti) lajittelussa. Sienille suositeltu raja-arvo on 1 000 cfu/m³ ja bakteereille 5 000 cfu/m³.

5 REF-laitosten koeajojen tulokset ja tulosten tarkastelu

REF-laitosten koeajojen tulokset esitellään jätemateriaaleittain eli ensiksi Lahden energiajätteen koeajotulokset kaikilta laitoksilta jne. Kunkin energia- ja kuivajätteen kohdalla esitetään ensin REF-laitoksien massataseet (kappale 5.1), koeajojen yhteydessä otettujen REF-näytteiden analyysitulokset (kappale 5.2.1) ja lopuksi koeajoissa eroteltujen rejektien analyysitulokset (kappale 5.2.2). Laitosten koeajot tehtiin eri ajankohtana kuin materiaalilajittelukoheet. Koeajojen jäteraaka-aineet kerättiin kuitenkin samoilta asuinalueilta kuin materiaalitutkimuksessa. Raaka-aineiden keräys- ja koeajankohta sovitettiin niin, ettei silloin ollut "sesonkiaikaa", joka olisi vaikuttanut jäteraaka-aineiden laatuun.

5.1 Koeajojen massataseet

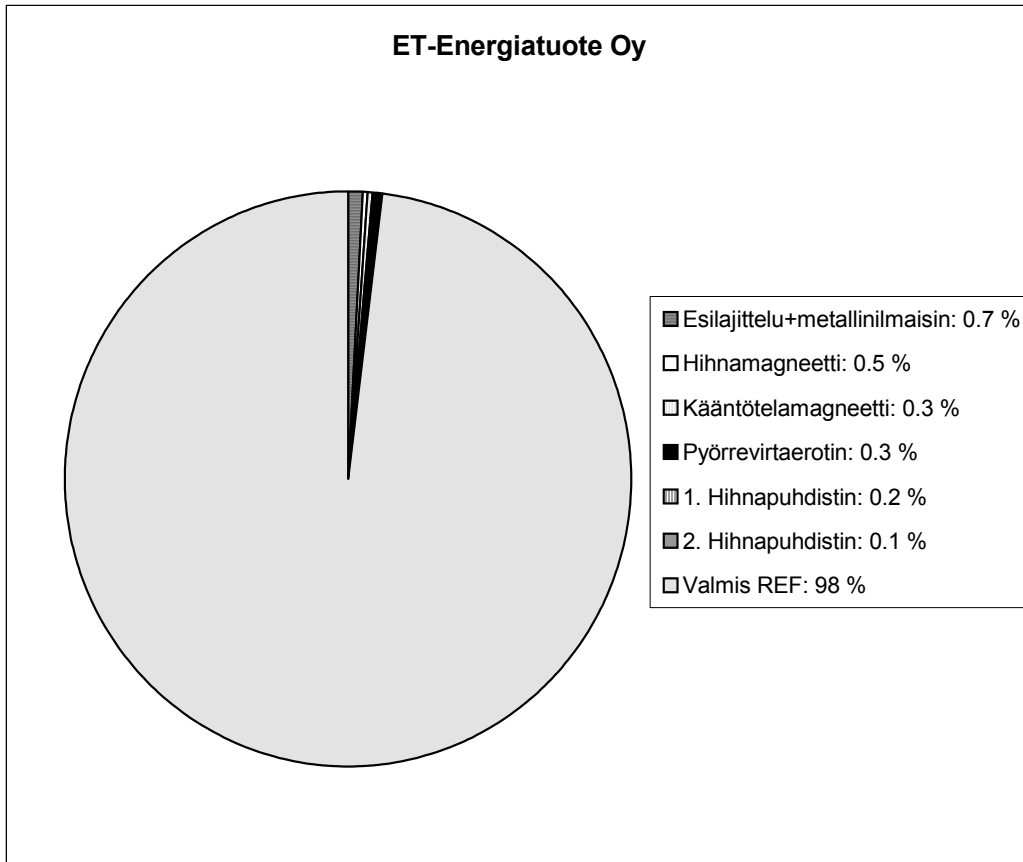
5.1.1 Lahden energiajäte

Taulukossa 18 on esitetty Lahden energiajätteen laitoskoeajojen perustiedot.

Taulukko 18. Lahden energiajätteen koeajojen perustiedot.

REF-laitos	Koe-erä (kg)	Koeajo-aika
ET-Energiatuote Oy	12 800	4.20 h
Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy	15 700	2.55 h
Ewapower Oy	15 500	2.45 h

Lahden energiajäte, ET-Energiatuote Oy/Laihia

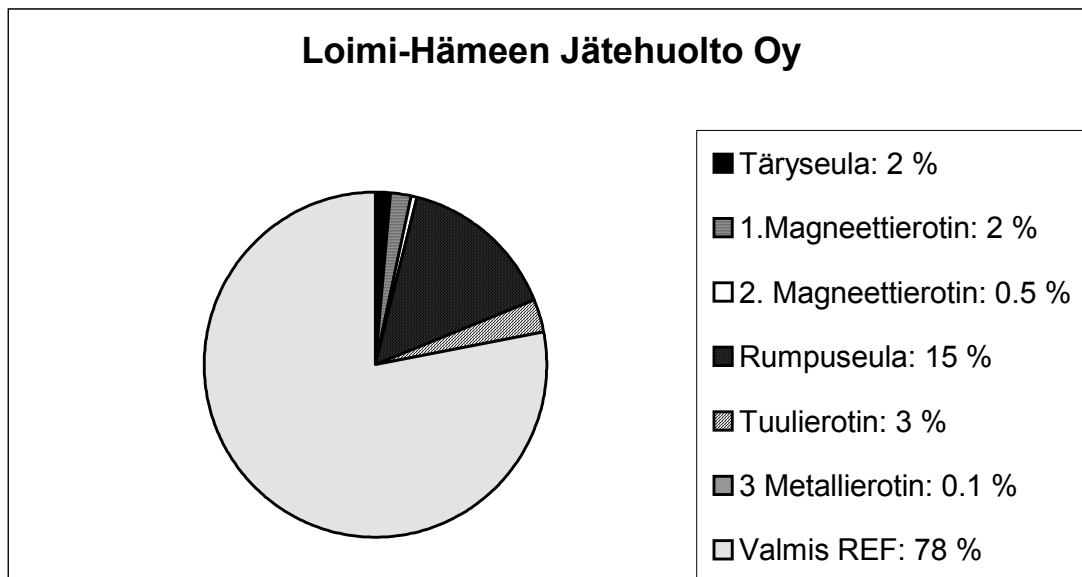


Kuva 25. Laihian laitostokkeiden massataseet Lahden energiajätteellä.

Erotellut jakeet on esitetty kuvassa 25. Laihian laitoksella Lahden energiajätteestä erotettujen rejektien määrät olivat erittäin pieniä. Esierottelussa (kahmarilla) epäpuhtaudet olivat pääosin terveydenhuollon jätteitä. Magneettierottimien rejektit koostuivat pienistä metallikappaleista, kuten pullonkorkeista sekä rautalangoista. Suurin eroteltu jae oli esilajittelun (käsillä suoritettu) ja metallinilmaisin yhteinen osuus (0,7 %). Hihnapuhdistimien rejektit olivat hienojakoista ”mujua”. Lahden energiajäte oli silmämääräisesti arvioituna hyvälaatuista, ja REF-saanto oli 98 %.

Lahden energiajäte, Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy/Forssa

Forssaan saapunut Lahden energiajäte oli hyvälaatuista eikä se silmämääräisesti arvioituna sisältänyt epäpuhtauksia.



Kuva 26. Forssan laitoksen koeajon massataseet Lahden energijätteellä.

Rejektien osuudet on esitetty kuvassa 26. Koeajoissa prosessivaiheet, joissa epäpuhtauksia erottui prosenttiosuudeltaan eniten, olivat rumpuseula ja tuuliseula. Rumpuseulalla erottunut osuus oli 15 %, mikä selittyy isolla 50 mm:n seula-avauksella. Tosin tämä jae oli erittäin hyvälaatuista energiakäyttöön kelpaavaa jätettä eli muovia ja paperia. Tuuliseulalla erottunut jae (3 %) oli myös pääosin muovia ja paperia, joka sekä päättyi kaatopaikalle.

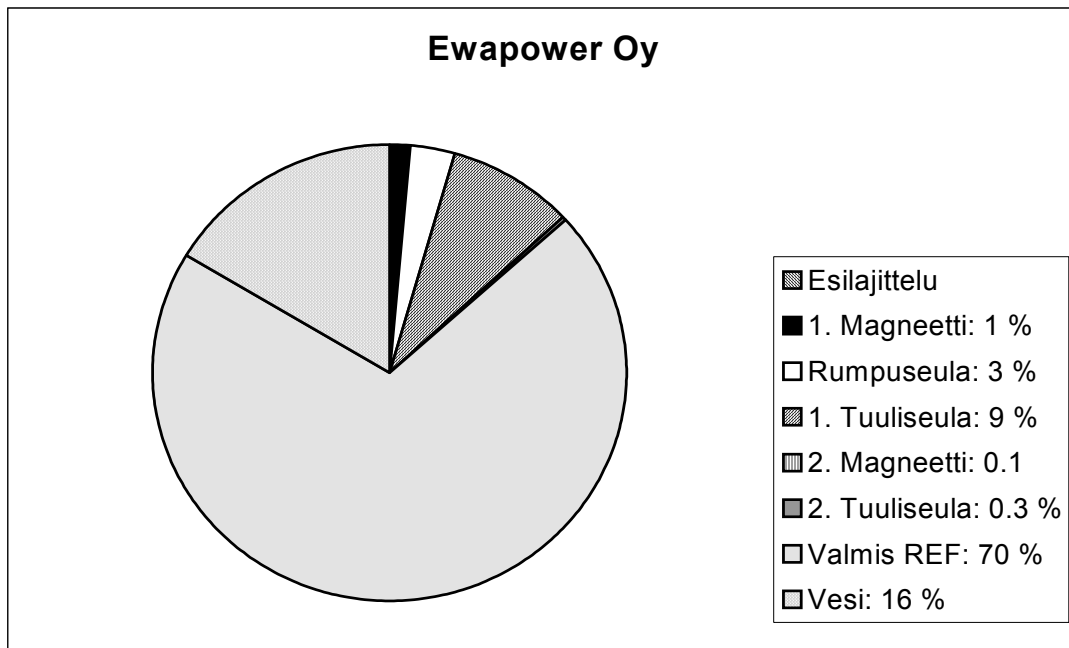
Pussirepijän alapuolella oleva täryseula erotteli raskaita kappaleita, osin polttokelpoisia materiaaleja. REF-saanto oli n. 80 %.

Lahden energijäte, Ewapower Oy/Pietarsaari

Ewapowerin laitokselle saapunut Lahden energijäte-erä näytti hyvältä. Joitain väärään astiaan menneitä pusseja oli havaittavissa, esim. kartonkipakkauspusseja oli jonkin verran.

Ewapowerilla Lahden energijätteestä suurin eroteltu epäpuhtausjäte oli 1. tuuliseulan alite (9 %). Se koostui mm. isoista puupalikoista, kirjoista, muovipakkauksista, NP-kartongista ja kengistä. 1. magneetin alite (1 %) oli kuivahkoa paperi- ja muovisilppua, ei niinkään metallia.

Lahden energijätteellä laitoksen saanto oli 70 %. Luonnollisesti kuivurin haihduttama vesi pienensi ulos tulevaa massaa. Kuvassa 27 on Ewapowerilla eroteltujen rejektien osuudet.



Kuva 27. Ewapowerin laitoksen koeajon massataseet Lahden energiajätteellä.

5.1.2 Jyväskylän kuivajäte

Taulukossa 19 on Jyväskylän kuivajätteellä suoritettujen koeajojen perustiedot.

Taulukko 19. Jyväskylän kuivajätteen koeajojen perustiedot.

REF-laitos	Koe-erä (kg)	Koeajo-aika (h)
ET-Energiatuote Oy	840	1.15 h
Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy	19 870	2.30 h
Ewapower Oy	23 180	2.45 h

Jyväskylän kuivajäte, ET-Energiatuote Oy/Laihia

Laihialle toimitettu Jyväskylän kuivajäte oli erittäin huonolaatuista. Kuivajätteen joukossa oli paljon epäpuhtauksia (mm. metallinen ulkokeinu, ruohonleikkuri, lastenvaunut). Suuri epäpuhtauksien määrä johtui todennäköisesti siitä, että keräysastioista osa oli tyhjennetty etulastaaja-autolla, jolloin näihin astioihin mahtuu myös suuria jättekappaleita. Keräysajankohtana ihmiset olivat saattaneet puhdistaa mökkejään ja varastojaan. Suuren epäpuhtauksien määrän vuoksi koeajot keskeytettiin.

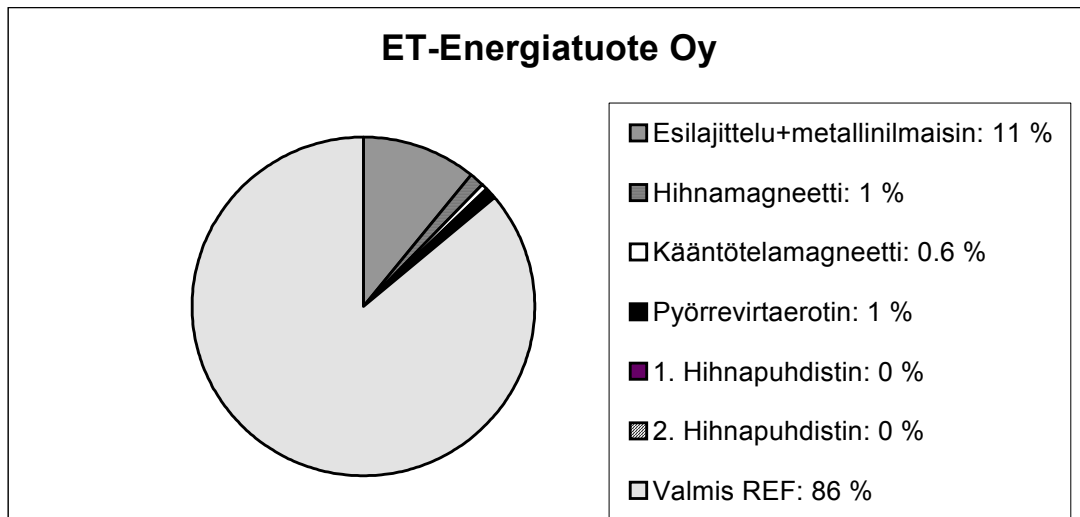
Koe-erän suurien epäpuhtauksien vuoksi käsin tehdyn esilajittelun ja metallinilmaisimen havaitsemien epäpuhtauksien osuus oli suuri (11 %). REF-saanto oli 86 %. Tulos ei

ole vertailukelpoinen muiden vastaavien tulosten kanssa, koska koeajetun kuivajätteen määrä oli pieni (840 kg) verrattuna muihin koeajoihin.

Epäpuhtauksia on esitetty kuvassa 28 ja koeajotulokset kuvassa 29.



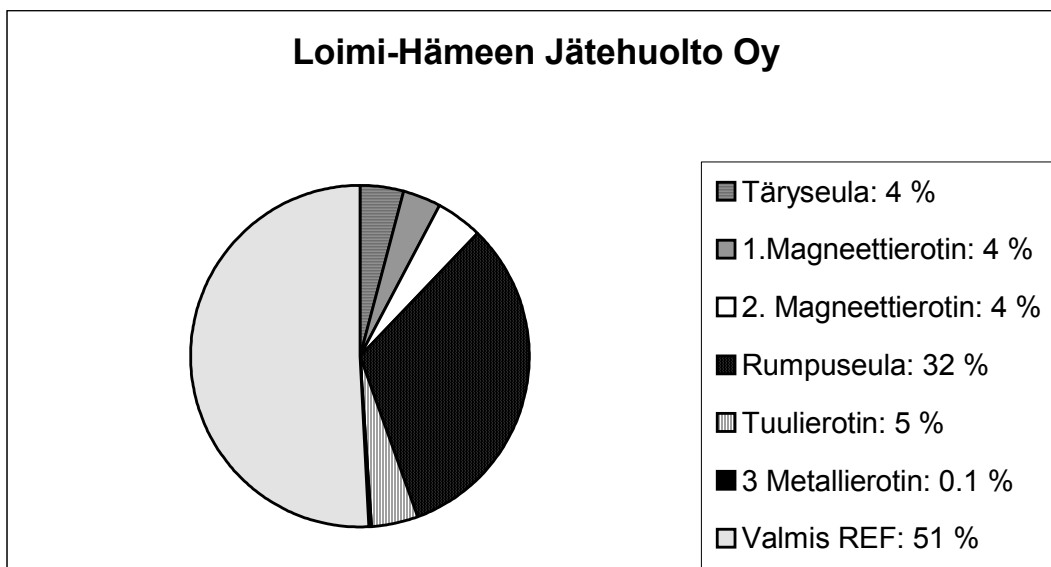
Kuva 28. Jyväskylän kuivajätettä Laihian laitoksella.



Kuva 29. Laihian laitoksen koeajon massataseet Jyväskylän kuivajätteellä.

Jyväskylän kuivajäte, Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy/Forssa

Forssassa koeajetun materiaalin joukossa oli suursäkkejä, jotka holvaantuivat pussirepijään. Tukoksia jouduttiin availemaan käsin. Muita havaittuja materiaalin joukkoon kuuluttomia epäpuhtauksia olivat tekstiilit ja kengät sekä biojätteet.



Kuva 30. Forssan laitoksen koeajon massataseet Jyväskylän kuivajätteellä.

