
KUOPION JÄTEKESKUKSEN JÄTEPERÄISEN KIERRÄTYS- POLTTOAINEEN LAATU- JA HYÖDYNTÄMISSELVITYS

Markus Juusola

Opinnäytetyö

Ammattikorkeakoulututkinto



Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala.	
Koulutusohjelma Ympäristötekniikan koulutusohjelma.	
Työn tekijä(t) Markus Juusola	
Työn nimi Kuopion jätokeskuksen jäteperäisen kierrätyspolttoaineen laatu- ja hyödyntämiselvitys	
Päiväys	12.05.2011
Sivumäärä/Liitteet	51
Ohjaaja(t) Päätoiminen tuntiopettaja Teemu Räsänen, Käyttöpäällikkö Mikko Laitinen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Jätekuikko Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Kiristynvä jätelainsäädäntö ohjaa jätehuoltoyhtiöitä ja jätteidenkäsittelylaitoksia kehittämään jätteiden laajempaa hyödyntämistä. Valtakunnallisen jätehuoltosuunnitelman mukaan vuonna 2016 vain 20 % yhdyskuntajätteistä päätyisi loppusijoitukseen kaatopaikoille, 30 % hyödynnettäisiin energiana ja 50 % kierrätettäisiin materiaalina. REF ja SRF ovat jätteistä valmistettuja kierrätyspolttoaineita. Opinnäytetyön tavoitteina oli selvittää standardin SFS 5875 ja teknisen spesifikaation CEN/TS 15359 mukaiset laatuluokitukset kierrätyspolttoaineille. Lisäksi tavoitteena oli tutkia kierrätyspolttoaineille mahdollisia polttopaikkoja. Kierrätyspolttoaineille laadittiin myös tuoteselosteet teknisen spesifikaation CEN/TS 15359 mukaan.</p> <p>Insinööriyöhön kuului teoria- ja käytännön osuudet. Teoriaosuudessa tarkasteltiin jätteiden polttoon liittyvää lainsäädäntöä, eri polttotekniikoita ja mahdollisia polttopaikkoja, sekä kustannusten muodostumista lähdetietojen avulla. Käytännön osuudessa otettiin seka-, rakennus- ja energijätteistä edustavat näytteet laboratorion analysoitavaksi. Näytteiden tuloksien pohjalta määriteltiin standardin SFS 5875 ja teknisen spesifikaation CEN/TS 15359 laatuluokitusten mukaiset laatuluokat seka-, rakennus- ja energijätteistä valmistetuille kierrätyspolttoaineille. Massataseet selvitettiin seka- ja rakennusjätteistä punnitsemalla murskalaitteistosta muodostuvat eri massamäärät.</p> <p>Kierrätyspolttoaineista valmistetut tuoteselosteet ja laatuluokkien selvittäminen helpottavat polttoaineen markkinointia. Tutkimustulosten perusteella tiedetään eri jätteistä valmistettujen kierrätyspolttoaineiden haitta-ainepitoisuudet. Tuloksia voidaan vertailla polttolaitosten kierrätyspolttoaineille asettamiin laatuvaatimuksiin. Tutkimustuloksia voidaan hyödyntää kehitettäessä jätteiden käsittelytekniikoita ja laitteistoja. Standardien lainaukset on julkaistu Suomen Standardisoimisliiton SFS ry:n luvalla.</p>	
Avainsanat kierrätyspolttoaine, REF, SRF, polttolaitokset, laatuluokitus	
Luottamuksellisuus julkinen, (liitteet salaisia)	

Field of Study Technology, Communication and Transport.			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology.			
Author(s) Markus Juusola			
Title of Thesis Quality and Recovery Report on Waste-Derived Recovered Fuel at Kuopio Waste Center			
Date	12 May 2011	Pages/Appendices	51
Supervisor(s) Mr Teemu Räsänen, Full-time Lecture, Mr Mikko Laitinen, Operations Manager			
Project/Partners Jätekuukko Ltd			
<p>Abstract</p> <p>Tightening waste legislation directs waste management companies and waste treatment facilities to develop a broader reuse of waste. By 2016, 50% of municipal waste should be recycled as material, 30% utilized as energy and only 20% being sent for final disposal. Recovered Fuel, REF, and Solid Recovered Fuel, SRF, are made from recycled waste. The aim of this thesis was to study the standard SFS 5875 and Technical Specification CEN/TS 15359 quality ratings for recycled fuels. Another purpose was to examine potential combustion places for recycled fuels and to create informative product declaration according to Technical Specification CEN/TS 15359.</p> <p>The thesis included theoretical and practical parts. In the theoretical part the legislation that is related to incineration of waste, different combustion technologies and potential fuel combustion sites as well as the costs with the help of to source data were examined. In the practical part representative samples from mixed, construction and energy waste were taken to be analysed in the laboratory. Based on results from the samples rate classes according to SFS 5875 and the CEN/TS 15359 for fuels that consist of mixed, construction and energy waste were defined. Mass balances were studied of mixed and crushed construction waste by weighing different mass quantities produced in the crushing equipment.</p> <p>Product declarations and grades drawn up on recycled fuels will facilitate the marketing of fuel. On the basis of the results the contaminant concentrations of recycled fuel produced from waste products are known. Results can be compared to the quality requirements set by incinerators on recycled fuel. The results can be used to develop waste treatment technologies and equipment.</p>			
Keywords Recovered fuel, waste incineration, quality rating			
Confidentiality public, (appendices confidential)			

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Jätekukko Oy:lle. Haluan osoittaa suuret kiitokset tilaajanedustajille toimitusjohtaja Arto Ryhäselle ja käyttöpäällikkö Mikko Laitiselle sekä Jätekukon muulle henkilökunnalle. Erityisesti haluan osoittaa lämpimät kiitokset ohjaavalle opettajalle Teemu Räsäselle. Kiitos myös kotiväelle ja ystäville korvaamattomasta tuesta ja kannustuksesta, jota työn tekemiseen olen saanut.

Kuopiossa 12.5.2011

Markus Juusola

SISÄLTÖ

MÄÄRITELMÄT

1	JOHDANTO	9
1.1	Työn tavoitteet	9
1.2	Toteutus	9
2	JÄTEKUKON TOIMIALUE	11
3	JÄTTEIDEN ENERGIAHYÖTYKÄYTTÖ	13
4	KIERRÄTYSPOLTTOAINEITA KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ	14
4.1	Suomen jätepolitiikka	14
4.2	Ympäristönsuojelulaki (2000/86)	15
4.3	EU:n jätedirektiivi (2008/98/EY)	15
4.4	Jätelaki (1993/1072)	16
4.5	EU:n jätteenpolttodirektiivi (2000/76/EY)	17
4.6	Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta (362/2003)	17
5	KIERRÄTYSPOLTTOAINEILLE SOVELTUVAT POLTTOTEKNIIKAT	19
5.1	Arinapoltto	19
5.2	Rinnakkaispoltto	20
5.3	Kiertoleijutekniikka	21
5.4	Rumpu-uunit	22
5.5	Kaasutus	23
6	POTENTIAALISET POLTTOPAIKAT SUOMESSA	26
6.1	Arinakattilatekniikkaa käyttävät jätevoimalat	26
6.2	Rinnakkaispolttolaitokset	27
7	KÄSITTELYTEKNIIKAT	29
8	JÄTTEIDEN KÄSITTELY JÄTEKUKKO OY:SSÄ	30
8.1	Jätekeskuksen ympäristölupa	30
8.2	Murskalaitteistojen historiaa	30
8.3	Murskalaitteiston kuvaus ja toiminta	33
9	KOKEELLINEN OSUUS	35
9.1	Sekajätteiden massatase	35
9.2	Rakennusjätteiden massatase	35
9.3	Jätelaadut	36
9.3.1	Sekajäte	36
9.3.2	Rakennusjäte	37
9.3.3	Energiajäte	38
9.4	Kierrätyspolttoaineiden laatuluokat	39