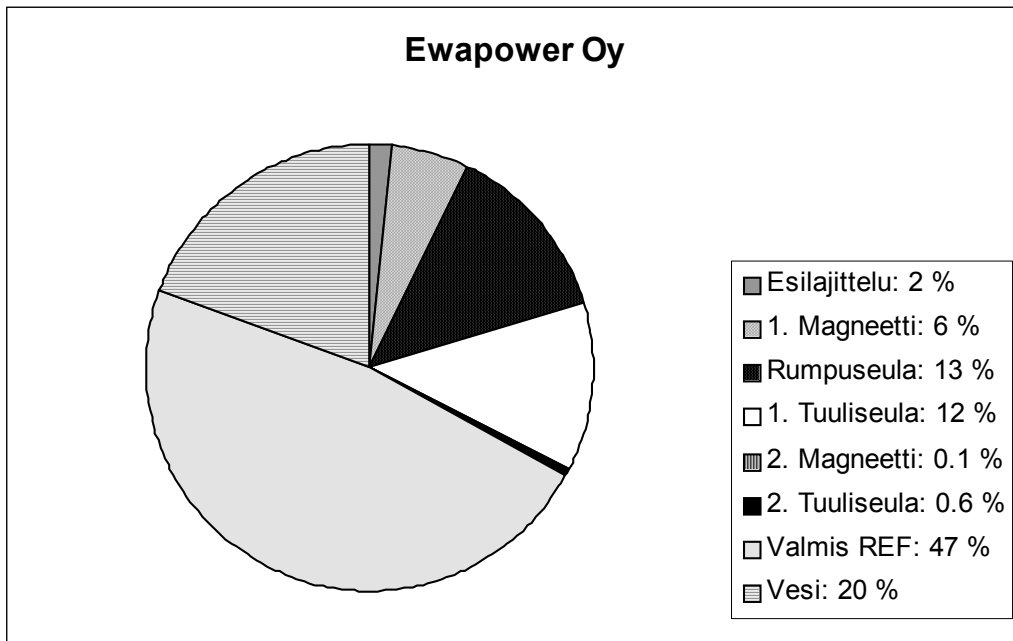
Forssan koeajoissa suurimmat erotellut jakeet olivat rumpuseulan alite (32 %), 2. magneettierottimen alite (4 %), 1. magneettierottimen alite (4 %) ja täryseulan alite (4 %). Rumpuseulan erottelema jae oli pääosin muovia ja paperia. Joukossa oli vähän myös biojätettä. 2. magneettierottimen jae sisälsi mm. sähköjohtoa, säilyketölkkejä, mutta myös ns. kevyttä jaetta. 1. magneettierottimen alite sisälsi mm. isoja muoviriepuja, auton varaosia ja rautaputkia. Pussinrepijään alapuolella olevan täryseulan alite oli hienojakoista raskasta ”mujua” ja pieniä metallikappaleita. Valmiin REF:n saanto oli 51 %. Erotetut rejeetit on esitetty kuvassa 30.

Jyväskylän kuivajäte, Ewapower Oy/Pietarsaari

Ewapowerille tullut Jyväskylän kuivajäte oli heikkolaatuista. Materiaalin joukossa oli akkuja, sohvia, mattoja, tekstiilejä, patjoja yms. Jotta materiaali pystyttiin koeajamaan laitoksen läpi, siitä piti lajitella ko. epäpuhtaudet käsin pois.

Ewapowerilla koeajetusta kuivajätteestä suurimmat erotetut rejeetit olivat rumpuseulan alite (13 %) ja 1. tuuliseulan alite (12 %). Rumpuseulan alite oli kosteaa ”mujua” sekä muovi- ja paperisilppua. 1. tuuliseulan alite koostui kengistä ja muovi- sekä kartonkipakkauksista. Jätteen joukossa ollutta metallia kertyi erityisesti 1. magneettierottimelle

(6 %). Valmista REFia syntyi 47 %. Kuivuri kuivaa materiaalin tehokkaasti, sillä valmiin pelletin kosteus on n. 5 %. Rejektien osuudet ovat kuvassa 31.



Kuva 31. Ewapowerin laitoksen koeajon massataseet Jyväskylän kuivajätteellä.

5.1.3 Pietarsaaren kuivajäte

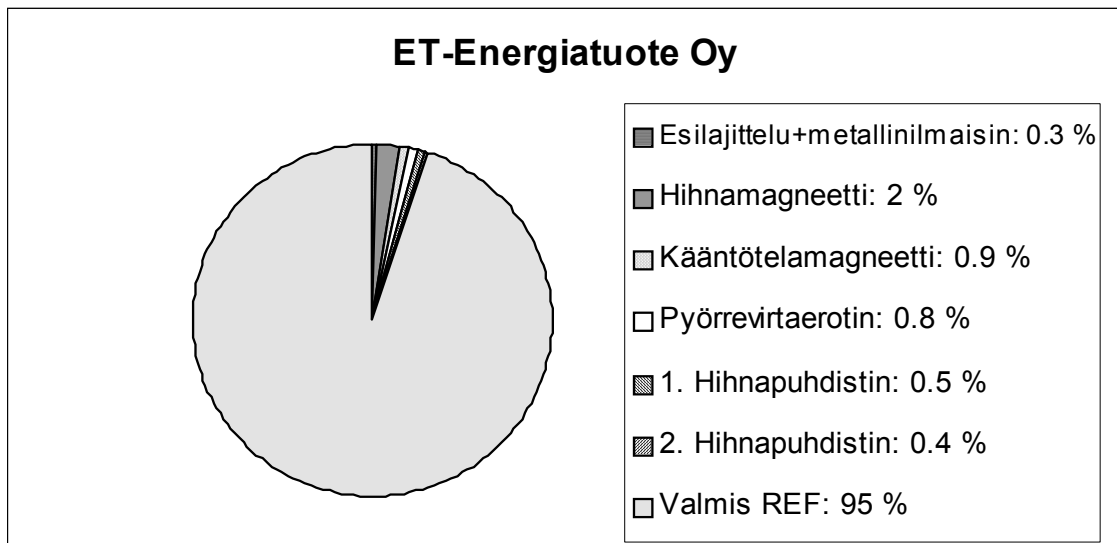
Taulukossa 20 on esitetty Pietarsaaren kuivajätteellä suoritettujen koeajojen perustiedot.

Taulukko 20. Pietarsaaren kuivajätteen koeajojen perustiedot.

REF-laitos	Koe-erä (kg)	Koeajo-aika (h)
ET-Energiatuote Oy	14 500	5.30 h
Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy	7 800	1.10 h
Ewapower Oy	9 920	1.35 h

Pietarsaaren kuivajäte, ET-Energiatuote Oy/Laihia

Pietarsaaren kuivajäte oli kostea ja se sisälsi paljon biojätettä. Pietarsaaren keräysjärjestelmästä johtuen koe-erä saattoi osiltaan olla jopa 8 viikkoa vanhaa. Tavaraa tarkasteltaessa siinä havaittiin mm. matoja. Huolimatta suuresta epäpuhtauksien määrästä koe-erä kuitenkin ajettiin laitoksen läpi.

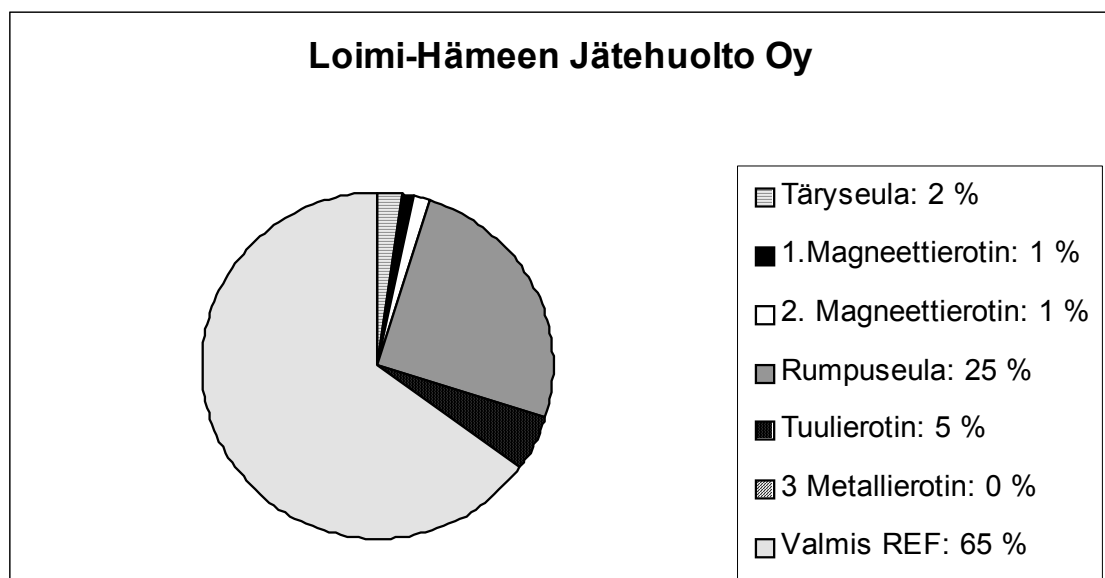


Kuva 32. Laihian laitoksen koeajon massataseet Pietarsaaren kuivajätteellä.

Pietarsaaren kuivajätteestä Laihialla suurin erottunut fraktio oli murskaimen jälkeisen hihnamagneetin alite (2 %). Erottunut metalli oli pääosin pullonkorkkeja ja säilyketölkejä. REF-saanto oli 95 %. Rejektien osuudet kuvassa 32.

Pietarsaaren kuivajäte, Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy/Forssa

Forssan koeajoihin toimitettu Pietarsaaren kuivajäte oli visuaalisesti tarkasteltuna hyvää. Joukossa ei ollut havaittavissa suuria epäpuhtauksia.

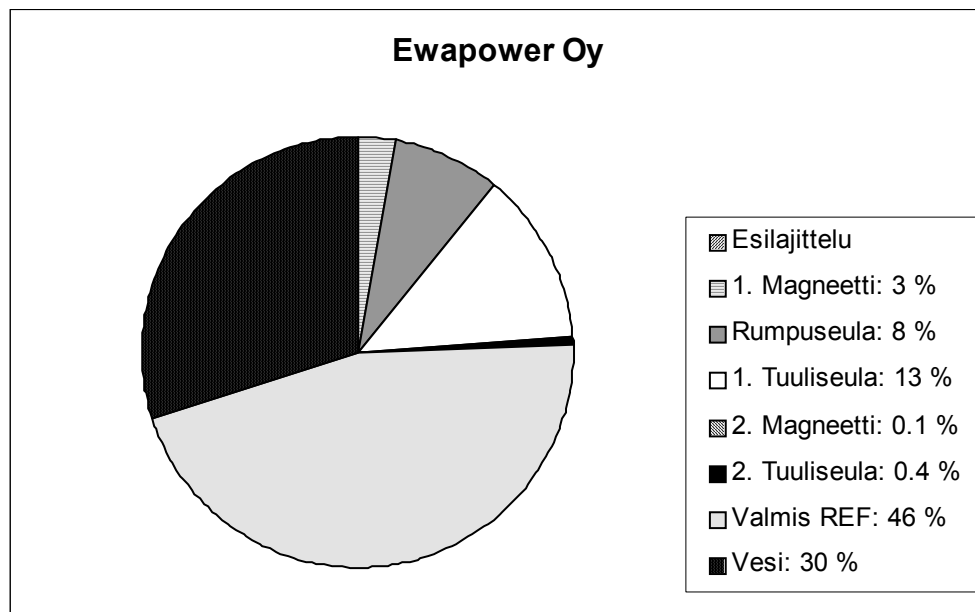


Kuva 33. Forssan laitoksen koeajon massataseet Pietarsaaren kuivajätteellä.

Forssassa rumpuseulan alite oli tälläkin materiaalilla suurin jae (25 %). Kuten myös muiden jakeiden osalta, se koostui kuitenkin pääosin kevyestä jakeesta eli muovista ja paperista. Tuuliseulan alite (5 %) oli pääasiassa biojätettä. Joukossa oli hiukan mm. NP-kartonkia. Pietarsaaren kuivajätteellä Forssan laitoksen saanto oli 65 %. Laitoksella eroteltujen rejektien osuudet ovat kuvassa 33.

Pietarsaaren kuivajäte, Ewapower Oy/Pietarsaari

Pietarsaaren Ewapowerille tullut koe-erä oli silmämääräisesti varsin hyvälaatuista.



Kuva 34. Ewapowerin laitoksen koeajon massataseet Pietarsaaren kuivajätteellä.

Ewapowerin laitoksella oli suurin alitemassa 1. tuuliseulalla (13 %). Kuten Forssassakin, se oli pääasiassa biojätettä.

Rumpuseulan alitteen osuus oli 8 %. Toisin kuin Forssassa, se oli hiekkaa, hienoa ”mujuja” ja vähemmässä määrin paperi- ja muovisilppua. REF-saanto oli 46 %. Valmiin pelletin kosteus on n. 3–5 %. Rejektien osuudet ovat kuvattuina kuvassa 34.

5.2 Analyysitulokset

5.2.1 REFin analyysitulokset

Taulukossa 21 on eri koeajojen yhteydessä otettujen näytteiden alkuaineominaisuudet. REF-laitosten koeajojen analyysituloksille olivat ominaista suuret vaihtelut ja korkeiden pitoisuuksien esiintyminen. Rikki- ja typpipitoisuudet olivat alhaisia, mutta kaikissa

muissa REF-standardin luokituksen määrävissä alkuaineissa esiintyi korkeita pitoisuuksia. Nämä kuvastavat hyvin tutkitun materiaalin epähomogeenisuutta. Lahden energiajäte oli kautta linjan parempaa REF:ää verrattuna Jyväskylän ja Pietarsaaren REF:ään, mutta siinäkin esiintyi korkeita haitta-aineiden pitoisuuksia. Jyväskylän ja Pietarsaaren kuivajätteissä oli merkille pantavaa korkeat kloorin ja metallisen alumiinin pitoisuudet. Kaikissa energia- ja kuivajätteissä esiintyi lisäksi korkeita kromi-, kupari-, lyijy-, sinkki- ja tinapitoisuuksia.

Lahden energiajäte

Laatuluokiteltujen tulosten taulukoissa käytetään seuraavia lyhenteitä: ET = ET-Energiatuote Oy, LHJ = Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy ja EWP = Ewapower Oy. Alleviivattu analyysitulokset tarkoittaa, että se jää REF III -luokan ulkopuolelle. Luokituksessa ko. REF on merkitty >III-luokkaan.

Lahden energiajäte oli ET-Energiatuotteella ja Loimi-Hämeen laitoksella REF II -luokan polttoainetta, mutta Ewapowerilla suoritetuissa koeajoissa saatiin korkeita pitoisuuksia (kloori ja elohopea), jotka pudottivat energiajätteen luokituksen ulkopuolelle. Kaliumin ja natriumin pitoisuus oli hyvin korkea ja elohopean sekä kloorin pitoisuudet korkeahkoja. ET-Energiatuotteen laitoksella mitattiin lisäksi korkeat koboltti- ja nikkelpitoisuudet. Taulukossa 21 on Lahden energiajätteestä valmistettujen REF:ien analyysitulokset.

Taulukko 21. Lahden energiajätteestä valmistetun kierrätyspolttoaineen analyysit REF-laitoskoeajoissa.

Kohta	Alkuaine/ominaisuus	Yks.	Ilm.tark.	ET	LHJ	EWP
1	Laatuluokkaominaisuudet ¹⁾			REF II	REF II	>REF III
1.1	Kloori (Cl)	m-%	0,01	0,49	0,34	0,85
1.2	Rikki (S)	m-%	0,01	0,10	0,06	0,08
1.3	Typpi (N)	m-%	0,01	0,5	0,4	0,3
1.4	Kalium (K) + natrium (Na)	m-%	0,01	0,16	0,17	<u>7,5</u>
1.5	Alumiini, metallinen (Al)	m-%	0,01	0,19	0,16	0,18
1.6	Elohopea (Hg)	mg/kg	0,1	0,15	<0,1	0,3
1.7	Kadmium (Cd)	mg/kg	0,1	2,3	0,33	2,1
2	Käyttöominaisuudet ¹⁾					
2.1	Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa, $Q_{net,ar}$	MJ/kg	0,1	18,73	19,92	22,64
2.2	Energiatiheys, E_{ar}	MWh/m ³	0,01	-		
2.3	Kosteus saapumistilassa, M_{ar}	m-%	0,1	15,7	11,8	1,7
2.4	Tuhkapitoisuus, A_d	m-%	0,1	8,6	7,3	8,6
2.5	Palakoko	Mm	10	-		
2.6	Suuret kappaleet	Mm	10	-		
2.7	Irtotiheys, D_{ar} : murske	kg/m ³	10	-		
	puristeet	kg/m ³	10	-		

2.8	Mekaaniset epäpuhtaudet	m-%	0,1	-		
2.9	Tuhkan pehmenemispiste (hap. kaasukehässä)	°C	10	1 145	1 280	1 170
2.10	Pölyävyys	mg/kg	1			
3	Raskasmetallit, haitta-aineet ¹⁾					
3.1	Antimoni (Sb)	mg/kg		13	19	19
3.2	Arseeni (As)	mg/kg		8,1	3,0	3,6
3.3	Koboltti (Co)	mg/kg		77	1,1	2,0
3.4	Kromi (Cr)	mg/kg		35	16	50
3.5	Kupari (Cu)	mg/kg		210	153	163
3.6	Lyijy (Pb)	mg/kg		50	250	34
3.7	Mangaani (Mn)	mg/kg		60	27	59
3.8	Nikkeli (Ni)	mg/kg		250	4	15
3.9	Sinkki (Zn)	mg/kg		230	88	127
3.10	Tallium (Tl)	mg/kg		<5	<1	<1
3.11	Tina (Sn)	mg/kg		12	247	12
3.12	Vanadiini (V)	mg/kg		<70	<4	5
3.13	Fluori (F)	mg/kg		70	<50	<50
3.14	Fosfori (P)	mg/kg		430	187	280
3.15	Rauta (Fe)	mg/kg		1 400	873	2 270
4	Muita alkuaineita ja omin. ¹⁾					
	Hiihi (C)	m-%		54,0	53,7	54,0
	Vety (H)	m-%		7,4	7,4	7,5
	Haihtuvat aineet	m-%		78,9		

1) Pitoisuus ilmoitetaan kuiva-aineessa.

Jyväskylän kuivajäte

Jyväskylän kuivajätettä ei voitu ajaa ET-Energiatuotteen laitoksella suurten epäpuhtauksien vuoksi kuin 840 kg, joten analyysitulokset eivät ole vertailukelpoisia muiden laitosten tulosten kanssa.

ET-Energiatuotteella oli lisäksi korkeat koboltti-, kupari- ja lyijypitoisuudet. Kuparipitoisuus oli korkea myös Ewapowerin laitoksen analyysituloksissa.

ET-Energiatuotteella kuivajätteen laatuluokka olisi ollut REF III tutkitun erän perusteella, mikä ei ollut vertailukelpoinen muiden tulosten kanssa. Muilla laitoksilla laatu oli REF III -luokan ulkopuolella johtuen korkeista raskasmetallien pitoisuuksista. Loimi-Hämeen Jätehuollon laitokselta analysoitiin korkeat elohopea- sekä alumiinipitoisuudet ja Ewapowerin kohdalla korkeat kadmium- sekä alumiinipitoisuudet. Myös klooripitoisuus oli korkea kummankin laitoksen analyysissä.

Jyväskylän kuivajätteestä valmistetun REFin ominaisuudet ovat taulukossa 22.

Taulukko 22. Jyväskylän kuivajätteestä valmistetun kierrätyspolttoaineen analyysit REF-laitoskoelajoissa.

Kohta	Alkuaine/ominaisuus	Yks.	Ilm. tark.	ET	LHJ	EWP
1	Laatuluokkaominaisuudet ¹⁾				>REF III	>REF III
1.1	Kloori (Cl)	m-%	0,01		0,76	1,04
1.2	Rikki (S)	m-%	0,01		0,10	0,24
1.3	Typpi (N)	m-%	0,01		0,5	0,5
1.4	Kalium (K) + natrium (Na)	m-%	0,01		0,38	0,40
1.5	Alumiini, metallinen (Al)	m-%	0,01		<u>0,63</u>	<u>0,84</u>
1.6	Elohopea (Hg)	mg/kg	0,1		<u>0,6</u>	0,31
1.7	Kadmium (Cd)	mg/kg	0,1		1,3	<u>9,4</u>
2	Käyttöominaisuudet ¹⁾					
2.1	Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa, $Q_{net, ar}$	MJ/kg	0,1		16,68	21,49
2.2	Energiatiheys, E_{ar}	MWh/m ³	0,01			
2.3	Kosteus saapumistilassa, M_{ar}	m-%	0,1		23,0	2,2
2.4	Tuhkapitoisuus, A_d	m-%	0,1		9,7	12,8
2.5	Palakoko	Mm	10			
2.6	Suuret kappaleet	Mm	10			
2.7	Irtotiheys, D_{ar} : murske	kg/m ³	10			
	puristeet	kg/m ³	10			
2.8	Mekaaniset epäpuhtaudet	m-%	0,1			
2.9	Tuhkan pehmenemispiste (hap. kaasukehässä)	°C	10		1 160	1 130
2.10	Pölyävyys	mg/kg	1			
3	Raskasmetallit, haitta-aineet ¹⁾					
3.1	Antimoni (Sb)	mg/kg			19	48
3.2	Arseeni (As)	mg/kg			5,6	5,9
3.3	Koboltti (Co)	mg/kg			2,0	3,9
3.4	Kromi (Cr)	mg/kg			120	96
3.5	Kupari (Cu)	mg/kg			192	987
3.6	Lyijy (Pb)	mg/kg			80	150
3.7	Mangaani (Mn)	mg/kg			103	113
3.8	Nikkeli (Ni)	mg/kg			21	14
3.9	Sinkki (Zn)	mg/kg			937	377
3.10	Tallium (Tl)	mg/kg			<1	<1
3.11	Tina (Sn)	mg/kg			96	32
3.12	Vanadiini (V)	mg/kg			4	6
3.13	Fluori (F)	mg/kg			<50	<50
3.14	Fosfori (P)	mg/kg			437	633
3.15	Rauta (Fe)	mg/kg			2 227	2 900
4	Muita alkuaineita ja omin. ¹⁾					
	Hiili (C)	m-%			52,3	51,6
	Vety (H)	m-%			7,2	7,1
	Haihtuvat aineet	m-%				

1) Pitoisuus ilmoitetaan kuiva-aineessa.

Pietarsaaren kuivajäte

Pietarsaaren kuivajäte oli kaikilla laitoksilla REF III -luokkaa. REFistä analysoitiin korkeita kloori-, kadmium-, alumiini-, kupari- ja sinkkipitoisuuksia.

Taulukossa 23 on Pietarsaaren kuivajätteestä valmistetun REF:n kierrätyspolttoaineanalyysit eri laitostyöskoeajoissa.

Taulukko 23. Pietarsaaren kuivajätteestä valmistetun kierrätyspolttoaineen analyysit REF-laitostyöskoeajoissa.

Kohta	Alkuaine/ominaisuus	Yks.	Ilm.tark.	ET	LHJ	EWP
1	Laatuluokkaominaisuudet ¹⁾			REF III	REF III	REF III
1.1	Kloori (Cl)	m-%	0,01	1,04	0,82	0,96
1.2	Rikki (S)	m-%	0,01	0,12	0,08	0,13
1.3	Typpi (N)	m-%	0,01	0,9	0,6	0,5
1.4	Kalium (K) + natrium (Na)	m-%	0,01	0,47	0,37	0,35
1.5	Alumiini, metallinen (Al)	m-%	0,01	0,58	0,87	0,83
1.6	Elohopea (Hg)	mg/kg	0,1	0,11	0,29	<0,1
1.7	Kadmium (Cd)	mg/kg	0,1	5	0,43	1,6
2	Käyttöominaisuudet ¹⁾					
2.1	Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa, $Q_{net, ar}$	MJ/kg	0,1	13,15	16,44	22,45
2.2	Energiatiheys, E_{ar}	MWh/m ³	0,01	-		
2.3	Kosteus saapumistilassa, M_{ar}	m-%	0,1	35,2	24,2	2,7
2.4	Tuhkapitoisuus, A_d	m-%	0,1	14,5	9,4	9,4
2.5	Palakoko	Mm	10	-		
2.6	Suuret kappaleet	Mm	10	-		
2.7	Irtotiheys, D_{ar} : murske	kg/m ³	10	-		
	puristeet	kg/m ³	10	-		
2.8	Mekaaniset epäpuhtaudet	m-%	0,1	-		
2.9	Tuhkan pehmenemispiste (hap. kaasukehässä)	°C	10	1 115	1 180	1 160
2.10	Pölyävyys	mg/kg	1			
3	Raskasmetallit, haitta-aineet ¹⁾					
3.1	Antimoni (Sb)	mg/kg		18	25	16
3.2	Arseeni (As)	mg/kg		4	3,7	5,5
3.3	Koboltti (Co)	mg/kg		20	1,6	4,2
3.4	Kromi (Cr)	mg/kg		65	67	70
3.5	Kupari (Cu)	mg/kg		650	451	753
3.6	Lyijy (Pb)	mg/kg		220	287	62
3.7	Mangaani (Mn)	mg/kg		120	71	88
3.8	Nikkeli (Ni)	mg/kg		82	5	20
3.9	Sinkki (Zn)	mg/kg		440	180	683
3.10	Tallium (Tl)	mg/kg		<5	<1	<1
3.11	Tina (Sn)	mg/kg		110	183	13
3.12	Vanadiini (V)	mg/kg		<6	4	5
3.13	Fluori (F)	mg/kg		270	<50	<50
3.14	Fosfori (P)	mg/kg		940	453	620
3.15	Rauta (Fe)	mg/kg		2 400	857	1 363

4	Muita alkuaineita ja omin. ¹⁾					
	Hiili (C)	m-%		51,1	52,2	53,8
	Vety (H)	m-%		7,1	7,3	7,6
	Haihtuvat aineet	m-%				

1) Pitoisuus ilmoitetaan kuiva-aineessa.

5.2.2 Rejektit

Rejektien analyysillä pyrittiin selvittämään erotustekniikoiden vaikutusta REFin laatuun.

Rejektien näytteenotto- ja käsittely oli monessa suhteessa hankalaa. Tutkittava materiaali sisälsi useita eri materiaaleja (mm. biojätettä), ja magneettiset metallit oli poistettava ennen laboratorionäytteiden murskausta.

ET-Energiatuote Oy/Laihia

Taulukossa 24 on Laihian laitoksella erotettujen rejektien analyysitulokset.

Taulukko 24. Laihian laitoksen erotettujen rejektien analyysitulokset.

Erotusvaiheet	Lahti/energiajäte			Jyväskylä/kuivajäte			Pietarsaari/kuivajäte		
	Cl p-%	Al p-%	Kost p-%	Cl p-%	Al p-%	Kost p-%	Cl p-%	Al p-%	Kost p-%
Kääntötelamagneetti	0,34	-	25,3	-	-	-	0,51	-	45,0
Pyörrevirtaerotin	0,46	25,9	20,8	0,83	26,4	15,7	0,40	41,2	18,0
Hihnapuhdistin (pyörrevirtaer. + viim. kulj.)	0,54	-	51,5	-	-	-	0,42	-	24,9
Pöly (Pölynpoisto)	0,36	-	13,4	-	-	-	0,39	-	23,7

ET-Energiatuote Oy:n REF-laitos oli ainoa laitos, jossa oli käytössä pyörrevirtaerotin ei-magneettisten metallien erotteluun. Laite poisti osan metallisesta alumiinista ja toimi parhaiten pienillä ja kuivilla massavirroilla. Hihnapuhdistimella eroteltu hienojae oli varsinkin Lahden energiajätteellä kostea.

Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy/Forssa

Taulukossa 25 on Forssan laitoksen erottelemien rejektien analyysitulokset.

Taulukko 25. Forssan laitoksen eroteltujen rejektien analyysitulokset.

Erotusvaiheet	Lahti/energiajäte			Jyväskylä/kuivajäte			Pietarsaari/kuivajäte		
	CI p-%	Tuhka p-%	Kost p-%	CI p-%	Tuhka p-%	Kost p-%	CI p-%	Tuhka p-%	Kost p-%
Täryseula	0,48	29,9	39,2	0,26	68,1	27,7	0,61	39,4	47,5
Rumpuseula	0,47	13,8	23,5	0,59	37,2	43,6	0,56	26,4	45,7
Tuuliseula	0,34	12,1	28,9	0,67	12,5	50,7	0,65	13,7	51,5

Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy:n REF-laitoksen rejektien analyyseistä havaitaan, että erityisesti täryseulalla voitiin alentaa REF:n tuhkapitoisuutta ja että kaikki seulat poistivat suhteellisen kosteita jakeita. Klooripitoisuudet erotelluissa jakeissa vastasi valmiin REF:n pitoisuuksia.

Ewapower Oy/Pietarsaari

Taulukossa 26 on Ewapowerin laitoksella eroteltujen rejektien analyysitulokset.

Taulukko 26. Ewapowerin laitoksen eroteltujen rejektien analyysitulokset.

Erotusvaiheet	Lahti/energiajäte			Jyväskylä/kuivajäte			Pietarsaari/kuivajäte		
	CI p-%	Tuhka p-%	Kost p-%	CI p-%	Tuhka p-%	Kost p-%	CI p-%	Tuhka p-%	Kost p-%
Rumpuseula	0,42	31,4	32,9	0,34	52,3	42,3	0,47	38,3	52,3
Tuuliseula	0,23	14,6	24,0	0,37	30,1	35,8	1,25	26,7	39,9

Ewapower Oy:n pellettitehtaan rumpuseulan reikäkoko on 22 mm, ja sen erottelema rejekti oli hyvin tuhkapitoista.

Analysoitujen aineiden lisäksi kaikilla laitoksilla oli käytössä magneetteja metallien erottamiseen sekä muiden mekaanisten epäpuhtauksien erottamiseen eri seuloilla. Yllä esitettyjen rejektien analyysitulosten perusteella laitokset pystyvät laskemaan REF:n tuhkapitoisuutta täry- ja rumpuseuloilla. Klooriin ja kosteuteen laitosten erotustekniikat eivät vaikuta. ET-Energiatuote Oy:n pyörrevirtaerottimella saadaan ei-magneettisia me-

talleja poistettua REFistä. Tarkasteltaessa massana prosesseissa eroteltuja epäpuhtauspitoisuuksia niiden osuus on kuitenkin marginaalinen.

5.3 REFin ominaisuuksien tilastollinen tarkastelu

Tuloksia ja näytteiden ominaisuuksia tarkasteltiin myös tilastollisesti keskittyen erityisesti tilastollisiin eroihin, jotka ovat syntyneet lajittelujärjestelmissä ja REF- laituskäsittelyissä. Tarkastelu tehtiin pelkästään laatuluokittelussa käytettävien ominaisuuksien (taulukko 27) perusteella REF-laitosten koeajoissa käytetyille näytteille. Tarkoituksena oli selvittää, poikkeako jokin REF-laitoksista ja lajittelujärjestelmistä olennaisesti toisistaan. Tässä tarkastelussa ei otettu kantaa siihen, pystyykö jokin laitos valmistamaan kaikista kuiva-/energiajätteistä parempaa REF:ää kuin muut laitokset ja tuottaako jokin lajittelujärjestelmä kuiva-/energiajätteestä parempaa REF:ää kuin toisilla lajittelujärjestelmillä.

Taulukko 27. Laitoskoeajojen REFien laatuluokkaominaisuudet.

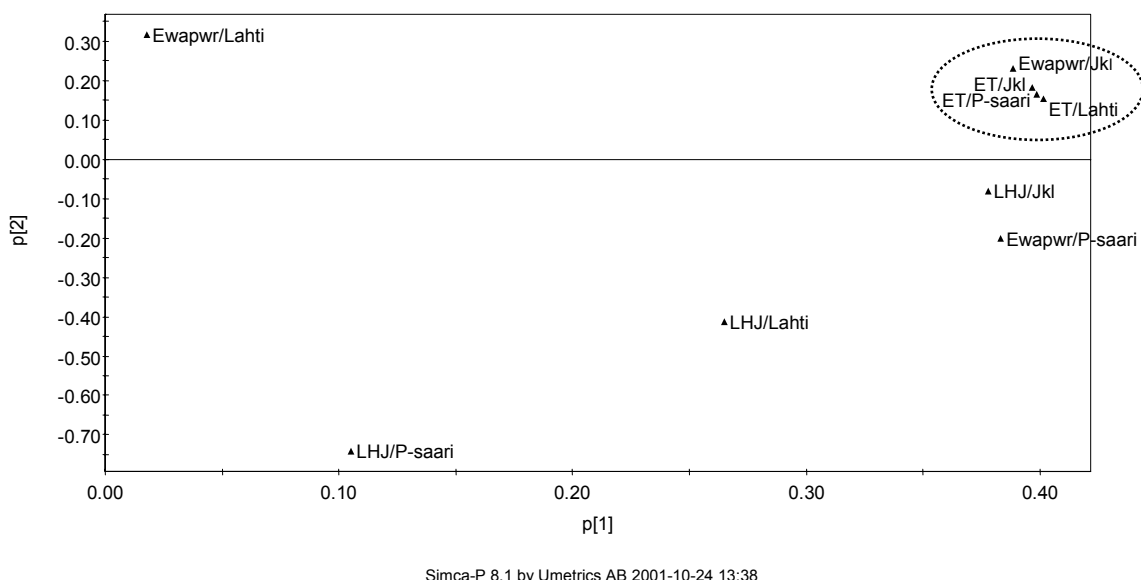
Pitoisuus kuiva-aineessa	ET/ Jkl	ET/ P-saari	ET/ Lahti	LHJ/ Jkl	LHJ/ P-saari	LHJ/ Lahti	EWP/ Jkl	EWP/ P-saari	EWP/ Lahti
Cl, %	0,63	1,04	0,49	0,76	0,82	0,34	1,04	0,96	0,85
S, %	0,16	0,12	0,1	0,1	0,08	0,06	0,24	0,13	0,08
N, %	0,7	0,9	0,5	0,5	0,6	0,4	0,5	0,5	0,3
Na+K, %	0,43	0,47	0,16	0,38	0,37	0,17	0,4	0,35	7,5
metallinen Al, %	0,18	0,58	0,19	0,63	0,87	0,16	0,84	0,83	0,18
Hg, mg/kg	0,23	0,11	0,15	0,6	0,29	0	0,31	0	0,3
Cd, mg/kg	2,5	5,0	2,3	1,3	0,43	0,33	9,4	1,6	2,1

Tilastollisina menetelminä käytettiin monimuuttuja-analyysiä sekä yksinkertaista lineaarista korrelaatiota. Monimuuttuja-analyysissä käytettiin Simca 8.1 -ohjelmaa ja korrelaatiotarkastelut tehtiin Microsoftin Excel-tilukkolaskennan *Data Analysis*-työkalulla. Työkalu määrittää parien (esim. kahden alkuaineen kuten rikin ja kloorin kaikkien analyysituloksien) välisen lineaarisen riippuvuuden korrelaatiokerroimen, ts. mitä suurempi korrelaatiokerroin (kerroin r välillä 0 ja 1) sitä voimakkaampi riippuvuus.