10 TULOSTEN TARKASTELU	42
11 KUSTANNUSTARKASTELU	44
12 YHTEENVETO	45

LIITTEET (Kaikki liitteet ovat salaisia)

- Liite 1 Kierrätyspolttoaineen laatuselvityksen tulokset
- Liite 2 Kustannuslaskut
- Liite 3 Sekajätteen kierrätyspolttoaine tuoteseloste
- Liite 4 Rakennusjätteen kierrätyspolttoaine tuoteseloste
- Liite 5 Energijakeen kierrätyspolttoaine tuoteseloste
- Liite 6 Sekajätteen laboratorio tutkimustulokset
- Liite 7 Rakennusjätteen laboratorio tutkimustulokset
- Liite 8 Energijakeen laboratorio tutkimustulokset

MÄÄRITELMÄT

Jäte

”Jäte on ainetta tai esinettä, jonka sen haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä taikka on velvollinen poistamaan käytöstä” (L 1993/1072, § 3.).

Jätteenpolttolaitos

Jätteenpolttolaitos, joka käyttää polttoaineena esikäsittelemätöntä yhdyskuntajätettä muodostaen siitä energiaa. Jätteenpolttolaitokset käyttävät jätteiden polttamiseen yleensä arinatekniikkaa.

Jätehuolto

”Jätehuollolla tarkoitetaan jätteen keräystä, kuljetusta, hyödyntämistä ja käsittelyä sekä näiden toimintojen tarkkailua ja käsittelypaikan jälkihoitoa” (L 1993/1072, § 3.).

Jätettä käyttävä rinnakkaispolttolaitos

Rinnakkaispolttolaitos, joka polttaa jätettä samanaikaisesti tavanomaisen polttoaineen kanssa voima- tai lämpökattilassa tai prosessiuunissa, muodostaen energiaa, joka voidaan hyödyntää sähköinä ja lämpönä.

Kierrätyspolttoaine

Kierrätyspolttoaineella tarkoitetaan yhdyskuntien ja yritysten polttokelpoisista, kuivista, kiinteistä ja syntypaikoilla lajitelluista jätteistä valmistettua polttoainetta.

REF

Recovered Fuel, on yhdyskuntien ja yritysten kuivista, polttokelpoisista, kiinteistä ja syntypaikoilla lajitellusta ja erilliskeräystä kuivajätteestä mekaanisella käsittelyprosessilla valmistettu hyvälaatuinen kierrätyspolttoaine. Standardin (SFS 5875) mukaan luokitellaan REF I, REF II ja REF III, josta REF I on laadultaan paras.

SRF

Solid Recovered Fuel, kiinteä kierrätyspolttoaine uudemman eurooppalaisen teknisen spesifikaation CEN/TS 15359 mukaan.

Yhdyskuntajäte

Yhdyskuntajäte on asumisessa syntyvää jätettä sekä laadultaan siihen rinnastettavaa kaupan, teollisuuden tai muussa vastaavassa toiminnassa syntyvää jätettä.

1 JOHDANTO

1.1 Työn tavoitteet

Kiristynyt lainsäädäntö ohjaa jätelaitoksia kehittämään jätteiden kierrättämistä, käsittelemistä ja hyödyntämistä. Kaatopaikoille loppusijoitukseen tulevaa jätteiden määrää pyritään asteittain vähentämään. Valtakunnallisessa jättesuunnitelmassa vuoteen 2016 mennessä yhdyskuntajätteistä vain 20 % päätyisi enää loppusijoitukseen kaatopaikoille. Jätekkö Oy pyrkii saavuttamaan tämän valtakunnallisen tavoitteen jätteiden lajittelulla, kierrätyksellä, murskauksella ja energian hyödyntämisellä. (Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto 2008, 9.)

Opinnäytetyön tavoitteina on selvittää SFS 5875 standardin ja teknisen spesifikaation CEN/TS 15359 mukaiset laatuluokitukset kierrätyspolttoaineille. Tarkoitus on selvittää jäteperäisille kierrätyspolttoaineille mahdollisia potentiaalisia polttopaikkoja. Työssä tarkastellaan myös eri kierrätyspolttoainelaatujen valmistuskustannuksia ja niistä saatavia todellisia hyötyjä. Lisäksi tavoitteena on laatia kierrätyspolttoaineille tuoteselosteet teknisen spesifikaation CEN/TS 15359 mukaan.

1.2 Toteutus

Työn toteutukseen kuuluu teoria- ja käytännön osuudet. Teoriaosuudessa tarkastellaan jätteen käsittelemisen ja polton eri tekniikoita ja sen lainsäädäntöä. Lisäksi potentiaalisia polttopaikkoja pyritään selvittämään lähettämällä sähköinen kyselylomake 20 eri polttolaitokseen. Polttotekniikoiden tarkastelulla pyritään selvittämään eri tekniikoiden hyötyjä ja käyttö mahdollisuuksia. Erilaiset polttoprosessit vaativat erilaisia polttotekniikoita. Lainsäädäntö ohjaa jätteiden käsittelemistä ja polttamista. Tietolähteitä pyritään käyttämään mahdollisimman monipuolisesti. Lähdemateriaalina käytetään julkaisuja, artikkeleita, kirjoja ja tutkimusraportteja. Lopuksi tarkastellaan seka-, rakennus- ja energijätteistä valmistettua kierrätyspolttoaineiden tutkimustuloksia, sekä kierrätyspolttoaineiden valmistuksesta muodostuvia kustannuksia.

Työn käytännön osuudessa otetaan murskauslaitteistolla käsitellystä seka-, rakennus- ja energijätteiden ylitteistä edustavat näytesarjat, jotka tutkitaan FINASin akkreditoimassa laboratoriossa. Näytteistä selvitetään teknisen spesifikaation CEN/TS 15359 ja SFS 5875 standardin mukaiset parametrit. Näytteiden tuloksien pohjalta

määriteltiin standardin SFS 5875 ja teknisen spesifikaation CEN/TS 15359 laatuluokittusten mukaiset laatuluokat seka-, rakennus- ja energiajätteistä valmistetuille kierrätyspolttoaineille. Massataseet selvitetään seka- ja rakennusjätteistä, punnitsemalla murskalaitteistosta muodostuvat eri massamäärät.

2 JÄTEKUKON TOIMIALUE

Kuopion kaupunki perusti jätekeskuksen Heinälamminteelle vuonna 1992. Jäte-
kukko Oy:n hallintaan jätekeskus siirtyi vuoden 2001 loppupuolella. Yhtiön omistaa
18 kuntaa ja asukkaita koko toimialueella on noin 210 000. (Jäte-
kukko Oy 2009, 2.)