Monimuuttuja-analyysin mukaan (kuva 35) ET-Energiatuotteen tulokset ryhmittyvät hyvin, mikä tarkoittaa sitä, että ne ovat ominaisuuksiltaan samantyyppisiä. Samaan ryhmään kuuluu myös Ewapowerilla käsitelty Jyväskylän REF. Tarkasteltaessa tuloksia

raaka-ainepohjaisesti voidaan todeta, että kaikki Jyväskylän kuivajätteen analyysitulokset ovat myös suhteellisen hyvin ryhmittyneet indikoiden samantyyppisiä ominaisuuksia. Tyypillistä näille näytteille on, että useat pitoisuudet ovat korkeita ja edustavat aineiston maksimia, kuten kloori-, rikki-, typpi- ja kadmiumpitoisuudet.

Syitä ryhmittymiseen haettiin korrelaatiotarkastelun avulla. Korrelaatiotarkastelu tehtiin pareittain ominaisuuksien (taulukon 27 ominaisuus-sarake) ja näytteiden (taulukon 27 näytteet-rivi) välille. Ominaisuusparien korrelaatiotarkastelusta havaittiin, että rikki- ja kadmiumpitoisuuksien välillä on melko hyvä korrelaatio ($r = 0,872$), kun taas muiden välillä merkittävää korrelaatiota ei ole. Rikin ja kadmiumin yhteys nähtiin aikaisemmin raportissa taulukossa 17, jonka tuloksista voidaan todeta korkeat rikki- ja kadmiumpitoisuudet mm. kumista, nahkasta ja tekstiileistä. Kloorin ja metallisen alumiinin välttävä korrelaatio ($r = 0,723$) johtunee alumiinilaminaateista ja lähinnä lääkepakkauksista, joissa käytetään PVC-muovia.



Kuva 35. REF-laitosten ja kierrätyspolttoaineiden ryhmittyminen monimuuttuja-analyysissä laatuluokkaominaisuuksiensa suhteen.

Taulukossa 28 on esitetty, miten REF-laitokset sekä myös kierrätyspolttoaineet korreloivat keskenään. Näin tehty tarkastelu kuvaa sitä, miten hyvin ominaisuusarvot seuraavat toisiaan eri näytteissä. Toisin sanoen korkea korrelaatio ($r > 0,8$) viittaa siihen, että REFien ominaisuudet muistuttavat toisiaan tutkimuksen kohteena olleessa materiaali-pohjassa, esim. klooripitoisuudet ovat samaa luokkaa ja samoin rikki jne. (ks. kuva 36). Korkean korrelaation luonnollisena syynä olisi se, että yleisesti jätemateriaalit (esim. kotitalouksien jätteet) muistuttavat ominaisuuksiltaan toisiaan. Selkein havainto oli, että

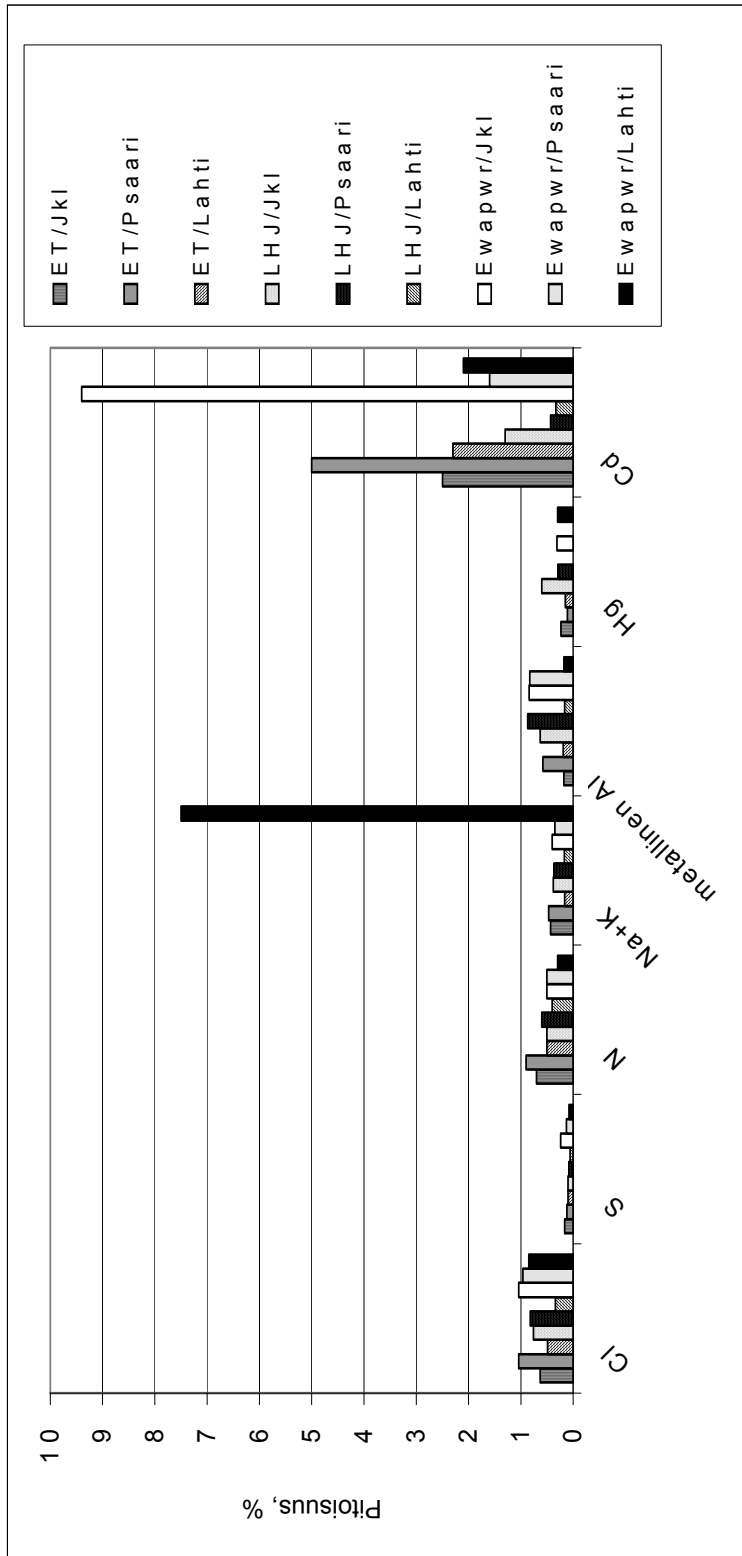
ET-Energiatuotteen laitoksen näytteet korreloivat keskenään poikkeuksellisen hyvin ($r > 0,99$), mikä selittää myös monimuuttuja-analyysin tulosta.

Taulukko 28. REF-laitosten ja kierrätyspolttoaineiden väliset korrelaatiot laatuluokkominaisuuksien suhteen.

	ET/Jkl	ET/P-saari	ET/Lahti	LHJ/Jkl	LHJ/P-saari	LHJ/Lahti	EWP/Jkl	EWP/P-saari	EWP/Lahti
ET/Jkl	1								
ET/P-saari	0.9901857	1							
ET/Lahti	0.9940075	0.9964518	1						
LHJ/Jkl	0.8504212	0.8735896	0.8689402	1					
LHJ/P-saari	0.013668	0.0675058	0.0325981	0.3807432	1				
LHJ/Lahti	0.562577	0.5284635	0.5277349	0.4985805	0.5602779	1			
EWP/Jkl	0.9706273	0.9890687	0.9849761	0.8558283	-0.019015	0.3985399	1		
EWP/P-saari	0.8247443	0.8712751	0.8430995	0.8649671	0.5029605	0.6820848	0.8278674	1	
EWP/Lahti	0.1148535	0.0735846	0.0314258	-0.037099	-0.170211	0.021119	0.064124	0.0056269	1

Hyvän korrelaation ja ryhmittymisen syynä vaikuttaisi olevan, että jokin tekijä laitoksella on yhdenmukaistanut tuloksia. Mahdollisia yhdenmukaistavia tekijöitä voivat olla seuraavat:

- ET-Energiatuotteen valmistusprosessissa ei ollut käytössä rumpu- eikä tuuliseulaa.
- Näytteenotto on voinut yhdenmukaistaa näytettä systemaattisesti, esim. lajittumisen kautta.
- Prosessilaitteiden tai näytteiden kontaminoituminen edellisestä ajosta.



Kuva 36. Laatuoluokkaominaisuudet koko aineistossa ryhmiteltyinä laitostäsitteilyn mukaisesti. Huomaa eri skaalat. Hg:n ja Cd:n pitoisuuksien yksikkö on mg/kg.

6 Yhteenveto

Tutkimuksen tavoitteena oli tutkia kierrätyspolttoaineen raaka-aineiden laatua (materiaalitutkimus) ja kierrätyspolttoaineen valmistuslaitosten toimintaa ja niiden vaikutusta REFIn laatuun (REF-laitosten koeajot).

Tutkimuskohteiksi valittiin seuraavien syntypaikkalajittelujärjestelmien energia- ja kuivajätteet. Taulukossa 29 on kuvattu tutkimuksessa mukana olleet kolme kotitalouksien sekä kaksi kauppojen lajittelujärjestelmää.

Taulukko 29. Materiaalitutkimuksen kohteena olleet syntypaikkalajittelujärjestelmät.

Kohde/jakeet	1	2	3	4	5	6	7
Lahti	biojäte	keräyspaperi	kuitupakkaukset	kaatop.-jäte	energiajäte	-	-
Jyväskylä	biojäte	keräyspaperi	keräyslasi	metalli	kuivajäte	-	-
Pietarsaari	märkäjäte	keräyspaperi	kuivajäte	-	-	-	-
Prisma/Jkl	biojäte	keräyspaperi	keräyslasi	metalli	pahvi	kaatopaikkajäte	energiajäte
Citymarket/Jkl	biojäte	keräyspaperi	keräyslasi	metalli	pahvi	kuivajäte	-

Materiaalitutkimuksessa lajiteltiin käsin energia- ja kuivajätteet noin kolmeenkymmeneen jakeeseen; 21 jaetta oli palavaa materiaalia ja 15 epäpuhtauksia (mm. biojäte, lasi, metalli, kiviaines).

Lahden energiajätteessä oli epäpuhtauksia 8 %, josta biojätteen osuus oli 6 %. Muuten energiajäte oli suhteellisen puhdasta. Lahdessa tutkittiin myös kaatopaikkajätteen sisältö jakamalla se palavaan osaan ja epäpuhtauksiin. Kaatopaikkajakeessa oli palavaa osaa kaksinkertainen määrä verrattuna erillislajiteltuun energiajätteeseen (1 630–814 kg). Lahden energiajätteessä kiinnitti lisäksi huomiota suuri kuitutuotteiden osuus, kun otetaan huomioon lajittelujärjestelmä, jossa kiinteistöllä on astiat keräyspaperin lisäksi kuitupakkauksille.

Jyväskylän kuivajätteessä epäpuhtauksien osuus oli 35 %, josta biojätteen osuus oli 24 %. Kuivajätteen joukossa oli lasia ja metallia yhteensä n. 6 %. Määrällisesti kuivajätteen seassa oli enemmän lasia ja metallia kuin näiden jakeiden keräysastioissa kiinteistöllä.

Pietarsaaren kuivajätteessä oli epäpuhtauksia 40 %, josta biojätteen osuus oli 29 %. Jyväskylän kuivajätteeseen verrattuna lasin ja metallin määrä oli selvästi pienempi. Kuivajäte oli ohjeiden mukaisesti pussitettuna, joten siinä ei ollut suurikokoisia epäpuhtauksia, ja muutenkin pussitetun kuivajätteen käsittely oli helppoa.

Prisman energiajätteessä oli epäpuhtauksia 17 %, pääasiassa biojätettä, n. 13 %. Energiajätteen suurin jae oli muovit, joiden osuus oli 40 %. Muuten energiajäte oli puhdasta.

Citymarketin kuivajätteessä oli epäpuhtauksia 30 %, josta suurin osa oli biojätettä, n. 22 %. Kuivajätteen suurin yksittäinen jae oli muovit, 34 %.

Vaikka lajittelujärjestelmät poikkeavat toisistaan lajiteltavien jakeiden sekä astiamäärän suhteen, kaikkien energia- ja kuivajätteiden palavien osien analyyseissä oli korkeita haitallisten alkuaineiden pitoisuuksia. Esim. klooripitoisuus oli kaikissa tapauksissa korkea ja kotitalouksien jätteissä myös kadmiumpitoisuus. Kotitalouksien kuivajätteet olivat muuten kautta linjan huonompaa polttoainetta verrattuna Lahden ja kauppojen energiajätteisiin.

Kuiva- ja /energiajätteiden materiaalitutkimus osoitti, että osa kuluttajista ei lajittele kotitalousjätteitä, vaikka kiinteistöllä sijaitsisikin keräysastioita eri jakeille. Myös tahatonta väärin lajittelua havaittiin. Energiajätteen erilliskeräys parantaa kierrätyspoltoaineen laatua, mutta ei kaikilta osin eikä riittävästi ottaen huomioon olemassa olevien kattilalaitosten laatuvaatimuksia. Suuri osa energiakäytössä haitallisista aineista (mm. kloori, metallinen alumiini, raskasmetallit) tulee tuotteista, esim. niiden materiaaleista ja väriaineista. Näitä tekijöitä on käytännössä hyvin hankala poistaa syntypaikkalajittelulla ja käsittelytekniikoilla. Sen sijaan syntypaikkalajittelulla voidaan vähentää mekaanisia epäpuhtauksia (mm. lasi, metalli, hiekka ja kiviaines, kodinkoneet) sekä biojätettä, joka aiheuttaa kierrätyspoltoaineen valmistuksessa ja varastoinnissa työterveys-, haju- ja pieneläinhaittoja. Työterveysongelmia aiheuttavat kaikki materiaalit, joissa on edellytykset mikrobien kasvulle, myös vaipat ovat merkittävä työhygieeninen ongelma.

Tämän tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että syntypaikkalajittelujärjestelmällä voidaan vaikuttaa kierrätyspoltoaineen laatuun. Laatu voidaan parantaa energiajätteen erilliskeräyksellä saannon kustannuksella. Tutkimuksen aikana on EU-tasolla valmistettu uutta ympäristö- ja jätehuoltoon liittyvää normistoa, joka tulee lisäämään saannon merkitystä sekä edellyttämään käsittelyä kaikille jätteille. Jyväskylän ja Pietarsaaren lajittelujärjestelmissä on tavoitteena ohjata kaikki lajitellut jakeet käsittelyyn ja edelleen hyötykäyttöön. Lahden kohdalla 68 % lajittelun piirissä olevien kotitalouksien jätteistä päätyy käsittelyyn ja 32 % kaatopaikalle. Tutkitun kaatopaikkajäte-erän sisällöstä yli puolet oli polttokelpoisia materiaaleja, minkä lisäksi biojätettä oli merkittävä osa. Nykyisen lajittelun mukaisesti Citymarketin kaikki jätteet tullaan jatkossa käsittelemään, ja Prismassa käsittelemättä jää kaatopaikkajäte (9 %).

Energiajätteen erilliskeräys on ollut ensimmäinen askel jätteiden energiakäytön aloittamisessa monilla paikkakunnilla. Vanhojen säädösten mukaan aina 28.12.2005 saakka yritysten ja kotitalouksien energiajätteitä voidaan käyttää sivupoltoaineina olemassa

olevissa voima- ja lämpölaitoksissa. Kun velvoitteet astuvat voimaan, energijäte tulee olemaan jätteenpolttodirektiivin piirissä kuten kuivajätekin. Lisäksi kielto ns. palavan jätteen kaatopaikkasijoitukselle tulee edellyttämään kaatopaikkajakeellekin jatkossa erillistä käsittelyä. Tätä vaaditaan myös biohajoavan jätteen sekä käsittelemättömän jätteen kaatopaikkasijoitukselle tulevilla rajoituksilla. Nämä yhdessä johtavat siihen, että tulee muutaman vuoden tauko, jolloin kierrätyspolttoaineen käyttö vähenee voimakkaasti.

Verrattaessa Jyväskylän ja Pietarsaaren kuivajätteitä havaitaan, että lasin ja metallin keräysastiat kiinteistöllä Jyväskylässä eivät ole lisänneet ko. jakeiden lajitteluintoa. Päinvastoin sekä määrällisesti että suhteellisesti Pietarsaaren kuivajätteessä oli vähemmän kumppaakin jaetta. Kun verrataan Jyväskylän ja Pietarsaaren kuivajätteiden koostumusta, epäpuhtauksia ja laatua, keräysastioiden määrää lisäämällä ei ole päästy parempaan lopputulokseen. REFin laatua voitaneen kehittää tehokkaammin taloudellisilla ohjaukeinoilla, tiedotuksella, paremmalla motivaatiolla ja neuvonnalla.

Materiaalitutkimuksen lajitteluvaiheessa tehty työhygieeninen tarkastelu osoitti, että kuivajätteiden käsittelyssä on olemassa terveysriski, joka tulee huomioida lajittelujärjestelmiä ja laitoksia suunniteltaessa. Mitatut ilman pöly- ja endotoksiinipitoisuudet olivat alhaisia sekä kaupan kuivajätteitä että kotitalouksien kuivajätteitä käsiteltäessä. Sienipitoisuudet sen sijaan olivat korkeita ja terveydelle haitallisia. Alhaisimmat sienipitoisuudet mitattiin Pietarsaaren kuivajätteen lajittelun yhteydessä ja korkeimmat Jyväskylän kuivajätteen lajittelussa. Kaikissa mittauksissa havaittiin lisäksi sädesieniä, joiden on tutkimuksissa todettu olevan merkittävä haittatekijä terveydelle. Korkeat sienipitoisuudet selittyvät biojätteellä, joka toimii sienille hyvänä kasvualustana. Ilman bakteeripitoisuudet olivat alhaisia.