Kuopion jätekeskus sijaitsee noin 15 km Kuopion eteläpuolella. Jäte-
kukko on vuok-
rannut Kuopion kaupungilta noin 140 hehtaarin maa-alueen toiminnanharjoittamiseen
vuoteen 2050 saakka. Jätekeskus sijaitsee metsävaltaisessa, osittain rakennetussa
ympäristössä ja lähin asutus sijaitsee noin 0,8 kilometrin päässä jätekeskuksesta
luoteeseen. Jätekeskuksesta noin kilometrin etäisyydellä sijaitsee vuosina 1967 -
1992 käytössä ollut Silmäsuon kaatopaikka. Kallaveden Haminanlahti on Jätekes-
kuksen lähin isompi vesistö, joka sijaitsee noin 1,6 kilometrin etäisyydellä kaatopaik-
ka-alueesta. Jätekeskuksen toimialueella tai läheisyydessä ei ole tärkeitä pohjavesi-
alueita. (Jäte-
kukko Oy 2006, 10.)

Jätekeskuksen alue jakautuu useisiin vastaanotokenttiin, joita ovat maa- ja kiviaines-
kenttä, kompostointikenttä, puujätteen vastaanotto ja varastointikenttä, loppusijoitus-
alue, hyötyjätekenttä, biojätteen siirtokuormausasema, pientuojien vastaanottoasema
(Pikkukukko) ja lajittelu- ja murskauskenttä. Lisäksi alueella on vaaka- ja toimistora-
kennus, Ekokem Oy Ab:n toiminnassa oleva ongelmajäteasema, jätevesien tasausal-
las, biokaasupumppaamo, multakenttä, huolto- ja pesuhalli ja varastohalleja. Jäte-
keskuksen toimialueesta havainnekuva (kuva 1). (Jäte-
kukko Oy 2009, 18–19.)



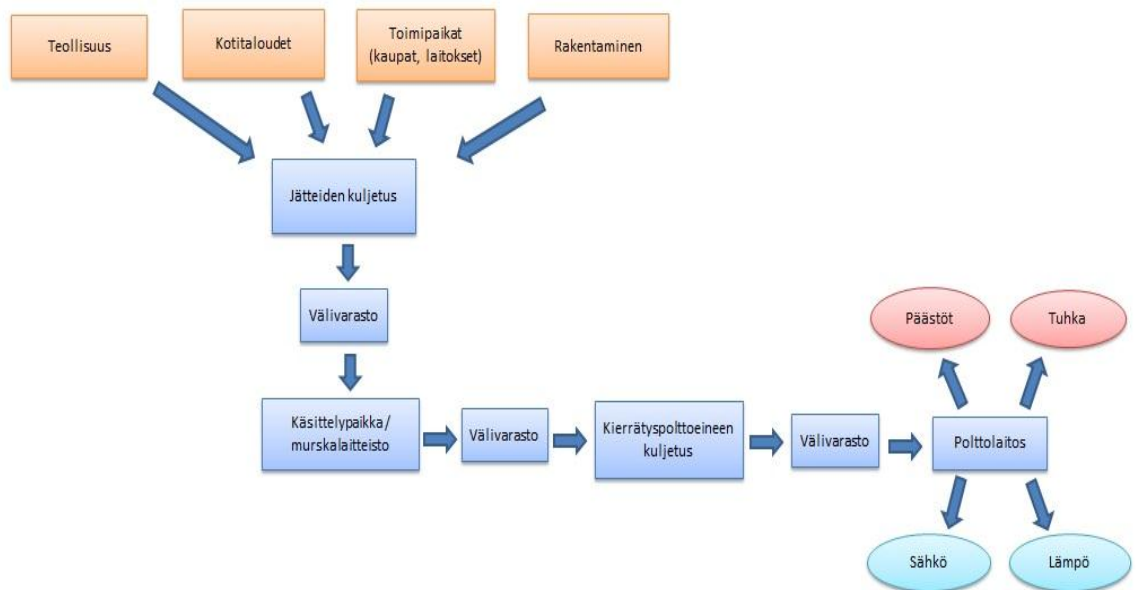
Kuva 1. Kuopion jätekeskuksen toiminta-alue (Jäte-
kukko Oy 2009, 18)

Jätekeskukseen vastaanotetaan tuotantotoiminnan jätteitä (kaupan- ja teollisuudenjätteet), rakennusjätteitä, yhdyskuntajätteitä, maa- ja kiviaineksia sekä terveydenhuollossa syntyviä peitettäviä jätteitä. Vuosittain jätekeskukseen vastaanotetaan noin 150 000–170 000 tonnia jätettä, josta ongelmajätteiden osuus on noin 1 000 tonnia. Suurimman osan vaihtelusta aiheuttaa maa- ja kiviainesten vaihtelevat määrät. Vuonna 2009 jätekeskukseen toimitettavista jätteistä hyödynnettiin noin 2/3 ja loput 1/3 jätteistä loppusijoitettiin täyttöalueelle. (Jätekukko Oy 2006, 12; Jätekukko Oy 2009, 17.)

Yhdyskuntajätteistä hyödynnetään biojäte, keräyslasi, haravointijäte, risut, metalli ja hiekoitushiekka. Sekajäte murskataan ja seulotaan ja polttokelpoinen ylite hyödynnetään energiana ja alite kompostoidaan, sekä hyödynnetään peittomaana. Tuotantotoiminnan jätteistä hyödynnetään energiana muovi, styroksi, pahvi ja puu. Lajiteltavasta rakennusjätteestä lajitellaan murskattavaksi ja energiana hyödynnettäväksi puuta, muovia, pahvia, paperia ja styroksia sekä metalli materiaalina hyödynnettäväksi. Tuotantotoiminnan jätteistä hyödynnetään lanta, sahanpurut ja osa lietteistä. Maa- ja kiviaineista hyödynnetään asfaltti, betoni ja tiili ja murskauksen jälkeen käytetään mm. jätekeskuksen jätetäyttö- ja kenttärakenteissa. Hyödyntämiskelvottomia jätteitä ovat asbestijäte, terveydenhuollon erityisjätteet, eristevillat, kattohuopa, kuolleet eläimet, kipsijäte, puhallushiekka ja erityisjätteet, kuten tullin tai poliisin tuomat hävitettävät jätteet. Pilaantuneista maista ja tuhkista tarvitaan kaatopaikkakelpoisuuslausunto ennen kuin niitä voidaan vastaanottaa jätekeskukseen. Kaatopaikkakelpoiset pilaantuneet maat hyödynnetään peittomaana. (Jätekukko Oy 2009, 19.)

3 JÄTTEIDEN ENERGIAHYÖTYKÄYTTÖ

Suomessa polttoon soveltuvasta jätteistä suurin osa muodostuu teollisuudesta, kotitalouksista, rakentamisesta ja eri toimipaikoista, kuten kaupoista ja laitoksista. Energiahyötykäyttöön päätyvät jätteet kulkevat monivaiheisen prosessin. Ensin jätteet kerätään syntypaikoilta ja kuljetetaan kuljetuskalustolla käsittelypaikkojen välivarastoihin käsiteltäväksi (kuvio 1). Jätteistä käsitellään asian mukaisesti käsittelylaitoksissa polttoon soveltuvaa kierrätyspolttoainetta. Valmis kierrätyspolttoaine välivarastoidaan käsittelylaitoksessa kuljetusta varten. Kun polttoaine on kuljetettu polttolaitokselle, se poltetaan suoraan tai vielä varastoidaan. Polttolaitos muodostaa kierrätyspolttoaineesta sähköä ja mahdollisesti lämpöä. Polttamisesta muodostuu tuhkaa ja savukaasuja. Nykyinen teknologia mahdollistaa tehokkaan savukaasujen puhdistuksen.



Kuvio 1. Jätteiden kulkukaavio

Jätteiden laatu, sekä koostumus ja polttolaitosten tekniikka vaikuttavat siihen miten jätteet on käsiteltävä. Hyvin syntypaikalla lajitelluista jätteistä voidaan vähemmällä käsittelyllä ja pienemmillä kustannuksilla valmistaa hyvälaatuista kierrätyspolttoainetta, kun huonosti lajiteltu jäte vaatii enemmän käsittelyä, päästäkseen hyvään laatuun. Polttolaitoksissa on erilaisia polttotekniikoita. Arinatekniikkaa käyttävillä polttolaitoksilla voidaan polttaa käsittelemättömiä jätteitä, kun rinnakkaispolttolaitoksiin jäte on ennen polttamista huolellisesti käsiteltävä.

4 KIERRÄTYSPOLTTOAINEITA KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ

4.1 Suomen jätepolitiikka

Suomen jätepolitiikan tärkeimpinä tavoitteina on ”edistää luonnonvarojen kestäväää käyttöä sekä ehkäistä ja torjua jätteistä terveydelle ja ympäristölle aiheutuvaa haittaa.” Lainsäädännöllä, asetuksilla, standardeilla ja direktiiveillä ohjataan jätteiden käsittelyä, loppusijoittamista, jätteenpolttamista, kierrätyspolttoaineiden valmistamista ja kierrätysmateriaalien käsittelemistä. EU ja Suomi muodostavat yhteiset jätepolitiikan periaatteet, joita ovat ehkäisyn periaate, pilaaja maksaa -periaate, tuottajavastuu, varovaisuusperiaate, läheisyysperiaate ja omavaraisuusperiaate. Ehkäisyn periaatteella vaikutetaan jätteiden määrän ja haitallisuuden vähentämiseen. Pilaaja maksaa -periaatteessa jätteen tuottaja on vastuussa kaikista jätehuollonkustannuksista. Tuottajavastuussa tuotteen valmistaja ja maahantuoja ovat vastuussa tiettyjen tuotteiden jätehuollosta. Varovaisuusperiaatteessa pyritään ennakoimaan jätteistä ja jätehuollosta aiheutuvia vaaroja. Läheisyysperiaatteen tavoitteena on käsitellä jätteet mahdollisimman lähellä niiden syntypaikkaa. Omavaraisuusperiaatteen mukaan jokainen EU:n jäsenvaltio on omavarainen jätteiden käsittelyssä. (Nissinen 2008, 4; Ympäristöministeriön 2010.)

Valtioneuvosto hyväksyi huhtikuussa 2008 Valtakunnallisen jätesuunnitelman vuoteen 2016. Suunnitelma sisältää keskeiset päämäärät ja tavoitteet vuoteen 2016, sekä toimet niiden saavuttamiseksi. Jätesuunnitelman tärkeimmät tavoitteet on esitetty viisiportaisessa jättehierarkiassa seuraavasti, jätteiden synnyn ehkäiseminen, jätteiden materiaalikierrätyksen ja biologisen hyödyntämisen lisäämistä, kierrätykseen soveltumattomien jätteiden polton lisäämistä ja jätteiden haitaton käsitteleminen ja loppusijoituksen turvaaminen. Jätteiden syntymistä pyritään vähentämään parantamalla materiaalitehokkuutta. Kierrätyksen edistämistä tavoitellaan lisäämällä uusiomateriaalien kysyntää. Jätehuollon kasvihuonekaasupäästöjä vähennetään tehostamalla kaatopaikoilla syntyvää metaanin talteenottoa ja vähentämällä biohajoavan jätteen sijoittamista kaatopaikoille. (Ympäristöministeriö 2008, 7–9; Ympäristöministeriö 2009.)

Jätesuunnitelmalla pyritään saavuttamaan vuoteen 2016 mennessä tavoitteet, että yhdyskuntajätteestä kierrätetään materiaalina 50 %, hyödynnetään energiana 30 % ja vain 20 % päätyisi enää loppusijoitukseen kaatopaikoille. Tavoitteen mukainen yhdyskuntajätteen määrä olisi noin 2,3–2,5 miljoonaa tonnia / v. Energianhyödyntämi-

selle tarvittava polttokapasiteetti olisi noin 700 000–750 000 tonnia ja tämä sisältäisi jätteenpolton rinnakkais- ja arinakattilapolttolaitoksissa. (Ympäristöministeriö 2008, 10.)

4.2 Ympäristönsuojelulaki (2000/86)

Ympäristönsuojelulakia (2000/86) pidetään ympäristön pilaantumisen torjunnan yleislakina. Lakia sovelletaan toimintaan, josta saattaa aiheutua tai aiheutuu ympäristön pilaantumista, josta syntyy jätettä, sekä jätteen hyödyntämiseen tai käsittelyyn. Laki on jaettu seitsemään keskeiseen tavoitteeseen. Niitä ovat ympäristön pilaantumisen ehkäiseminen, terveellisen ja viihtyisän ympäristön turvaaminen sekä ehkäistä jätteiden syntymistä ja niiden haitallisia vaikutuksia. Lisäksi tavoitteisiin kuuluu edistää luonnonvarojen kestäväää käyttöä, tehostaa ympäristöä pilaavan toiminnan vaikutusten arviointia, parantaa kansalaisten mahdollisuuksia vaikuttaa ympäristöä koskevaan päätöksentekoon ja ilmastonmuutoksen torjuntaan sekä kestävän kehityksen tukemiseen.

4.3 EU:n jätedirektiivi (2008/98/EY)

EU:n jätedirektiivillä (2008/98/EY) pyritään vähentämään jätteiden syntyä, jätteiden päätymistä kaatopaikalle, uudelleenkäyttöä, kierrätystä ja yksinkertaistaa ja yhtenäistää nykyistä EU:n jätesääntelyä. Direktiivissä on viisiportainen jätehierarchy, jota jäsenvaltioiden on pyrittävä noudattamaan jätepolitiikassa seuraava tärkeysjärjestystä: jätteen synnyn ehkäisy, valmistelu uudelleenkäyttöön, kierrätys, muu hyödyntäminen ja loppukäsittely.

Jätedirektiivissä selkeytetään jätteiden ja sivutuotteiden määritelmiä, jossa tiettyjen hyödyntämistoimien jälkeen jäte lakkaa olemasta jätettä, kun se täyttää tietyt kriteerit. Kyseisiä kriteereitä on tarkoitus laatia keräyspaperille, kompostille, rakennus- ja purkujätteelle, eräille tuhkillle ja kuonille ja metalliromulle. Direktiivissä on määritelmä, milloin yhdyskuntajätteen polttaminen on hyödyntämistä. Tällä on tarkoitus vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä ja kannustaa energiatehokkuuteen. Vuoteen 2020 mennessä tulisi direktiivin mukaan kierrättää puolet syntyvästä yhdyskuntien paperi-, metalli-, muovi- ja lasijätteestä, ja vaarattomasta rakennus- ja purkujätteestä 70 %. Jäsenvaltioiden on lisäksi laadittava kansalliset jätehuoltosuunnitelmat ja jätteiden

synnyn ehkäisyn ohjelmat. Tämä (2008/98/EY) jätedirektiivi laitetaan käytäntöön Suomessa uudella jätelailla ja uusilla kansallisilla asetuksilla.