Syntypaikkalajittelussa tilanne on siltä osin hankala, että järjestelmät ja terminologia vaihtelevat paikkakunnittain, jolloin valtakunnallista tiedotusta on vaikea järjestää useiden jakeiden osalta. Valtakunnallinen tiedotus tulisikin kohdistaa esim. biojätteen, lasin ja metallien lajitteluun, sillä terminologia on yhtenevää näiden jakeiden osalta ja ne muodostavat suurimman osan REFin raaka-aineiden epäpuhtauksista.

REF-laitosten koeajoissa tutkittiin kierrätyspolttoaineen valmistusprosesseja samojen em. lajittelujärjestelmien kotitalouksien energia- ja kuivajätteillä kolmella eri REF-laitoksella: ET-Energiatuote Oy/Laihia, Ewapower Oy/Pietarsaari ja Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy/Forssa. Laihian laitos käsittelee vain yritysten ja teollisuuden energijätteitä, ja muut laitokset käsittelevät myös kotitalouksien kuivajätteitä.

ET-Energiatuotteen laitos on suunniteltu vain yritysten ja teollisuuden erikseen lajiteltujen polttokelpoisten jätteiden käsittelyyn. Laitos pystyi käsittelemään Pietarsaaren kuivajätettä ja Lahden energijätettä, jotka sisälsivät vain pienikokoisia epäpuhtauksia

(metallia). Sen sijaan Jyväskylän kuivajätettä laitos ei pystynyt käsittelemään, koska siinä oli liikaa suurikokoisia metalleja sekä muita epäpuhtauksia, jotka täytyi poistaa käsin ennen murskausta. Noin 17 t:n kuormasta käsiteltiin ainoastaan 840 kg. Vain ET-Energiatuote Oy:n REF-laitoksella oli käytössä pyörrevirtaerotin ei-magneettisten metallien erotteluun. Laite poisti osan metallisesta alumiinista ja toimi parhaiten pienillä ja kuivilla massavirroilla. Laitoksella ei ole käytössä seuloja, joten saanto oli hyvin korkea; 86–98 %, ja rejektin määrä vähäinen.

Ewapowerin pellettitehdas on suunniteltu erilaisille yhdyskuntien ja teollisuuden polttokelpoisille jätteille. Laitos valmistaa pellettejä ja kuivattaa REF-murskeen ennen pelletointia, jolloin valmiin pelletin kosteus on 2–3 %. Kuivatuksessa poistuu vettä n. 15–20 %, mikä on huomioitu saannossa. Saanto oli 67–86 % raaka-aineesta riippuen. Suurimmat rejektimäärät eroteltiin rumpu- ja tuuliseuloilla. Ensimmäisen magneetin mukana erottui metallien lisäksi myös paljon polttokelpoista materiaalia.

Loimi-Hämeen Jätehuollon REF-laitos käsittelee erilaisia yhdyskuntien polttokelpoisia jätteitä. Lopputuote on murskeena. Saanto oli materiaalista riippuen 51–80 %. Suurimmat rejektimäärät erotti 50 mm:n rei'illä oleva rumpuseula; 15–32 %. Rumpuseulan rejektissä oli paljon biojätettä, joka kompostoidaan. Rumpuseulan eräs tehtävä onkin ko. laitoksella erotella kuivajätteessä olevaa biojätettä.

REF-laitokset pystyivät erottelemaan suurimman osan magneettisista metalleista sekä seulalla varustetut laitokset myös muita raskaita epäpuhtauksia. REF-laitoksilla ongelmana olivat suuret rejektimäärät hihnamagneettien yhteydessä ja rumpuseuloilla. Lahden energiajätteen käsittelyssä syntyi kaikilla laitoksilla selvästi vähemmän rejektiä kuin Jyväskylän ja Pietarsaaren kuivajätteiden käsittelyssä. Tämä johtui energiajätteen alhaisesta kosteudesta ja siitä, että kuivajätteet sisälsivät enemmän erilaisia raskaita jakeita (epäpuhtauksia; biojäte, hiekka, kivet, metalli ja lasi), jotka erottuivat rumpu- ja tuuliseuloilla. Tässä suhteessa laitokset toimivat suunnitellusti.

REF-laitoksilla erotellut rejektit tutkittiin ja analysoitiin. Rejektit sisälsivät metalleja, lasia sekä muita raskaita kappaleita (biojätettä, kenkiä). Rejektien tuhkapitoisuudet olivat hyvin korkeita, täryseulan rejektissä jopa 68 %. REF-laitoksilla eroteltujen rejektien määrillä ei tämän tutkimuksen perusteella näyttäisi olevan yhteyttä lopputuotteen (REFin) laatuun. Kotitalouksien kuivajätteellä ET-Energiatuote Oy:n laitoksella analysoitiin hieman korkeampia tuhkapitoisuuksia kuin rumpuseuloilla varustetuilla Forssan ja Pietarsaaren laitoksilla.

Haitallisten alkuaineiden (Cl, S, raskasmetallit) pitoisuuksia REF-laitokset eivät juuri pystyneet vähentämään lukuun ottamatta pyörrevirtaerottimella eroteltuja metalleja sekä em. tuhkapitoisuutta.

Kierrätyspolttoaineen laatu oli tutkimuksessa tehdyissä analyyseissä enintään välttävää muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Klooripitoisuus oli kolmessatoista analyysissä keskimäärin 0,82 %, mikä on liian korkea useille voimalaitoksille. Lisäksi monien haitta-aineiden pitoisuuksissa esiintyi korkeita piikkejä. Tutkimuksessa analysoitiin yhteensä 11 REF-näytettä, joista analysoitiin mm. REF-standardin luokituksessa esitetyt alkuaineet. Tuloksista vain kaksi pääsi REF II -luokkaan, neljä oli REF III -luokassa ja viisi näytettä luokiteltiin REF III -luokan ulkopuolelle. Luokituksia alensivat korkeat elohopea-, kadmium-, kalium+natrium- ja klooripitoisuudet sekä metallisen alumiinin määrät.

Korkea kalium+natrium-pitoisuus lisää kattilan likaantumista, mikä laskee hyötysuhdetta sekä edistää korroosiota tietyissä olosuhteissa. Riskit ovat suurimmillaan korkean hyötysuhteen voimakattiloissa.

Raskasmetallit vaikuttavat mm. laitoksen päästöihin sekä tuhkien käsittelyyn. Käytännössä REF:n korkeat raskasmetallipitoisuudet saattavat estää tai ainakin rajoittaa seospolton tuhkien hyödyntämistä. REF-kaasutuksessa pääpolttoaineen ja REF:n tuhkat eivät sekoitu, jolloin mahdolliset REF:n korkeat raskasmetallipitoisuudet eivät ainakaan estä pääpolttoaineen tuhkan hyötykäyttöä.

Metallinen alumiini on hankala materiaali olemassa olevissa laitoksissa sekä arina- että leijukerrospoltoissa. Muiden metallien ohella se saattaa aiheuttaa kattilan tulipintojen likaantumista, tulistimien tukkeutumista, mekaanisia vaurioita arinapoltoissa arinarakenteisiin ja leijukerrospoltoissa petihiekan sintraantumista. Metalliselle alumiinille sallitaan korkeampia pitoisuuksia (0,25–1 %) uusissa REF:lle suunnitelluissa leijukerroskattiloissa. Myös kaasutustekniikka sallii samaa suuruusluokkaa olevia metallisen alumiinin pitoisuuksia.

REF-laitosten valmistusprosesseissa on kehitetty murskaus- ja erottelutekniikkaa viime vuosien aikana. Laitokset sietävät ja erottelevat epäpuhtauksia, mutta useilla laitoksilla rejektien mukana poistuu paljon polttokelpoisia materiaaleja. Käytännössä tämä merkitsee lisäkustannuksia rejektien jatkokäsittelyssä ja loppusijoituksessa. Rejektien määrää voidaan vähentää mitoittamalla seulat oikein erilaisille REF:n raaka-aineille sekä mahdollistamalla prosessin muuttamisen käytettävän raaka-aineen mukaan.

REF:n käyttö aloitettiin Suomessa rinnakkaispolttona olemassa olevissa voima- ja lämpölaitoksissa muiden kiinteiden polttoaineiden (pääasiassa polttoturvet ja puupolttaineet) seassa. Rinnakkaispoltoissa REF:n määrä jää alhaiseksi (5–10 %) suhteessa pääpolttoaineeseen, ja laatuvaatimukset ovat tiukkoja esim. tämän tutkimuksen polttoaineanalyyseihin verrattaessa. Nämä vaatimukset olivat lähtökohtana myös ns. ”REF-standardin” valmistelutyössä, jossa määritettiin laatuluokat REF I–III. Tämän jälkeen on poltto- ja kattilatekniikassa, mukaan lukien kaasutustekniikka, tapahtunut kehitystä, ja

laitokset voidaan suunnitella entistä huonommille polttoaineille ja kestävämmän mm. suu-
rempiä kloorin ja metallisen alumiinin pitoisuuksia.

Nämä uudet REF-kattilat ovat kuitenkin kalliimpia verrattuna perinteisille kiinteille
polttoaineille suunniteltuihin kattiloihin. Tämä johtuu mm. alhaisemmasta hyötysuh-
teesta, erikoismateriaaleista sekä lisäinvestoinneista polttoaineen käsittelyssä ja savu-
kaasujen puhdistuksessa. Mitoitus vaikealle ja huonolaatuiselle polttoaineelle on aina
kalliimpaa verrattuna parempaan polttoaineeseen, joten REF:n laadulla on näissä uusis-
sakin REF-kattiloissa taloudellista merkitystä.

Jätteiden energiakäytön ratkaiseminen on optimointitehtävä, jossa on otettava samalla
kertaa huomioon erilaisista syntypaikoista saatavan jätteen ominaisuudet, syntypaikka-
lajittelun mahdollisuudet laadun parantamiseen, REF-laitosten prosessien erotustekni-
kat, kustannukset ja oikein mitoitettu REF-kattila. Näiden lisäksi tulee ottaa huomioon
kunkin paikkakunnan olemassa oleva energiantuotantorakenne, johon jätteiden energia-
käyttöä ollaan suunnittelemassa.

Lähdeluettelo

861/1997, 1049/1999, Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista.

99/31/EC 1999, EU:n kaatopaikkadirektiivi.

2000/76/EY 2000, EU:n jätteenpolttodirektiivi.

495/1996, Jäteverolaki.

Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Espoo: VTT Energia. 172 s. + liitt. 17 s. VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 2045. ISBN 951-38-5699-2; 951-38-5740-9. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/T2045.pdf>

Antti-Poika, M. (toim.) 1993. Työperäiset sairaudet. Työterveyslaitos. 498 s.

Blom, K. 1999. Prisma, suullinen tiedonanto.

Ekorosk Oy Ab. 2002. Jätteiden lajitteluohjeet.

Gladding, T. & Coggins, P. C. 1997. Exposure to micro-organisms and health effects of working in UK recovery facilities – a preliminary report. *Ann Agric Env Med* 4, 137–141.

Heederick, D. & Douwes, J. 1997. Towards an occupational exposure limit for endotoxins? *Ann Agric Env Med* 4, 17–19.

Hyvönen, S. & Linnainmaa, M. 1999. Jäteperäisten polttoaineiden tuotannon ja käytön turvallisuus: Turvallisuuteen vaikuttavat ilmiöt ja työhygieeniset mittaukset. Työsuojelurahaston loppuraportti 98134.

Jyväskylän kaupunki, rakennusvirasto. 1999. Kopioita väestökisterijärjestelmästä.

Kinni, J. 1999. Suullinen tiedonanto. Kvaerner Power Oy.

Laitinen, S. 1999. Exposure to airborne bacteria in occupational environments. Väitöskirja. Kuopion yliopiston julkaisuja C. *Luonnontieteet ja ympäristötieteet* 93. Kuopio.

Malmros, P. 1997. Occupational health problems associated with increased recycling of household waste. *Ann Agric Env Med* 4, 7–9.

Moilanen, A., Ollila, H. & Sørensen, L. H. 2001. Kierrätyspolttoaineiden sisältämät metalli-, halogeeni- ja muut epäpuhtaudet SFS-standardia ja kaasutusta varten. Loppuraportti, VTT Prosessit, Tekesin Jätteiden energiankäyttö -teknologiaohjelma 2000–2001, 65 s.

Nikara, E. 1999. Suullinen tiedonanto. Citymarket.

Salmenoja, K. 2000. Muuttuva insinööri- ja ajattelutapa. Polttoprosessien mallinnus.

SFS-standardi nro 5875. 2000. Jätteen jalostaminen kiinteäksi polttoaineeksi. Laadunvalvontajärjestelmä. Helsinki. 29 s.

Sosiaali- ja terveysministeriö, Kemian työturvallisuusneuvottelukunta. 1998. HTP-arvot 1998. Turvallisuustiedote Nro 25. Tampere, 50 s.

Ympäristöministeriö. 2002. Tarkistettu jätesuunnitelma vuoteen 2005. 24 s.

Sähköiset viitteet:

www.phj.fi. Päijät-Hämeen jätehuolto Oy. Viitattu 2.4.1999.

www.pirkanmaan-jatehuolto.fi. Viitattu 21.8.2002.

www.stormossen.fi. Viitattu 21.8.2002.

Liite A: Suomessa ja muissa Pohjoismaissa tehtyjä lajittelukokeita ja -tutkimuksia

1 Taustaa

Tämä kirjallisuusselvitys on osa Tekes-hanketta "Syntypaikkalajittelujärjestelmän vaikutus kierrätyspolttoaineen laatuun". Kirjallisuusselvityksessä on etsitty tietoja vuoden 1985 jälkeen Suomessa ja muissa Pohjoismaissa tehdyistä kotitalousjätteen lajittelukokeista sekä käytössä olevien lajittelumallien tutkimuksista. Selvityksessä keskityttiin kerrostaloalueilla tehtyihin lajittelukokeisiin ja -tutkimuksiin, mutta useissa tapauksissa jätteenkeräysalueella on ollut sekä kerros- että omakotitaloja.

Kirjallisuusselvitystä apuna käyttäen suunnitellaan nykytilanteeseen sopiva menettely Suomessa käytössä olevien eri syntypaikkalajittelumallien testaamiseksi. Tämän vuoksi tässä selvityksessä ei esitellä kaikkia Suomessa ja muissa Pohjoismaissa tehtyjä lajittelukokeita- ja tutkimuksia, vaan pyritään ennemminkin tuomaan esille erilaisia käytännön toteutustapoja ja tulosten esittämismalleja, joita eri lajittelututkimuksissa on käytetty. Tehtyjen tutkimusten tuloksista esitetään tässä selvityksessä vain osa, yksityiskohtaisemmat tulokset löytyvät kustakin tutkimuksesta tehdyistä raporteista, jotka on mainittu tämän selvityksen lähdeluettelossa.

2 Lajittelukokeiden ja -tutkimusten esittely

2.1 Poiminta-analyysi kuudessa ruotsalaisessa kunnassa

2.1.1 Taustaa

Ruotsissa tehtiin syyskuun 1997 ja tammikuun 1998 välisenä aikana tutkimus (Olsson & Retzner 1998), jossa oli tavoitteena selvittää, miten jätehuollossa tapahtuneet muutokset (mm. pakkausjätteiden tuottajavastuu, pakkausmateriaalien kehittyminen ja biojätteen erilliskeräily) ovat vaikuttaneet kerättävän kotitalousjätteen koostumukseen. Projektin rahoittajina olivat REFORSK-säätiö, Svenska Renhållningsföreningen sekä useita materiaalien yrityksiä. Projektin toteuttamisesta vastasi Nordvästra Skånes Renhållnings AB.

Tutkimukseen valitut kuusi kuntaa olivat Kalmar (58 772 asukasta), Tidaholm (13 217 as.), Kristinehamn (25 863 as.), Eskilstuna (88 688 as.), Skellefteå (74 684 as.) ja Tomelilla (32 529 as.). Valituissa kunnissa tuli olla valmiiksi rakennettu pakkausjätteiden keräysjärjestelmä (aluekeräyspisteitä) ja kuntien tuli sijaita eri puolilla Ruotsia.

2.1.2 Näytteiden kerääminen

Tulosten tilastollisen käsiteltävyyden yhtenäistämiseksi vaadittiin joka kunnasta vähintään 100 kappaletta näyteyksiköitä (**yksi näyteyksikkö = yhdessä kotitaloudessa yhdessä viikossa muodostuva jätemäärä**).

Edustavuuden parantamiseksi jokaisesta mukana olevasta kunnasta valittiin mukaan viisi eri omakotitaloaluetta ja viisi rivi-/kerrostaloaluetta, joilta näytteet kerättiin. Valinnan teki kunnan oma vastuhenkilö. Aluevalinnan tavoitteena oli saada mukaan erityyppisiä alueita, joilta saataisiin kunnan jätekertymää mahdollisimman hyvin edustava näytesarja. Alueellisia eroja, jotka vaikuttivat aluevalintoihin, esiintyi mm. etäisyyksissä aluekeräyspisteisiin, biojätteen erilliskeräyksessä, jäteastiatyypeissä sekä jäteastioiden tyhjennysväleissä.

Eri asumismuotoja edustavilta alueilta kerättävien näyteyksiköiden lukumäärän määräsi asumismuotojen osuus kussakin kunnassa, esimerkiksi Eskilstunassa 34 % kotitalouksista asuu omakotitaloissa, jolloin sadasta tutkimukseen tulevasta näyteyksiköstä 34 kerättiin omakotialueelta.