4.4 Jätelaki (1993/1072)

Jätelain (1993/1072) keskeisenä tavoitteena on kestävä kehitys ja luonnonvarojen säästeliään käytön edistäminen sekä jätteistä aiheutuva terveys- ja ympäristöhaittojen torjuminen. Laki koskee jätteen syntymisen ehkäisemistä sekä sen vaarallisen tai haitallisen ominaisuuden vähentämistä. Lisäksi laki velvoittaa jätehuollon muuta järjestelemistä, jätteen hyödyntämisen edistämistä, roskaantumisen ehkäisemistä ja roskaantuneen alueen puhdistamista. Jäte on hyödynnettävä, mikäli se on teknisesti mahdollista ja jos siitä ei aiheudu kohtuuttomia lisäkustannuksia muulla tavoin järjestettyyn jätehuoltoon verrattuna. Jätelain (1993/1072, § 6 momentin 3) mukaan ensisijaisesti on pyrittävä hyödyntämään jätteen sisältämä aine ja toissijaisesti sen sisältä energia.

Jätelain (1993/1072, § 4) kiteyttää huolehtimisvelvollisuuden perusajatuksen toiminnanharjoittajien kannalta seuraavasti, ”kaikessa toiminnassa on mahdollisuuksien mukaan huolehdittava siitä, että jätettä syntyy mahdollisimman vähän ja ettei jätteestä aiheudu merkityksellistä haittaa tai vaikeutta jätehuollon järjestämiselle eikä vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle”.

Suomen uusi jätelaki hyväksyttiin eduskunnassa 11.3.2011 ja laki tulee voimaan keväällä 2012. Jätealan lainsäädännön kokonaisuudistuksen keskeisinä tavoitteina oli selkiyttää jätehuollon vastuunjako, täsmentää eri toimijoiden velvollisuuksia, tehostaa jätehuollon valvontaa sekä saada Suomen lainsäädäntö vastaamaan EU-lainsäädännön vaatimuksia. (Ympäristöministeriö 2011.) Keskeisimpiä muutoksia uudessa jätelaissa on pakkausten tuottajavastuu laajentuminen täydeksi tuottajavastuiksi. Tämä tarkoittaa sitä, että tuotteiden pakkaajien ja pakattujen tuotteiden maahantuoja on huolehdittava myös kotitalouksissa syntyvien pakkausjätteiden keräyksestä, kuljetuksesta ja hyödyntämisestä. Näin toimitaan jo sähkö- ja elektroniikkalaitteiden, autojen, paristojen ja keräyspaperin osalta. (HE 199/2010 vp, 6 luku, § 46–48.)

Uuden jätelain johdosta jätteen määritelmiin on tulossa muutoksia. Käytöstä poistettava esine voi lakata olemasta jätettä, kun se täyttää lakiin kirjatut ehdot ja myöhemmin laadittavat kriteerit. Uuden lain mukaan käytöstä poistettu lasi, renkaat, tekstiilit,

metalli, paperi ja rakennustoiminnan sivutuotteet eivät ole jätettä vaan sivutuotteita. Käytöstä poistettavan aineksen jatkokäsittelyminen riippuu määrittelystä, onko aines jätettä vai sivutuotetta. (HE 199/2010 vp, 1 luku, § 5.)

4.5 EU:n jätteenpolttodirektiivi (2000/76/EY)

Jätteenpolttodirektiivi (2000/76/EY) astui voimaan 4.12.2000. Direktiivin tavoitteena on ”ehkäistä tai rajoittaa niin hyvin kuin se on käytännössä mahdollista, jätteiden poltosta ja rinnakkaispoltosta aiheutuvia ympäristöhaittoja ja erityisesti ilmaan, maaperään sekä pinta- ja pohjavesiin joutuvien päästöjen aiheuttamaa pilaantumista ja tästä ihmisten terveydelle aiheutuvia vaaroja.” Polttodirektiivin johdanto-osassa mainitaan unionin jätehierarkiasta, jonka mukaan kierrätys ja jätteiden määrän vähentäminen on asetettava etusijalle ja polttaminen toissijaiseksi. Jätteitä kuitenkin syntyy niin paljon, että polttaminen on välttämätöntä. Yhtenäiset päästörajat tarvitaan, jotta unionin jäsenvaltiot eivät kilpailisi alempia ympäristöstandardeja käyttäen. Nämä päästörajat ovat minimiarvoja.

Direktiivissä (2000/76/EY) rajoitetaan jäsenmaiden päästömääriä erityisesti raskasmetalleihin kuuluvia elohopeaa ja lyijyä, sekä vaarallisiin myrkkyihin lukeutuvaa dioksiinia. Nämä tavoitteet saavutetaan asettamalla tiukat toimintaedellytykset ja tekniset vaatimukset, sekä vahvistamalla yhtenäiset poltto- ja rinnakkaispolttolaitoksille päästöjen raja- arvot. Suomessa jätteenpolttodirektiivin asettamat vaatimukset on pantu käytäntöön jätteenpolttoasetuksella.

4.6 Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta (362/2003)

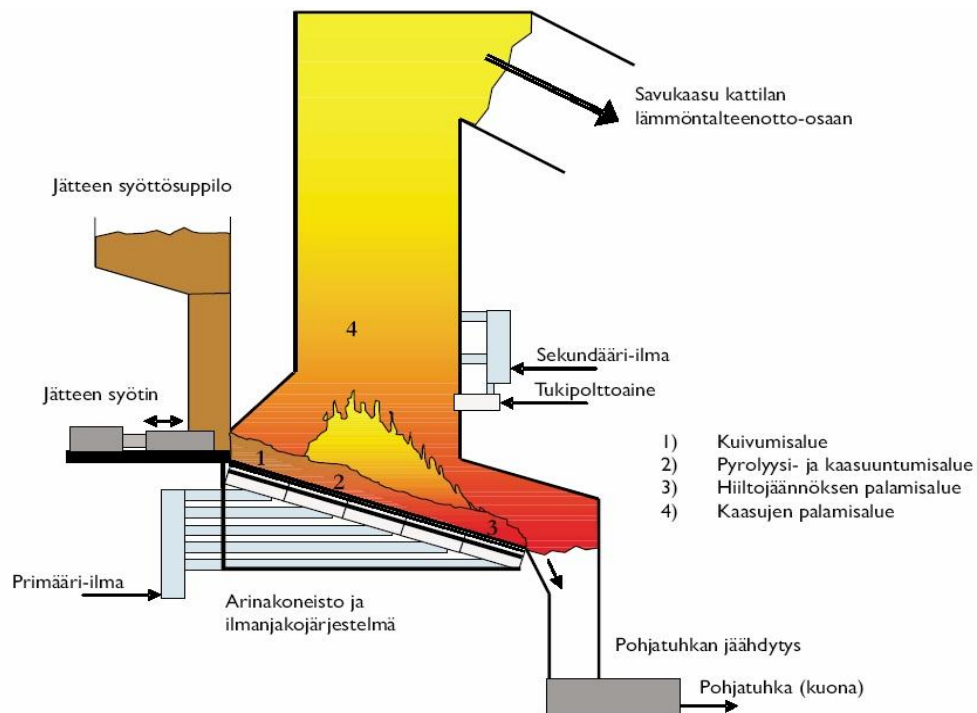
EU:n jätteenpolttodirektiivi (2000/76/EY) on pantu täytäntöön Suomessa Valtioneuvoston asetuksella jätteen polttamisesta (362/2003). Asetusta sovelletaan poltto- tai rinnakkaispolttolaitoksiin, joissa poltetaan kiinteää tai nestemäistä jätelaisaa (1072/1993) tarkoitettua jätettä. Polttolaitosten on asetuksen mukaan toimittava niin, ettei jätteiden toimittamisesta tai vastaanottamisesta aiheudu haittaa ympäristölle. Erityisesti on estettävä maaperän sekä pinta- että pohjavesien pilaantuminen. Lisäksi haju- ja meluhaitat sekä ihmisten terveydelle aiheutuvat välittömät vaarat on minimoitava.

Polttolaitoksien energian talteenottamisesta on säädetty (A 362/2003, § 7) seuraavaa ”polttoprosesseissa syntyvä lämpö on hyödynnettävä niin hyvin kuin se on käytännössä mahdollista”. Jätteen palaminen polttolaitoksissa on oltava mahdollisimman täydellistä, jotta kuonan ja pohjatuhan orgaanisen hiilen kokonaismäärä olisi mahdollisimman pieni. Vaatimusten saavuttamiseksi jäte on tarvittaessa esikäsiteltävä.

5 KIERRÄTYSPOLTTOAINEILLE SOVELTUVAT POLTTOTEKNIIKAT

5.1 Arinapoltto

Arinapoltolla tarkoitetaan kattilaa, jossa polttoaine syötetään ritilälle, jossa se poltetaan. Tätä tekniikkaa on pitkään käytetty kiinteiden jätteiden poltossa. Arinatekniikalla voidaan polttaa monenlaista jätettä sellaisenaan, kuten tavanomaista yhdyskuntajätettä, jota ei tarvitse esikäsitellä ennen polttamista. Arinatulipesässä voidaan polttaa myös pieniä määriä kuivahkoa yhdyskuntalietettä. Polttoon menevät suurimmat kappaleet rikotaan ja isoimmat metalliesineet poistetaan. Oikein säädetty polttoprosessi kestää jätteen lämpöarvojen, tuhkapitoisuuden ja kosteuden vaihtelut. (Jätelaitosyhdistys. Arinapoltto.)



Kuva 2. Arinakattilan rakenne (Vesanto 2006, 31)

Jäte syötetään arinapoltossa kahmarilla syöttösuppiloon, josta jäte syötetään hydraulitoimisilla työntimillä arinalle. Jäte etenee vinolla arinalla ensin kostean polttoaineen palamisen alueelle, jossa jäte alkaa kuivua. Seuraavaksi jäte tulee pyrolyysi- ja kaasuuntumisvyöhykkeelle ja lopuksi hiilijäännöksen palamisalueelle. Polton aikana jätettä pyritään sekoittamaan vinoilla arinoilla ja eri mekanismeilla. Polttoprosessia voidaan ohjata primääri-ilmaa syöttämällä arinan eri osiin. Tukipolttoainetta ja sekundääri-ilmaa lisäämällä tehostetaan polttoprosessia. Arinan eri vyöhykkeistä muodostuvat kaasut sekoittuvat ja palavat korkeassa lämpötilassa arinan yläpuolella tuli-

pesässä. Jätteen sisältämät palamattomat materiaalit, kuten kivet ja metallinkappaleet ja karkea tuhka poistuvat arinan alapäästä laitoksen pohjatuhkajärjestelmään. Arinakattilan rakennekuva on esitetty kuvassa 2. (Jätelaitosyhdistys. Arinapoltto.)

Tulipesästä savukaasut johdetaan esijäähdytyskammioon ja siitä lämmöntalteenotto-kattilaan. Savukaasut sisältävät runsaasti hienojakoista tuhkaa ja höyrystyneitä epäorgaanisia aineita. Nämä höyrystyneet epäpuhtaudet pyritään tiivistämään esijäähdytyksessä kiinteiksi, jotta ne eivät tartu kattilan lämmönsiirtimiin. Savukaasut johdetaan kattilan jälkeen puhdistusprosessiin. (Vesanto 2006, 30; Jätelaitosyhdistys. Arinapoltto.)

Arinapolttolaitoksien rakenteet ja lämmön talteenotto-prosessit suunnitellaan likavimman ja eniten korroosiota aiheuttavan jätteen mukaan, koska jätelaatu on hyvin vaihtelevaa. Näin varmistetaan laitoksen toimivuus, mutta rajoitetaan samalla niiden energiatehokkuutta sähköntuotannossa, pitämällä höyryn lämpötila matalalla korroosiosyistä. (Vesanto 2006, 30; Jätelaitosyhdistys. Arinapoltto.)

5.2 Rinnakkaispoltto

Kierrätyspolttoaineiden rinnakkaispoltolla voidaan tehokkaasti hyödyntää hyvälaatuisen jätteen energiasisältö sähköntuotannossa. Rinnakkaispoltolla tarkoitetaan jätteiden polttamista voima- tai lämpökattilassa tai prosessiuunissa samanaikaisesti tavanomaisen polttoaineen kanssa. Suomessa jätemateriaalia rinnakkaispoltetaan käytännössä leijupetikattiloissa ja teollisuuden rumpu-uuneissa yhdessä tavanomaisen polttoaineen rinnalla. (Jätelaitosyhdistys. Rinnakkaispoltto.)

Hyvälaatuinen jäteperäinen kierrätyspolttoaine on palakooltaan pienikokoista, joka ei sisällä juurikaan metalleja, klooria ja alkaleja. Suuret kappaleet ja metallit aiheuttavat häiriötilanteita syöttö- ja tuhkanpoistolaitteissa. Hyvälaatuista jäteperäistä kierrätyspolttoainetta voidaan teknisesti polttaa yleensä häiriöittä puulle, turpeelle tai kivihillele suunnitelluissa leijukattiloissa rinnakkaispolttona jopa muutaman kymmenen prosentin polttoaineosuuteen saakka. (Vesanto 2006, 35; Jätelaitosyhdistys. Rinnakkaispoltto.)

Kierrätyspolttoaineet ovat ominaisuuksiltaan keveitä ja kokoonpuristuvia, jonka vuoksi rinnakkaispoltossa on kiinnitettävä erityistä huomioita jäteperäisen materiaalin vastaanottoon, varastointiin ja syöttöön. Jättemateriaaleja rinnakkaispolttona polttava

laitos on varustettava jätteenpolton vaatimukset täyttävällä savukaasujen puhdistusprosessilla. (Vesanto 2006, 35–36; Jätelaitosyhdistys. Rinnakkaispoltto.)

Leijupetikattiloissa rinnakkaispolttoon käytettävät jätteet ovat yleensä purkupuu, pakkausjätteet ja erikseen kerätystä polttoon sopivasta materiaalista valmistetut REF I ja II-luokkien kierrätyspolttoaineet. (Jätelaitosyhdistys. Rinnakkaispoltto.)

Leijupetipoltossa muodostetaan ilmapirran avulla leijuva, hehkuva hiekan ja tuhkan muodostama kerros eli pedi. Jätepolttoaine sekoittuu ja liikkuu jatkuvasti leijuvassa kerroksessa, niinpä lämmön ja kaasujen siirtyminen on hyvin tehokasta. Palamattomat materiaalit kuten metalli- ja lasikappaleet ja karkea tuhka poistetaan tulipesän pohjalta. Hienojakoisin tuhka ja petimateriaali kulkeutuvat savukaasujen mukana ulos tulipesästä, jotka erotetaan kattilassa savukaasuista ja savukaasujen puhdistuksessa. (Jätelaitosyhdistys. Rinnakkaispoltto.)