Varsinainen näytteiden keräys tapahtui kussakin kunnassa käytössä olevalla kalustolla paikalliseen keräysjärjestelmään sopeutettuna. Useimmilla alueilla jäteastioiden tyhjennysväli oli kaksi viikkoa. Seuraavassa esitellään joitakin tutkimuksessa käytettyjä näytteiden keräyksen toteuttamistapoja.

Kalmarissa näytteet kerättiin tavalliseen puristavaan jäteautoon. Tutkimukseen valituilta omakotitaloalueilta jätteet kerättiin samalla ajokerralla, sillä eri alueiden jätteitä ei ollut tarpeellista pitää erillään. Rivitaloalueilla jäte kerättiin kotitalouksittain 160 litran säkeissä, joten näyteyksiköt olivat selvästi määritettävissä. Jätteiden kerääjä (= jäteauton kuljettaja) valitsi näytteenottotalot alueilta sattumanvaraisesti. Kerrostaloalueiden jätteet kerättiin periaatteella "yksi alue kerralla". Kunkin alueen jätekuormasta lajiteltiin vain osa (tavoitteena oli lajitella yhteensä vähintään 100 näyteyksikköä/kunta). Kerrostaloalueilta kerättyjen näyteyksiköiden lukumäärä saatiin kertomalla alueen kotitalouksien lukumäärä kahdella (tyhjennysväli kaksi viikkoa) ja näyteyksikön keskipaino saatiin jakamalla kerätyn jätteen paino kerättyjen näyteyksiköiden lukumäärällä. Kaikki tutkittava materiaali kerättiin Kalmarissa valmiiksi ennen kuin lajittelu aloitettiin.

Kristinehamnissa jätteet kerättiin tavallisella kuorma-autolla, jossa oli nosturi. Määrätyiltä alueilta sattumanvaraisesti valittujen omakotitalojen jäteastiat tyhjennettiin säkeihin, jotka nostettiin auton lavalle. Kerrostaloista, joissa oli 660 litran jäteastia, kuljettettiin lajittelupaikalle koko jäteastia sisältöineen. Joissakin kerrostaloissa oli puristava jätēsäiliö; säiliötä käyttävien kotitalouksien lukumäärän avulla saatiin selville näyteyk-

siköiden lukumäärä ja paino. Kristinehamnissa tutkimukseen tulevat näytteet kerättiin tutkimusviikon aikana, sitä mukaa kuin lajittelu eteni.

Skellefteåssa jätteet kerättiin puristavaan jäteautoon, mutta puristusta ei käytetty (= jäte helpommin lajiteltavissa). Valittujen omakotitaloalueiden jätteitä ei sekoitettu keskenään, vaan auto käytiin välillä tyhjentämässä. Myöskään eri kerrostaloalueiden jätteitä ei sekoitettu keskenään: eri alueiden jätteet erotettiin toisistaan muovilla. Myös Skellefteåssa kaikki tutkittava materiaali kerättiin valmiiksi ennen kuin lajittelu aloitettiin.

Muissa kunnissa käytetyt keräysmenetelmät olivat edellä esitettyjen kaltaisia.

2.1.3 Näytteiden lajittelu

Näytteiden lajittelu tapahtui kussakin kunnassa vastuullisen jätehuolto- tai kierrätysyrityksen tiloissa. Lajittelun tavoitteena oli selvittää sekajätteen koostumus nykytilanteessa, etenkin lajitellun pakkausjätteen osuus sekä tämän pakkausjätteen koostumus. Jäte lajiteltiin kahdessa eri vaiheessa yhteensä 29 eri fraktioon (taulukko A1).

Taulukko A1. Fraktiot, joihin jäte lajiteltiin kuudessa ruotsalaisessa kunnassa tehdyssä jätetutkimuksessa.

Tuottajavastuun alaiset (pakkaus)materiaalit		Muut materiaalit
keräyspaperi		ruokajäte
pahvi		vaipat
pehmeä muovi		puutarhajäte
kova muovi	nestepakkaukset elintarvikepakkaukset muut	muu paperi
paperipakkaukset	nestepakkauskartonki elintarvikepakkaukset muut	muu lasi
lasi	nestepakkaukset, väritön nestepakkaukset, värillinen muut, väritön muut, värillinen	muu muovi
metalli	nestepakkaukset, alumiini nestepakkaukset, tina muut, alumiini muut, tina	muu metalli
		elektroniikkaromu
		tekstiilit
		puu
		muut
		ongelmajäte

Projektin toteuttamisesta vastanneesta Nordvästra Skånes Renhållnings AB:stä oli vähintään yksi henkilö paikalla lajittelemassa/valvomassa lajittelun yhdenmukaisuutta. Lajitteluun osallistui 2–3 ihmistä. Eri kuntien tulosten vertailukelpoisuutta varmistettiin lisäksi käyttämällä kaikissa kunnissa samaa lajittelupöytää (kuva A1) ja samaa vaakaa eri fraktioiden punnitsemiseen.



Kuva A1. Kuudessa ruotsalaisessa kunnassa tehdyssä tutkimuksessa käytetty lajittelupöytä. Pöydässä olevien neljän aukon alapuolelle asetettiin säkit; näihin lajiteltiin yleisimmät materiaalit. Muut materiaalit lajiteltiin pöydän ympärillä oleviin astioihin.

Jokaisesta kunnasta lajiteltiin vähintään sata näytekysikköä. Yhteensä kuudessa kunnassa lajiteltiin 5 480 kg jätettä, lajitellut jätemäärät kunnittain ovat taulukossa A2.

Taulukko A2. Lajitellut jätemäärät kunnittain.

Kunta	Lajiteltu jätemäärä (kg)
Kalmar	791
Tidaholm	1035
Kristinehamn	974
Eskilstuna	897
Skellefteå	738
Tomelilla	1 045
YHTEENSÄ	5 480

2.1.4 Tuloksia

Poiminta-analyysi kuudessa ruotsalaisessa kunnassa -projektin tuloksista esitetään tässä eri fraktioiden osuudet sekajätteestä kaikkien kuuden kunnan keskiarvona (taulukko A3).

Taulukko A3. Eri jätefraktioiden p%-osuudet sekajätteestä kuuden ruotsalaisen kunnan keskiarvona. Luku "kg/näyteyksikkö" ilmoittaa paljonko ko. fraktiota muodostui keskimäärin kotitaloudessa viikon aikana.

Tuottajavastuun alaiset (pakkaus)materiaalit			Muut materiaalit		
	p-%	kg/näyteyks.		p-%	kg/näyteyks.
keräyspaperi	6,0	0,44	ruokajäte	40,4	2,98
pahvi	0,5	0,04	vaipat	5,8	0,43
pehmeä muovi	5,4	0,40	puutarhajäte	8,6	0,63
kova muovi	2,4	0,18	muu paperi	6,6	0,49
paperipakkaukset	6,7	0,49	muu lasi	0,2	0,02
lasipakkaukset	2,4	0,18	muu muovi	1,1	0,08
metallipakkaukset	2,0	0,15	muu metalli	0,7	0,05
			elektr.romu	0,4	0,03
			tekstiilit	3,0	0,22
			puu	1,3	0,09
			muut	6,2	0,45
			ongelmajäte	0,2	0,01
YHTEENSÄ	25,6	1,88		74,4	5,48

Ruotsissa tehdyn tutkimuksen tulokset on esitetty yksityiskohtaisemmin projektin lopuraportissa (Olsson & Retzner 1998).

2.2 Syntypaikkalajittelukokeilu Botkyrkassa

2.2.1 Taustaa

Södertörns Renhållningsverk (SRV) aloitti vuoden 1990 alussa ruotsalaisessa Botkyrkan kaupungissa kotitalousjätteen syntypaikkalajittelukokeilun, jossa jäte lajiteltiin kolmeen eri jätelajiin: polttokelpoinen jäte, kompostoitava jäte ja sekajäte. Näiden lisäksi alueella oli jo ennestään keräyspaperin ja lasin erilliskeräysjärjestelmä. Kokeilualue-

seen kuului 300 asunnon kerrostaloalue sekä 400 asunnon omakotitaloalue. Vuoden 1990 lokakuussa ja 1991 toukokuussa selvitettiin näytteenotolla, käsinlajittelulla ja analyysillä eri jätelajien puhtautta ja kemiallista koostumusta.

2.2.2 Näytteiden kerääminen

Näytteitä otettiin kaikista kolmesta jätelajista. Kunkin tutkittavaksi menevän jätelajinäytteen painon tuli olla vähintään 100 kg.

Kerrostaloalueen näytteet otettiin erikseen kahdesta eri taloyhtiöstä (nämä myös analysoitiin erillisinä). Omakotitaloalueella kunkin jätelajin 100 kg:n näyte muodostettiin ottamalla näytteitä useasta sattumanvaraisesti valitusta talosta.

2.2.3 Näytteiden lajittelu

Kaikkien kolmen eri jätelajin näytteet lajiteltiin pöydän päällä käsinlajitteluna seuraaviin 12 fraktioon:

- | | |
|------------------------|---------------------------|
| – keräyspaperi | – tekstiilit, kumi, nahka |
| – muu paperi | – metallit |
| – muovi (pakkausmuovi) | – lasi |
| – muu muovi | – muu palamaton |
| – puu | – vaipat |
| – kompostoitava jäte | – ongelmajäte. |

2.2.4 Tuloksia

Eri jätelajien osuudet olivat Botkyrkan lajittelukokeilussa seuraavat: kompostoitava jäte 45 p-%, polttokelpoinen jäte 25–30 p-% ja sekajäte 25–30 p-%. Seuraavassa esitetään taulukoissa A4 ja A5 Botkyrkan lajittelukokeen tuloksista polttokelpoisen jätteen materiaalkoostumus sekä alkuaineanalyyysien tuloksia. Lajittelukokeilusta tehdyssä raportissa (Sundqvist 1991) on tulokset esitetty yksityiskohtaisemmin kaikkien kolmen eri jätelajin osalta.

Taulukko A4. Botkyrkan lajittelukokeen tuloksia: polttokelpoisen jätelajin materiaali-koostumus.

	Kerrostalo 1. Gröndalsv. 14–16		Kerrostalo 2: Kvällsvägen 4		Omakotitaloalue		KESKIARVO	
	p-%		p-%		p-%		p-%	
	loka -90	touko -91	loka -90	touko -91	loka -90	touko -91	loka -90	touko -91
Polttokelpoiseen kuuluvat:								
keräyspaperi	9,8	14,6	5,6	3,6	20,0	18,1	11,8	12,1
muu paperi	32,0	39,4	44,3	45,3	32,1	33,8	36,1	39,5
pakkausmuovi	11,8	11,0	15,0	19,7	14,1	13,0	13,6	14,6
puu	0,2	0,9	0,9	1,1	1,7	1,5	0,9	1,2
Yhteensä	53,8	65,9	65,8	69,7	67,9	66,4	62,5	67,3
Polttokelpoiseen kuulumaton:								
biojäte	18,9	21,8	10,0	23,4	16,0	7,9	15,0	17,7
vaipat	12,4	1,3	17,5	0,3	5,9	9,4	11,9	3,7
muut muovit	2,5	1,6	0,7	1,8	3,6	2,5	2,3	2,0
tekstiilit	4,7	8,2	4,0	2,5	3,2	9,1	4,0	6,6
metallit	1,2	0,8	1,0	1,6	0,3	0,5	0,8	1,0
lasi	1,8	0,4	0,0	0,7	0,0	1,8	0,6	1,0
muu ei-palava	4,6	0,0	1,0	0,1	3,2	2,3	2,9	0,8
Yhteensä	46,1	34,1	34,2	30,4	32,2	33,5	37,5	32,8

Taulukko A5. Botkyrkan lajittelukokeen tuloksia: polttokelpoisen jätelajin alkuaine-analyysit.

Analyysi		Pitoisuus polttokelpoisessa jätelajissa
kosteus	p-%	15,9
tuhkapitoisuus	p-%	13,0
lämpöarvo, teh.saap.til.	MJ/kg	15,2
hiili-C	p-%	48,6
vety-H	"	6,2
typpi-N	"	0,3
happi-O	"	31,6
rikki-S	"	0,21
kloori-Cl	"	0,32
alumiini-Al	mg/kg	893
arseeni-As	"	8,9
barium-Ba	"	31,1
lyijy-Pb	"	21,7
fosfori-P	"	458
rauta-Fe	"	2 609
kadmium-Cd	"	0,26
kalsium-Ca	"	10933
kalium-K	"	940
pii-Si	"	14,1
koboltti-Co	"	49,0
kupari-Cu	"	40,4
kromi-Cr	"	5,9
elohopea-Hg	"	0,26
magnesium-Mg	"	520
mangaani-Mn	"	74,8
molybdeeni-Mo	"	<2,0
natrium-Na	"	1122
nikkeli-Ni	"	12,5
strontium-Sr	"	18,6
titaani-Ti	"	14,8
sinkki-Zn	"	194
vanadiini-V	"	1,8

Botkyrkan syntypaikkalajittelukokeilun raportissa on esitetty kirjallisuudesta hankittua tietoa eri materiaalien polttokelpoisuuteen vaikuttavista alkuainepitoisuuksista, osa näistä on koottu taulukkoon A6.

Taulukko A6. Eri materiaalien polttokelpoisuuteen vaikuttavia alkuainepitoisuuksia (Sundqvist 1991).

	Cl	S	Pb	Cd	Hg	Cu	Cr	Zn
	p-%		mg/kg					
paperi	0,3	0,1	10–100	<0,5	0,02–0,6	10–100	5–50	100–300
muovi (sekalainen)	4,4	0,1	-	-	-	-	-	-
muovi (PVC)	-	-	100–1000	10–200	0,2–0,4	5–15	0,5–50	100–250
muovi (PE, PS ym.)	-	-	50–100	~0,1	0,02–0,2	5–30	1–30	40–100
tekstiilit	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-
kumi, nahka	2,0	1,0	-	-	-	-	-	-

2.3 Syntypaikkalajittelu Falunissa

2.3.1 Lajittelumalli

Falunissa aloitettiin vuonna 1995 jätteiden lajittelu kolmeen jätelajiin: palava jäte, biojäte sekä näistä ylijäävä jäte (sekajäte). Näiden lisäksi aluekeräyspisteissä kerättiin kierrätettäviä materiaaleja (kuten paperia ja lasia) ja ongelmajätteitä. Palava jäte lajiteltiin kotitalouksissa punaiseen pussiin, biojäte mustaan pussiin ja sekajäte vapaavalintaisen värisen pussiin (ei punainen eikä musta).

Kaikki pussit kerättiin samaan jäteastiaan ja kuljetettiin erottelulaitokselle, jossa pussit eroteltiin värin perusteella optisella laitteistolla. Palava jäte poltettiin, biojäte kompostoitui ja sekajäte vietiin kaatopaikalle.

2.3.2 Lajittelututkimuksen toteutus

Vuonna 1996 Falunissa tehtiin selvitys, jossa tutkittiin lajittelun onnistumista. Tutkimuksessa selvitettiin kolmen jätelajin (palava jäte, biojäte, sekajäte) puhtausasteet kolmella eri alueella. Koalueet oli valittu siten, että erilaisten asumismuotojen lisäksi edustettuina olivat myös eri ikä- ja sosiaaliluokat.

Tutkimus suoritettiin siten, että erottelulaitoksella liukuhihnalta poimittiin tietyn jätekuorman pusseista joka 20:s jätepussi väristä ja kunnosta riippumatta. Koska pusseista noin 2/3 oli poltettavaa jätettä ja lopusta 1/3:sta noin puolet biojätettä ja puolet sekajä-

tettä, jäi bio- ja sekajätepussien saanto suhteelliseen pieneksi ja lopuksi tehtiinkin yksi iso otos vain näistä kahdesta jätelajista. Pussien sisältö lajiteltiin eri fraktioihin ja pussien puhtausasteet saatiin näin määritettyä.

2.3.3 Lajittelututkimuksen tuloksia

Falunin lajittelututkimuksessa korkein puhtausaste oli biojätteellä. Taulukossa A7 esitetään Falunin lajittelututkimuksen tuloksena saadut puhtausasteet eri jätelajeille (Herrhagenin alueella, jolla oli kerros- ja rivitaloja).

Taulukko A7. Falunin lajittelututkimuksen tuloksena saadut puhtausasteet eri jätelajeille (Herrhagenin kerros- ja rivitaloalue).

Jätelaji	Puhtausaste*, p-%
Palava jäte	56,34
Biojäte	95,22
Sekajäte	8,31

* Ilmoittaa painoprosentteina, paljonko lajitellusta jätelajista on jätefraktiota, joka ohjeen mukaan kuuluu ko. jätelajiin.

Tutkimustulosten perusteella voi sanoa, että Falunissa kerätty palava jäte ei sisältämiensä epäpuhtauksien (biojäte, lasi, metalli ym.) takia ole sellaisenaan riittävän puhdasta hyvälaatuisen kierrätyspolttoaineen raaka-aineeksi, vaan vaatii jatkokäsittelyä asianmukaisessa laitoksessa.

2.4 Borås: valkoiset ja mustat pussit

2.4.1 Lajittelumalli

Boråsissa aloitettiin 1987 kotitalousjätteen lajittelu kahteen jätelajiin: biojätteeseen ja muuhun jätteeseen (sekajäte). Myöhemmin kokeiltiin näiden kahden jätelajin lajittelua erivärisiin pusseihin: biojäte lajiteltiin mustiin ja sekajäte valkoisiin pusseihin. Ongelmajätteille ja kierrätettäville materiaaleille, kuten lasille ja paperille, oli omat aluekeräyspisteensä. "Boråssystemet" -kokeilu toteutettiin kahdella alueella, Brämhultin omakotialueella ja Kristinebergin kaupunginosassa, jossa on rivi- ja kerrostaloja.