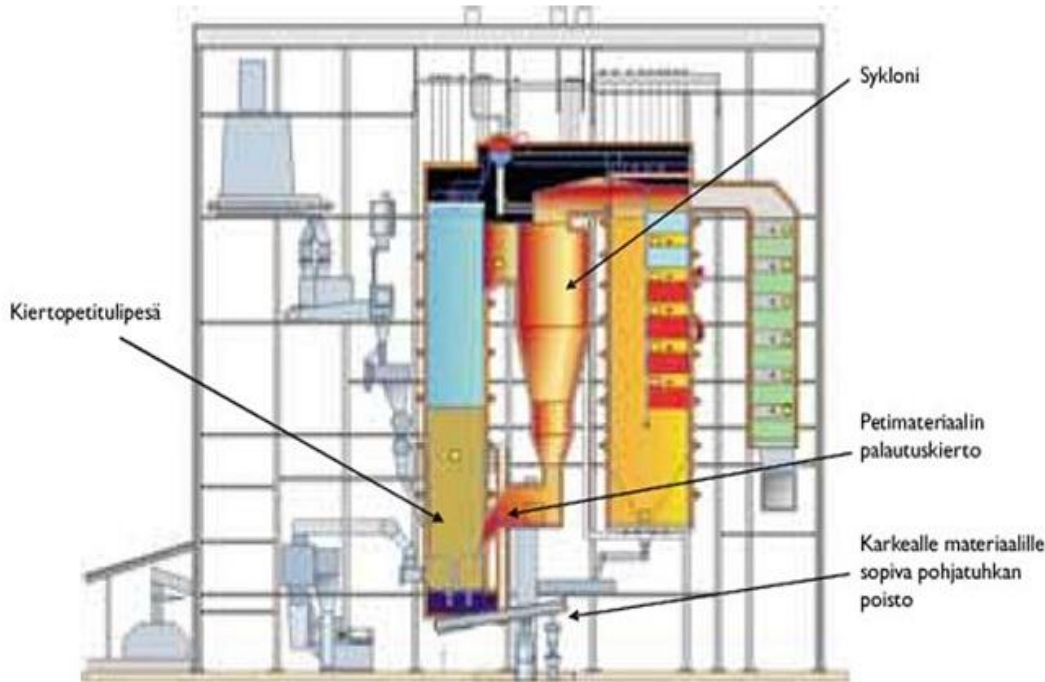
5.3 Kiertoleijutekniikka

Käytetyimmät leijutekniikan muodot ovat kerrosleiju- ja kiertoleijutekniikat. Lisäksi näistä tekniikoista on useita muita versioita ja yhdistelmiä. Kiertoleijutekniikka sopii hyvin jätteille ja hitaasti hapettuville polttoaineille voimakkaasta sekoittumisesta johtuvan hyvän aineen- ja lämmönsiirron ansiosta. Näin kiertopetitekniikalla voidaan polttaa hyvällä hyötysuhteella myös huonolaatuista ja vähän haihtuvia komponentteja sisältäviä polttoaineita. (Kokko 2002, 29–31; Jätelaitosyhdistys. Leijupetipolttto.)

Polttoaine syötetään kiertoleijukattilaan yleensä etuseinän kautta. Tulipesässä polttoaine palaa kuumen leijuvan kiintoainesuspension seassa. Kiertoleijukattilassa tulipesän pohjan muotoiluilla voidaan parantaa polttoaineen syvyysuuntaista sekoittumista ja vähentää tarvittavaa leijutuspuhaltimien tehoa. Palamisilmana kattilaan tuodaan primääri- ja sekundääri-ilmaa. Primääri-ilma eli leijutusilma tuodaan pohjasuuttimien kautta. Sekundääri-ilma johdetaan leijukerrokseen useasta eri tasosta. (Kokko 2002, 29–31; Jätelaitosyhdistys. Leijupetipolttto.)

Kiertoleijukattilan pääosiin kuuluu tulipesä ja siihen liitetty sykloni. Kiertoleijutekniikkaa käytävässä polttolaitoksessa savukaasujen virtausnopeudet ovat niin suuria, että merkittävä määrä petimateriaalia siirtyy tulipesästä pois savukaasujen mukana. Syklonin avulla petimateriaali ja palamattomat hiukkaset erotetaan savukaasuista ja palautetaan takaisin tulipesään, kuvan 3. esittämällä tavalla. Savukaasut johdetaan

syklonilta esijähdytyskammion kautta kattilaan. (Kokko 2002, 29–31; Jätelaitosyhdistys. Leijupetipoltto.)



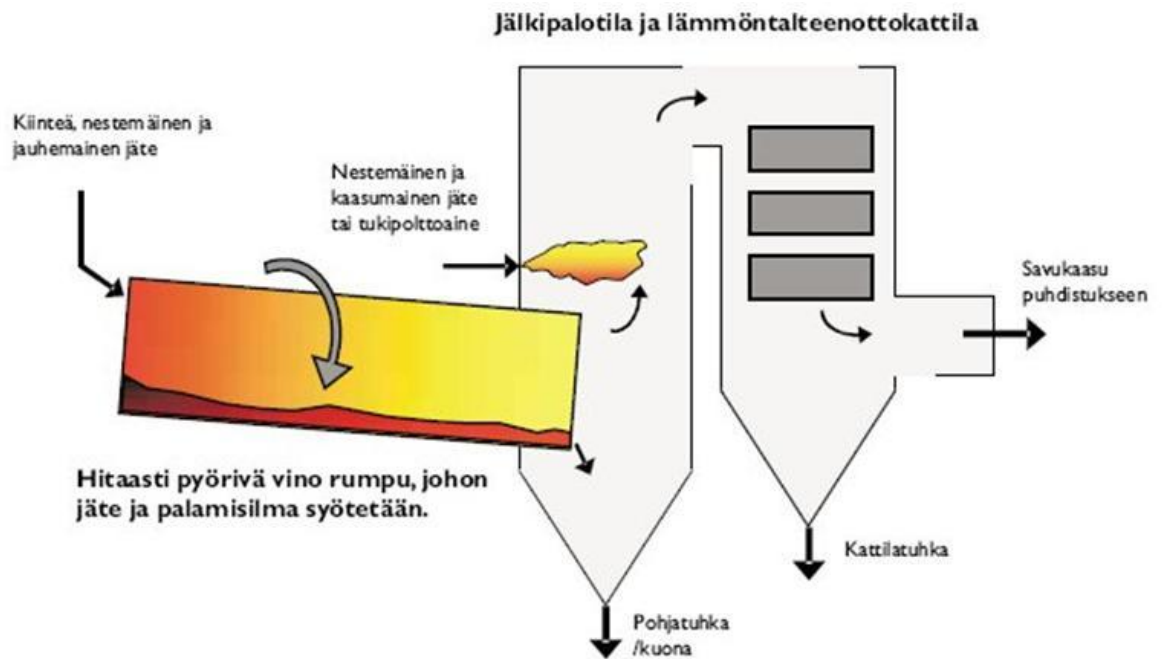
Kuva 3. Kiertoleijutekniikkaa käyttävän voimalaitoksen kattila rakenne. (Vesanto 2006, 33)

Kiertoleijutekniikan tehokkaan palamisen vuoksi tulipesät ovat pienempiä kuin kerrosleijutekniikkaa käyttävissä voimalaitoksissa. Kiertopetiteknikkaa käytetään tämän vuoksi suuremmissa laitoksissa. Kiertoleijukattiloissa voidaan saavuttaa korkeampia höyryn lämpötiloja, koska kuumin tulistin voidaan sijoittaa petimateriaalin palautuskiertoon, jossa polttoaineesta peräisin olevat kloorin määrät ovat vähäisiä. (Jätelaitosyhdistys. Leijupetipoltto.)