Mustat ja valkoiset pussit kerättiin yhteen astiaan, joka tyhjennettiin pakkaavaan jäteauttoon. Pussien rikkoutumista ehkäistiin pienentämällä pakkarin puristusvoimaa. Jäte kul-

jetettiin hyötykäyttöasemalle, jossa mustat ja valkoiset pussit eroteltiin optisella menetelmällä. Biojäte lähetettiin kompostoitavaksi ja sekajäte meni polttoon (puristeina).

2.4.2 Lajittelututkimuksen toteutus

Boråssystemet-kokeilun toimivuudesta tehtiin tutkimus, jossa selvitettiin biojätteen puhtaus- ja keräysaste sekä sekajätteen koostumus. Kristinebergin rivi- ja kerrostaloalueelta valittiin 15 jäteastiaa 60:stä, joista laskettiin mustien ja valkoisten pussien määrät ja pussit punnittiin. Tämän jälkeen biojätepussien sisältö lajiteltiin biojätteeseen ja muuhun (mustaan pussiin kuulumaton) fraktioon. Valkoisten pussien sisältö lajiteltiin kymmeneen fraktioon: biojäte, lehdet, paperi, muovit, tekstiilit, lasi, metallit, palava, muu ei-palava ja ongelmajäte.

2.4.3 Lajittelututkimuksen tuloksia

Tutkimuksessa Kristinebergin rivi- ja kerrostaloalueen mustien pussien puhtausaste oli 92 p-% ja keräysaste (oikein lajitellun jätteen osuus koko ko. jätelajin kertymästä) 87 p-%.

2.5 Ab Ekorosk Oy:n jätetutkimus Pietarsaaren seudulla

2.5.1 Taustaa

Ekoroskin toiminta-alueelle on kehitetty jätehuoltojärjestelmäksi Ekorosk-malli, jossa kotitalousjäte lajitellaan syntypaikalla märkään jätteeseen (musta jät pussi) ja kuivaan jätteeseen (valkoinen pussi). Näiden lisäksi kaikki materiaalihyötykäyttöön soveltuva jäte, kuten esimerkiksi paperi-, pahvi-, lasi- ja metallijäte lajitellaan erilleen syntypaikalla ja toimitetaan alueellisiin keräyspisteisiin. Mustat ja valkoiset jät pussit kerätään yhdessä ja ne toimitetaan Ekoroskin erottelulaitokselle, jossa ne lajitellaan erilleen optisella lajittelijalla.

Kesällä 1998 toteutetun Ekoroskin jätetutkimuksen tavoitteena oli määrittellä märkäjätteen ja kuivajätteen koostumus jättejakeittain ottaen huomioon sekä erilaiset jätteentuottajat että erilaiset keräysalueet. Lisäksi tavoitteena oli selvittää syitä mahdolliseen lajittelun laiminlyömiseen sekä tarkentaa muodostuvia jätemääriä.

2.5.2 Näytteiden kerääminen

Tutkimuksen kokeellinen osa jakautui kahteen vaiheeseen. Ensimmäiseksi suoritettiin poiminta-analyysit Ekoroskin koko toiminta-alueen jätteen koostumuksen selvittämiseksi. Toisessa vaiheessa tehtiin alueelliset analyysit kolmen erilaisen alueen jätteistä.

Ensimmäisen vaiheen poiminta-analyysissä tutkittiin kymmenen 40 pussin erää sekä mustia että valkoisia jätepusseja Ekoroskin koko toiminta-alueelta. Yhteensä lajiteltiin siis 400 mustaa ja 400 valkoista pussia. Analyysiin tulevat pussit poimittiin erottelulaitoksen liukuhihnalta. Hihnalta poimittiin joka kymmenes pussi, tällä pyrittiin siihen, että kukin 40 pussin erä edustaisi mahdollisimman suurta jäte-erää. Käytännössä kukin 40 pussin erä edusti vähintään kahta satunnaista jätekuormaa.

Toisessa vaiheessa tehtiin alueelliset analyysit kolmen erilaisen alueen jätteistä. Kohde-alueina olivat kerrostaloalue (Västanpån ja Ostermalm) ja omakotitaloalue (Västermalm ja Västanpån) Pietarsaareissa sekä Kaustisen kunnan alue. Toisen vaiheen poiminta-analyysissä tutkittiin kultakin kolmelta alueelta kaksi 60 pussin erää sekä mustia että valkoisia jätepusseja. Kultakin alueelta lajiteltiin yhteensä 240 pussia, mikä vastasi noin 350–400 kg jätettä.

Lajittelutyön ohessa suoritettiin erottelulaitoksella seuranta mustien ja valkoisten pussien lukumäärän suhteesta. Tämä toteutettiin seuraamalla liukuhihnalla kulkevien mustien ja valkoisten pussien lukumäärää eri mittaisina ajanjaksoina.

2.5.3 Näytteiden lajittelu

Ekoroskin jätetutkimuksessa jäte lajiteltiin käsinlajitteluna seuraaviin jätefraktioihin:

- | | |
|--------------------------------|---------------------------|
| – lasi | – muoviset jätepussit |
| – metalli | – muu muovi |
| – keräyskelpoinen paperi | – tekstiilit ja jalkineet |
| – muu paperi | – kompostijäte |
| – nestepakkauskartonki | – vaipat |
| – keräyskelpoinen ja muu pahvi | – ongelmajäte |
| – PVC-muovi | – muu palava jäte |
| – vaahtomuovi | – muu ei-palava jäte. |

Lajitteluun osallistui 2–3 henkilöä. Samanaikaisesti lajittelupöydälle mahtui lajittelemaan kaksi henkilöä ja kolmas punnitsi jätepussit ja täyttyneet ämpärit sekä kirjoitti ylös tuloksia. 40 pussin lajitteluun meni noin 1–1,5 tuntia.

2.5.4 Tuloksia

Ekoroskin jätetutkimuksen tuloksista esitetään tässä vain poiminta-analyysin ensimmäisen vaiheen (Ekoroskin koko toiminta-alue) analyysin tulokset märkä- ja kuivajätteen eri fraktioiden p%-osuuksien hajontoina ja keskiarvoina (taulukko A8).

Taulukko A8. Ekoroskin koko toiminta-alueelta (poiminta-analyysin ensimmäinen vaihe) kerätyn märkä- ja kuivajätteen fraktioiden p%-osuuksien hajonnat ja keskiarvot.

Jätefraktio	Märkäjäte		Kuivajäte	
	Hajonta	k.a.	Hajonta	k.a.
	p-%	p-%	p-%	p-%
Lasi	0,000–2,439	1,195	0,207–3,077	1,390
Metalli	0,637–2,450	1,313	0,972–6,226	2,328
Paperi	2,967–6,604	4,786	9,834–22,293	16,477
Pahvi	4,257–8,741	6,692	11,094–17,567	14,592
Muovi	11,448–16,476	14,467	15,108–29,331	21,230
Tekstiilit	0,013–4,785	1,724	5,963–18,529	12,987
Kompostijäte	36,792–56,606	51,336	9,600–23,300	16,746
Vaipat ja siteet	4,032–19,408	13,330	0,130–8,095	3,241
Ongelmajäte	0,000–0,274	0,052	0,000–0,554	0,148
Muu palava jäte	0,249–4,568	2,177	2,059–10,346	6,256
Muu ei-palava jäte	0,983–4,269	2,926	0,833–11,794	4,605

Ekoroskin jätetutkimuksen tulokset on esitetty tarkemmin tutkimuksesta tehdyssä raportissa (Lahtinen 1999).

2.6 Jätetutkimus Tarastenjärven jätteenkäsittelykeskuksessa

2.6.1 Taustaa

Tarastenjärven jätteenkäsittelykeskuksen jätetutkimus toteutettiin kesällä 1998. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää Tarastenjärven jätteenkäsittelylaitokselle tulevan jätteen koostumus Tampereen ja lähikuntien kerrostalo- ja omakotitaloalueilla ja vertailla eri

alueita keskenään. Erityisesti pyrittiin selvittämään laitokselle tulevan kuivajätteen sisältämän biojätteen, metallien, ongelmajätteiden ja PVC-muovin osuudet.

2.6.2 Näytteiden kerääminen

Tutkittaviksi alueiksi valittiin 8 kerrostaloaluetta eri puolilta Tamperetta, 8 omakotitaloaluetta Tampereelta ja lähikunnista sekä 2 energijätösopimusyritystä. Tutkimukseen otettiin 1 jätekuorma/alue. Käytännössä puhtaasti kerrostaloalueiden tai omakotitaloalueiden tutkiminen oli mahdotonta, sillä jäteautojen ajoreitit oli suunniteltu niin, että samalle reitille kuului aina vähintään kahta erilaista asutusta ja lisäksi yrityksiä ym.

2.6.3 Näytteiden lajittelu

Tutkittavaksi tuleva jätekuorma ohjattiin Tarastenjärven jätteenkäsittelylaitoksella punnituksen jälkeen sopivalle tyhjennyspaikalle vastaanottohallissa. Jäteauton kuljettajan tekemät havainnot ajoreitiltä (jätteen laatuun vaikuttavat) kirjattiin ylös. Tyhjennyksen jälkeen kuormasta otettiin tarpeen mukaan kuvia. Tämän jälkeen kuorma levitettiin kauhakuormaajalla tasaiseksi kerrokseksi ja kuormasta löytyvät suuremmat metalliesineet poimittiin erilleen.

Varsinaiseen analyysiin tulevaan otokseen (600 l) otettiin sekä jätepusseja että irtoroskaa, jotka lapioitiin eri puolilta levitettyä kasaa. Otos lajiteltiin käsinlajitteluna lajittelu-pöydällä seuraaviin 32 jätefraktioon:

- | | | |
|------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| – paperi | – styrox | – metallipakkaukset (magn.) |
| – pahvi | – elektroniikka | – metallipakkaukset (ei-magn.) |
| – paperi-/pahvisilppu | – hygieniatuotteet | – lasipakkaukset |
| – puu | – ongelmajäte | – paperipakkaukset |
| – lasi | – muovi (ei PVC) | – kotelopakkaukset |
| – keramiikka, posliini | – muovi (PVC) | – nestepakkauskartonki |
| – kumi | – metalli (magneettiset) | – aaltopahvipakkaukset |
| – tekstiilit | – metalli (ei-magneettiset) | – monimater.pakkaukset |
| – kivet, hiekka, tuhka | – monimateriaalituotteet | – muut |
| – biojäte | – muovipakkaukset (PVC) | – epäselvät/tunnistamattomat. |
| – servetit | – muovipakkaukset (muut) | |

Yhden alueen 600 l:n otosnäytteen käsinlajitteluun kului kahdelta lajittelijalta aikaa noin 2 työpäivää. Tähän aikaan sisältyy autokuorman tyhjennys, levitys, suurten metallikappaleiden erotus, otoksen poimiminen, käsinlajittelu sekä tarvittavat punnitukset ja muis-tiinpanot.

2.6.4 Tuloksia

Tarastenjärven jätetutkimuksessa havaittiin biojätteen osuus laitokselle tulevasta kuiva-jätteestä huomattavan suureksi sekä omakoti- että kerrostaloalueilla. Tutkimustuloksina saatiin lisäksi mm. jätekuorman sisältämien suurten metallikappaleiden, hyötyjätteen sekä polttokelpoisen energiajätteen osuudet tutkituista kuormista. Tulokset on esitetty yksityiskohtaisesti Tarastenjärven jätetutkimusraportissa (Aaltonen 1998).

2.7 Lajiteltujen jätelajien karakterisointi – kuusi ruotsalaista jätehuolto-yhtiötä

2.7.1 Taustaa

Osana laajempaa projektia toteutettiin Ruotsissa vuosien 1991–1992 aikana jätetutkimus, jossa selvitettiin kuuden ruotsalaisen jätehuolto-yhtiön toiminta-alueella muodostuvan jätteen koostumusta. Syntypaikkalajittelumallit erosivat eri yhtiöiden alueilla toisistaan, taulukossa A9 esitetään mukana olleet jätehuolto-yhtiöt sekä yhtiön alueella käytetty lajittelumalli.

Taulukko A9. Lajiteltujen jätelajien karakterisointitutkimuksessa mukana olleet jätehuolto-yhtiöt ja niiden lajittelumallit.

Jätehuolto-yhtiö	Lajiteltavat jätelajit
Södertörns Renhållningsverk AB (SRV)	biojäte, polttojäte, kaatopaikkajäte
Sydvästra Skånes Avfalls AB (SYSAV)	märkäjäte, kuivajäte
Mellanskånes Renhållnings AB (MERAB)	märkäjäte, kuivajäte
Stockholms Kommuns Avfallsförädling AB (SKAFAB)	loppujäte (hyötyjätteiden lajittelun jälkeen jäljelle jäävä jäte)
Borlänge Energi	biojäte, polttojäte
Borås Gatukontor	biojäte, loppujäte

Kaikilla alueilla oli käytössä myös alueellisia keräyspisteitä hyötyjätteiden keräykseen.

2.7.2 Näytteiden kerääminen

Tutkittavia näytteitä kerättiin kahdella eri jaksolla: loka-marraskuussa 1991 ja helmimaaliskuussa 1992 (kunkin jätehuoltoyhtiön alueelta näytteitä kerättiin molemmilla jaksoilla). **Näytteenottotapa oli molemmilla jaksoilla erilainen.** Kunkin jätehuoltoyhtiön alueelta otettiin näytteitä sekä omakoti- että kerrostaloalueelta. Kutakin jätelajia edustavan näytteen minimipaino oli 130 kg.

Ensimmäisellä jaksolla otetut näytteet kerättiin hyödyntäen olemassa olevaa jätteenkeräysjärjestelmää. Suunnitellulta alueelta normaalin keräysreitit varrelta kerätystä jätetuormasta poimittiin käsittelylaitoksella sopivan kokoinen otos roskapusseja tai roskäsäkkejä tarkempaan analyysiin. Mikäli kuormassa oli vain isoja jätēsäkkejä, poimittiin niitä kaksinkertainen määrä, jonka jälkeen säkit avattiin, sisällöt sekoitettiin ja määrä jaettiin kahtia, jolloin saatiin analysoitava näyte.

Toisella jaksolla näytteet otettiin sattumanvaraisesti valituista osoitteista (ennalta suunnitelluilta alueilta). Nyt ei siis sovellettu normaalia jätteenkeräysjärjestelmää, vaan näytteet kerättiin erillisinä.

2.7.3 Näytteiden lajittelu

Näytteet lajiteltiin lajittelupöydällä käsinlajitteluna taulukossa A10 esitettäviin jätefraktioihin. Jätehuoltoyhtiön alueella käytössä olevasta lajittelumallista riippuen tätä jakoa jouduttiin joissakin tapauksissa soveltamaan tai tarkentamaan.

Taulukko A10. Lajiteltujen jätelajien karakterisoinnissa käytetty jätefrakiojako.

Kategoria	Alakategoria
paperi	lehdet
	kartonki, pahvi
	pakkauspaperi
	kirjoituspaperi
	pehmopaperi
	paperisäkit
muovi	pehmeä muovi
	kova muovi
	pakkausmuovi
laminaatit	maitopurkit (kartonki + muovi)
	margariinirasiat
	metallilaminaatit (muovi/paperi/metallilaminaatit)
vaipat, siteet	
tekstiilit, kumi, nahka	
lasi	
metalli	
ongelmajäte	
ruoka- ja puutarhajäte	
muu palava	
muu ei-palava	
jäännös	

2.7.4 Tuloksia

Kuuden jätehuolto-yhtiön alueen jätetutkimuksessa todettiin kerrostalolajittelun olevan epätarkempaa kuin omakotitalolajittelun. Lisäksi, mikäli lajittelumallissa oli selkeästi oma kaatopaikkajätelajinsa, saatiin mm. polttojäte kerättyä puhtaampana. Tutkimuksen tulokset on esitetty yksityiskohtaisemmin raportissa *Karakterisering av avfallsfraktioner från källsortering* (Naturvårdsverket rapport 4194, 1993).

2.8 Jätetutkimus Tampereen Hervannassa

2.8.1 Lajittelumalli

Tampereen Hervannassa tehtiin vuosina 1992–1993 noin puoli vuotta kestänyt jätetutkimus alueella alkaneen biojätteen erilliskeräyksen toimivuuden selvittämiseksi. Kotita-

lousjäte lajiteltiin alueella kahteen jätelajiin, biojätteeseen ja kuivajätteeseen ja näiden lisäksi kerättiin aluekeräyspisteissä ongelmajätteitä ja kierrätysmateriaaleja, kuten pappia ja lasia. Lajittelututkimuksen tarkoituksena oli selvittää ensisijaisesti biojätteen kertymä ja puhtausaste sekä kuivajätteen koostumus.

2.8.2 Lajittelututkimuksen toteutus

Tarastenjärven kaatopaikalla punnittiin kaikki Hervannasta tuodut jätekuormat. Punni-
tusseuranta antoi tiedon kompostijätteen ja kuivajätteen kertymästä. Vuoden 1993 alku-
puoliskolla kahdesta tutkimuskohteeksi valitusta kerrostalokiinteistöstä (toisessa vuokra-
-, toisessa omistusasuntoja) selvitettiin sekä biojätteen että kuivajätteen koostumus.
Hervannan Huolto Oy kuljetti tutkimuskohdekiinteistöistä valitut jäteastiat Tampereen
teknilliselle korkeakoululle, jossa suoritettiin käsinlajitteluna astioiden sisällön erittelyt
ja punnitukset. Koostumusta selvitettiin kahdella eri tutkimusjaksolla, kummallakin
tutkimusjaksolla jäteastiat tutkittiin kerran viikossa. Kummankin tutkimusjakson pituus
oli noin 3 viikkoa. Tutkittavaksi tulleet jätemäärät esitetään taulukossa A11.

Taulukko A11. Hervannan jätetutkimuksessa jätelajien materiaali-koostumusselvityksessä käytetyt näytekoost.

	Näytekoost, kg	
	kiinteistö A (kerrostalo, omistusasuntoja)	kiinteistö B (kerrostalo, vuokra-asuntoja)
kuivajäte, I jakso	89	154
kuivajäte, II jakso	79	84
biojäte, I jakso	148	88
biojäte, II jakso	119	106

2.8.3 Lajittelututkimuksen tuloksia

Hervannan jätetutkimuksen poiminta-analyysin tulokset (kuivajätteen ja biojätteen koostumukset) esitetään kahden eri keräysjakson keskiarvoina taulukoissa A12 ja A13.

Taulukko A12. Kuivajätteen koostumus Hervannan jätetutkimuksessa kahden keräysjaks-
son keskiarvona.

Jätefraktio	Omistusasunnot p-%	Vuokra-asunnot p-%
Paperi	12,3	14,2
Pahvi	15,0	9,0
Metalli	7,1	3,7
Muovi	18,5	18,3
Lasi	3,3	6,3
Tekstiilit	2,6	5,4
Puu	0,5	1,0
Muu kuivajäte	5,5	4,9
Biojäte	35,2	37,2
YHTEENSÄ	100	100

Taulukko A13. Biojätteen koostumus Hervannan jätetutkimuksessa kahden keräysjaks-
son keskiarvona.

Jätefraktio	Omistusasunnot p-%	Vuokra-asunnot p-%
Biojäte	100	95,8
Muu jäte	0	4,2
Yhteensä	100	100

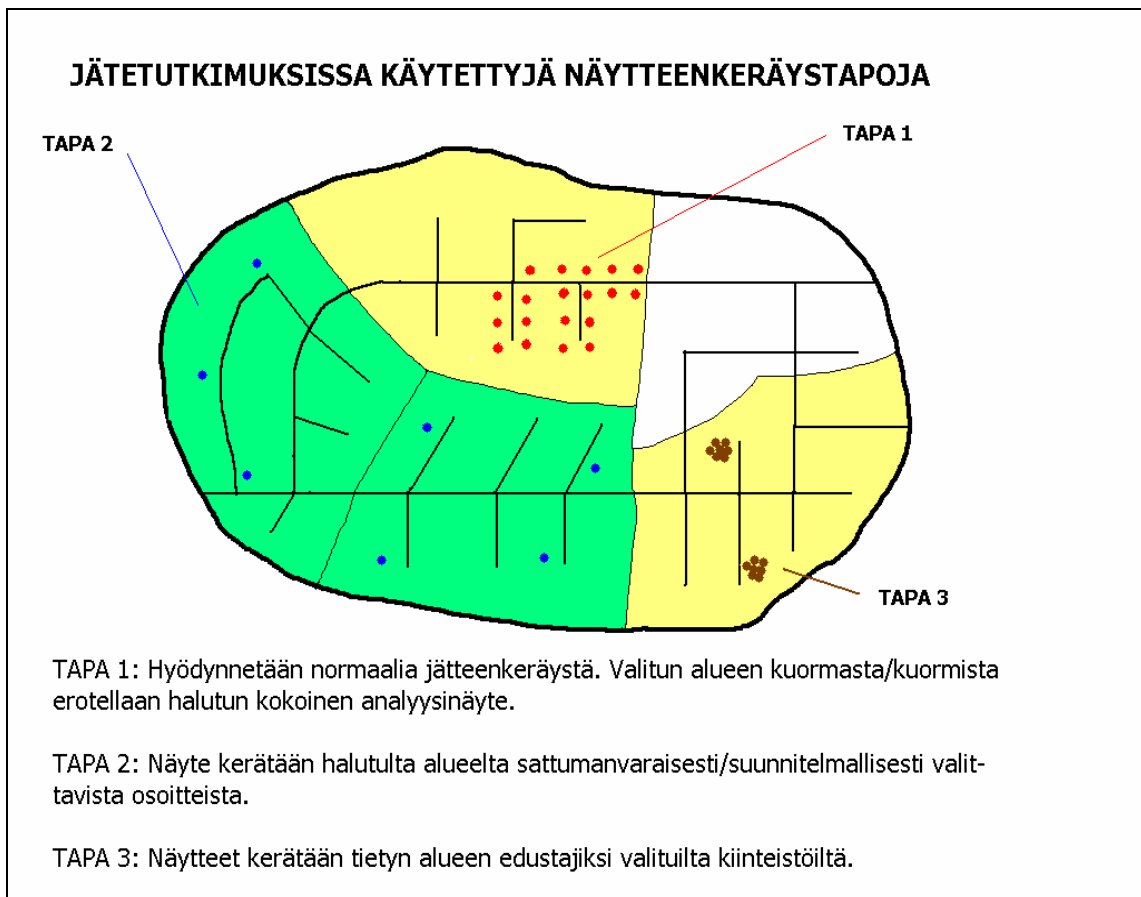
Hervannan jätetutkimuksen mukaan asunnon omistussuhde ilmentää lajitteluhalukkuutta. Esimerkiksi biojätteen keräysaste oli kaksinkertainen omistusasunnoissa (57 p-%) ver-
rattuna vuokra-asuntoihin (28 p-%). (Isoaho & Jalo 1993)

3 Yhteenveto

3.1 Käytetyt näytteenkeräystavat

Jätenäytteen keräys- ja muodostamistapa ratkaisee suurelta osin näytteen edustavuuden. Jos näytteenoton tarkoituksena on saada tietoa materiaalin laatuvaihteluista, kerätään useita eri näytteitä ja nämä analysoidaan kukin erikseen. Tässä selvityksessä esitellyissä jätetutkimuksissa näytteenoton tarkoituksena oli kuitenkin saada tietoa materiaalin keskimääräisestä koostumuksesta. Tällöin pyrittiin muodostamaan mahdollisimman edus-
tavat kokoomänäytteet.

Kuvassa A2 esitellään kolme jättenäytteiden keräystapaa, joita on käytetty esitellyissä jätetutkimuksissa kuhunkin tilanteeseen soveltaen.



Kuva A2. Suomessa ja muissa Pohjoismaissa tehdyissä jätetutkimuksissa käytettyjä näytteenkeräystapoja.

3.2 Kerättyjen näytteiden koko

Kaikissa edellä esitellyissä lajittelututkimuksissa on jouduttu miettimään samaa ongelmaa: kuinka suuri on lajitteluanalyysiin menevän näytteen oltava, jotta sen edustavuus olisi riittävä. Tutkittujen näytteiden koot vaihtelevat raporttien mukaan alle 100 kilosta aina 1 000 kiloon asti.

Luonnollisesti kokoomanäyte on sitä edustavampi, mitä enemmän siinä on edustavia yksittäisnäytteitä. Toisaalta taas lajitteluanalyysityön hitaus asettaa rajoituksia näytekoolle.

Jotta eri alueilla tehdyt tutkimukset olisivat tilastollisesti vertailukelpoisia, tulee tutkimuksessa käytettävien menetelmien olla samat aina näytteenkeräysalueen valintaperusteista ja näytteenkeräysmenetelmistä lähtien.

3.3 Lajittelutyön suoritus, lajitteluun käytetty aika

Eri alueilla tehtävien lajittelututkimusten tuloksiin vaikuttaa näytettä lajittelevien henkilöiden huolellisuus. On myös mahdollista, että eri henkilöt lajittelevat tietyt materiaalit säännönmukaisesti eri tavalla. Tämän vuoksi olisi varmintä, jos samat henkilöt voisivat lajitella kaikki keskenään vertailtaviksi aiotut näytteet. Mikäli tämä ei ole mahdollista, tulee lajittelun yhdenmukaisuuteen kiinnittää erityistä huomiota lajittelijoita opastettaessa.

Tässä selvityksessä esitellyissä tutkimuksissa jätenäytteitä on ollut lajittelemassa 2–3 henkilöä. Lajittelu on tapahtunut lajittelupöydällä. Lajittelutyöhön käytetty työaika on selvillä vain kahdesta tutkimuksesta: Ekoroskin jätetutkimuksessa 40:n jätepussin (yht. n. 400 l) lajitteluun meni kahdelta lajittelijalta aikaa 1–1,5 tuntia. Tarastenjärven jätetutkimuksessa yhden 600 l:n lajitteluun meni kahdelta lajittelijalta noin kaksi päivää (tähän aikaan sisältyy autokuorman tyhjennys, levitys, suurten metallikappaleiden erotus, 600 l:n otoksen poimiminen, käsinlajittelu sekä tarvittavat punnitukset ja muistiinpanot).

Lähdeluettelo

Aaltonen, P. 1998. Jätetutkimus Tarastenjärven jätteenkäsittelykeskuksessa. Tutkimusraportti. Tampere.

Isoaho, S. & Jalo, S. 1993. Hervannan jätetutkimus. Tampereen kaupunki. 38 s. + liitt. 23 s. Tampereen kaupungin tutkimuksia ja selvityksiä; 97. ISSN0355-2780.

Karakterisering av avfallsfraktioner från källsortering. Delrapport. Naturvårdsverket rapport 4194 (= Svenska renhållningsverks-föreningen RVF rapport 1993:2:4). Solna, 1993. 150 s.

Lahtinen, J. 1999. Ab Ekorosk Oy:n jätetutkimus Pietarsaaren seudulla. Diplomityö. Tampere.

Olsson, T. & Retzner, L. 1998. Plockanalys av hushållens säck- och kärlavfall. En studie i sex svenska kommuner. Stiftelsen REFORSK FoU-rapport 145. Malmö. 69 s. Sisältää englanninkielisen tiivistelmän.

Sundqvist, J.-O. 1991. Källsorteringsförsök i Botkyrka: sortering av hushållsavfall i brännbart, organiskt och deponirest. Stiftelsen REFORSK FoU-rapport 60. Malmö. 71 s. Sisältää englanninkielisen tiivistelmän.

Tekijä(t) Ajanko, Sirke, Moilanen, Antero & Juvonen, Juhani			
Nimeke Jätteiden syntypaikkalajittelujärjestelmän ja käsittelytekniikan vaikutus kierrätyspolttoaineen laatuun			
Tiivistelmä Projektissa selvitettiin kotitalouksista (kerrostaloalueet) ja kauppa- ja palvelusyrityksistä saatavan kierrätyspolttoaineen (REF) raaka-aineen laatua ja koostumusta. Työhygieenisessä tutkimuksessa selvitettiin terveysvaikutuksia aiheuttaville tekijöille altistumista lajittelutyön aikana ja tarkasteltiin, onko tutkituilla järjestelmillä eroja työhygieenisessä mielessä. Tutkimuksessa olivat mukana seuraavat kohteet: Lahti/energiajäte, Pietarsaari/kuivajäte ja Jyväskylän/kuivajäte sekä Prisma/energiajäte ja Citymarket/kuivajäte. Jyväskylän ja Pietarsaaren kuivajätteissä oli epäpuhtauksia 35–40 %, joka oli pääasiassa biojätettä (24–29 %). Lahden energiajätteessä oli epäpuhtauksia 8 %, josta biojätteen osuus oli 6 %-yksikköä. Prismän energiajätteessä oli epäpuhtauksia 17 %, josta biojätteen osuus oli 13 %-yksikköä. Citymarketin kuivajätteessä epäpuhtauksia oli 30 %, josta biojätettä oli 22 %-yksikköä. Muita epäpuhtauksia olivat mm. lasi, metalli ja kiviaines. Kaikkien energia- ja kuivajätteiden palavista osista analysoitiin korkeita haitallisten alkuaineiden pitoisuuksia. Tutkimuksen perusteella osa kuluttajista ei lajittele kotitalousjätteitä, vaikka keräysastiat sijaittavat kiinteistöllä. Energiajätteen erilliskeräys parantaa REF:n laatua, mutta ei kaikilta osin eikä riittävästi ottaen huomioon olemassa olevien kattilalaitosten laatuvaatimukset. Syntypaikkalajittelulla voidaan sen sijaan vähentää mekaanisia epäpuhtauksia (mm. lasi, metalli) sekä biojätettä, joka aiheuttaa REF-valmistuksessa ja varastoinnissa työterveyshaittoja. REF-laitokset pystyivät erottelamaan magneettiset metallit sekä seulalla varustetut laitokset myös muita raskaita epäpuhtauksia ja hienoainesta. Haitallisten alkuaineiden (mm. kloori, met. alumiini, raskas- ja alkalimetallit) pitoisuuksia REF-laitokset eivät pystyneet vähentämään.			
Avainsanat wastes, energy wastes, solid wastes, solid recovered fuels, quality, source separation, processing, occupational hygiene, household wastes, fuel analysis			
Toimintayksikkö VTT Prosessit, Biologinkuja 3–5, PL 1601, 02044 VTT			
ISBN 951–38–6753–6 (nid.) 951–38–6754–4 (URL: http://www.vtt.fi/inf/pdf/)			Projektinumero
Julkaisuaika Joulukuu 2005	Kieli Suomi, engl. tiiv.	Sivuja 83 s. + liitt. 21 s.	Hinta C
Projektin nimi Syntypaikkalajittelujärjestelmän vaikutus kierrätyspolttoaineen laatuun ja REF-laitosten koeajot		Toimeksiantaja(t)	
Avainnimeke ja ISSN VTT Tiedotteita – Research Notes 1235–0605 (nid.) 1455–0865 (URL: http://www.vtt.fi/inf/pdf/)		Myynti: VTT Tietopalvelu PL 2000, 02044 VTT Puh. 020 722 4404 Faksi 020 722 4374	

Published by

Series title, number and
report code of publicationVTT Research Notes 2317
VTT-TIED-2317

Author(s) Ajanko, Sirke, Moilanen, Antero & Juvonen, Juhani			
Title The effect of wastes' source separation system and handling technique on the quality of solid recovered fuel			
Abstract The project concentrated on finding out the quality and composition of solid recycled fuel's (SRF) raw material originating from households (apartment house areas) and commercial stores. In work hygienic research it was studied, how people were exposed to factors causing health effects during separation phase and are there differences between the studied systems in occupational sense. The following sites were included in the study: Lahti/energy waste, Pietarsaari/dry waste, Jyväskylä/dry waste, Prisma/energy waste and Citymarket/dry waste. Dry waste from Jyväskylä and Pietarsaari contained 35–40% of impurities, which was mainly biowaste (24–29%). Energy waste from Lahti contained 8% of impurities, of which six percentage units was biowaste. Prisma's energy waste contained 17% of impurities, of which thirteen percentage units was biowaste. Citymarket's dry waste contained 30% of impurities, of which 22 percentage units was biowaste. Other impurities were, among others, glas, metal and rock material. High concentrations of harmful elements were analysed from all burning parts of energy and dry wastes. The study also showed that a part of consumers do not sort household waste even though collection bins are found at the property. Separate collection of energy waste improves the quality of SRF but not at all parts and not enough considering the current quality requirements of boiler plants. However, mechanical impurities (e.g. glas, metal) and biowaste, which cause health hazards in production and storage of SRF, can be decreased by source separation. SRF plants were able to separate magnetic metals, and plants equipped with sieves could separate also other heavy impurities and fine aggregate. However, concentrations of harmful elements (e.g. chlorine, metallic aluminium, heavy and alkaline metals) SRF plants were unable to decrease.			
Keywords wastes, energy wastes, solid wastes, solid recovered fuels, quality, source separation, processing, occupational hygiene, household wastes, fuel analysis			
Activity unit VTT Processes, Biologinkuja 3–5, P.O.Box 1601, FI-02044 VTT, Finland			
ISBN 951-38-6753-6 (soft back ed.) 951-38-6754-4 (URL: http://www.vtt.fi/inf/pdf/)			Project number
Date December 2005	Language Finnish, Engl. abstr.	Pages 83 p. + app. 21 p.	Price C
Name of project Syntypaikkalajittelujärjestelmän vaikutus kierrätyspolttoaineen laatuun ja REF-laitosten koeajot		Commissioned by	
Series title and ISSN VTT Tiedotteita – Research Notes 1235-0605 (soft back edition) 1455-0865 (URL: http://www.vtt.fi/inf/pdf/)		Sold by VTT Information Service P.O.Box 2000, FI-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 20 722 4404 Fax +358 020 722 4374	

Projektissa selvitettiin kotitalouksista (kerrostaloalueet) ja kauppaliikkeistä saatavan kierrätyspoltoaineen (REF) raaka-aineen laatua ja koostumusta. Kaikkien energia- ja kuivajätteiden palavista osista analysoitiin korkeita haitallisten alkuaineiden pitoisuuksia. Tutkimuksen perusteella osa kuluttajista ei lajittele kotitalousjätteitä, vaikka keräysastiat sijaitsivat kiinteistöllä. Energiajätteen erilliskeräys parantaa REF:n laatua, mutta ei kaikilta osin eikä riittävästi ottaen huomioon olemassa olevien kattilalaitosten laatuvaatimukset. REF-laitokset pystyivät erottelemaan magneettiset metallit sekä seulalla varustetut laitokset myös muita raskaita epäpuhtauksia ja hienoaainesta. Haitallisten alkuaineiden (mm. kloori, met. alumiini, raskas- ja alkalimetallit) pitoisuuksia REF-laitokset eivät pystyneet vähentämään.

Tätä julkaisua myy	Denna publikation säljs av	This publication is available from
VTT TIETOPALVELU	VTT INFORMATIONSTJÄNST	VTT INFORMATION SERVICE
PL 2000	PB 2000	P.O.Box 2000
02044 VTT	02044 VTT	FI-02044 VTT, Finland
Puh. 020 722 4404	Tel. 020 722 4404	Phone internat. + 358 20 722 4404
Faksi 020 722 4374	Fax 020 722 4374	Fax + 358 20 722 4374