5.4 Rumpu-uunit

Rumpu-uuneja käytetään yleensä ongelmajätteen poltossa, koska uunissa voidaan polttaa kiinteitä, nestemäisiä, pastamaisia ja kaasumaisia materiaaleja. Poltettavan materiaalin viipymäaika ja lämpötilaa voidaan rumpu-uunissa tarvittaessa säätää. Rumpu-uuneihin liittyy yleensä erillinen jälkipalotila, jossa uunissa muodostuneet kaasut poltetaan loppuun. Hyvin toimivassa jälkipoltolla varustetussa rumpu-uunilaitoksessa savukaasuihin ja tuhkaan ei jää paljon palamattomia orgaanisiiyhdisteitä. (Vesanto 2006, 34–35.)

Rumpu-uuni on yleensä 10–15 m pitkä, loivasti vinoon asennettu rumpu. Poltettava jätte ja palamisilma syötetään rummun yläpäähän, (kuva 4). Poltettavan jätteen laadusta riippuen syöttölaitteisto voi olla murskaava sulkusyötin, suppilo tai syöttöruuvi. Nesteet ja kaasut johdetaan suuttimien kautta jälkipalotilaan. Rumpu-uuni pyörii noin 5–40 kierrosta tunnissa, riippuen poltettavan jätteen laadusta. Pyörimisen ja rummun vinoon asennon ansiosta jätte sekoittuu tehokkaasti ja siirtyy rummussa eteenpäin. Rummun vaippa voidaan jäähdyttää ilmalla tai vedellä. Vesijäähdytteisessä rummussa voidaan polttaa jätteitä korkeissa lämpötiloissa sekä se voidaan suunnitella myös tuhkaa sulattavaksi. (Vesanto 2006, 34–35; Jätelaitosyhdistys. Rumpu-uunit.)



Kuva 4. Rumpu-uunin rakenne (Vesanto 2006, 35)

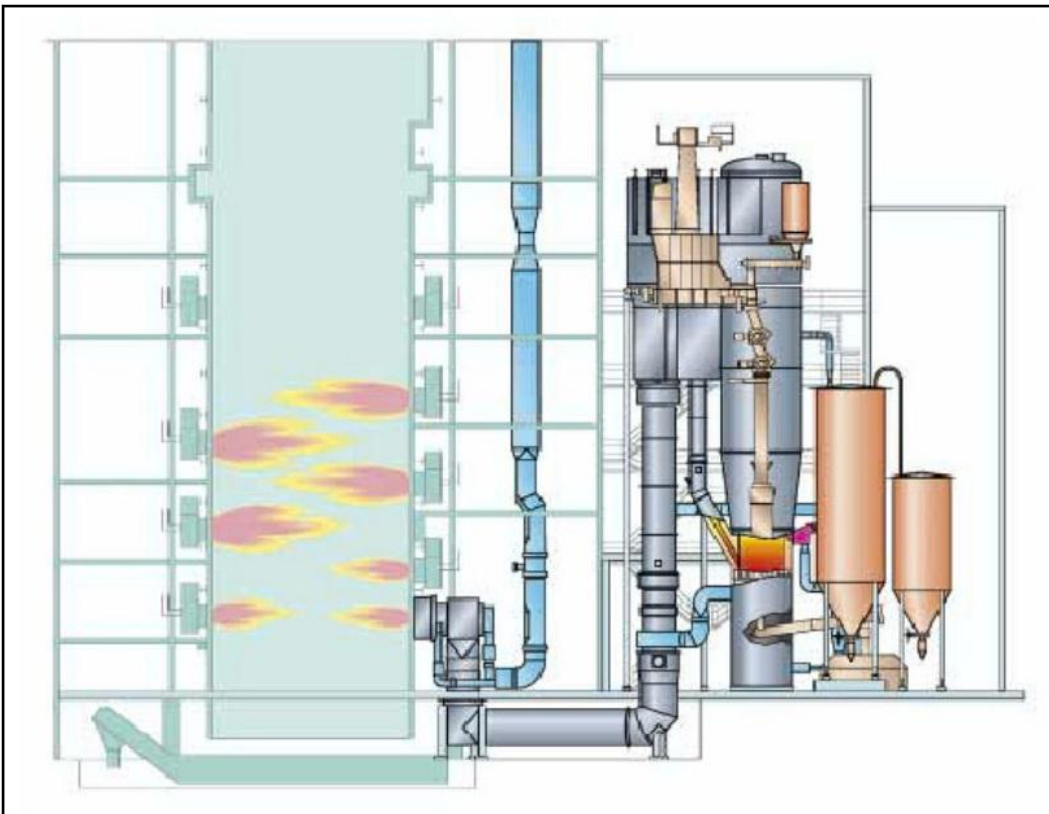
Tuhka ja palokaasut poistuvat rummun alapäästä jälkipalotilaan. Karkea tuhka poistetaan jälkipalotilan pohjalta sulana tai kiinteänä. Savukaasut johdetaan seuraavaksi esijäähdytyskammion kautta lämmöntalteenottokattilaan ja edelleen puhdistusprosessiin. Polttokapasiteetti rumpu-uuneissa on tyypillisesti 5–10 t/h ja polttolämpötila voi olla käyttötarkoituksesta ja rakenteesta riippuen 850–1400 °C. (Vesanto 2006, 34–35; Jätelaitos-yhdistys. Rumpu-uunit.)

5.5 Kaasutus

Jätteiden kaasutuksella tarkoitetaan tässä yhteydessä kiinteiden kierrätyspolttoaineiden lämpökäsittelyä pienissä happipitoisuuksissa. Kaasutus on epätäydellistä palamista, jossa jätteen sisältämä orgaaninen aines palaa kaasuiksi (kuva 5). Puhdistetut

kaasut voidaan polttaa tavanomaisessa voimalaitoksessa. (Laine-Ylijoki ym. 2005, 18–19.)

Kierrätyspolttoaineet sisältävät lukuisia epäpuhtauksia, kuten klooria, alkalia, raskasmetalleja ja alumiinia. Epäpuhtaudet aiheuttavat riskejä polttolaitosten kattijärjestelmille. Kaasutusratkaisuja on kehitetty, jotta jätteiden vaikeimpiakin komponentteja voidaan kustannustehokkaasti hyödyntää energiaksi, saavuttaen tiukat päästöraajat. Kaasutuksella on mahdollista saavuttaa epäpuhtauksien poisto pienemmillä kustannuksilla kuin perinteisessä polttoon perustuvissa laitoksissa. Tuottokaasun laatua voidaan parantaa toimittamalla polttoaine mahdollisimman kuivana kaasuttimelle. (Järvinen 2006, 140; Koski & Puurtinen 2008, 10–13.)



Kuva 5. Kaasutusprosessin periaatekuva. (Laine-Ylijoki 2005, 19)

Jättemateriaalien käsittelyssä kaasutus yleensä yhdistetään muihin polttotekniikoihin, kuten leijukerros- ja arinapolttotekniikoihin. Suomessa toimii kaksi ilmapaineista leijupetitekniikkaan perustuvaa kaasutinlaitosta. Toinen laitoksista on Lahti Energia Oy:n omistama kierrätyspolttoaineiden kaasutinlaitos Kymijärvellä ja toinen Corenso Oy:n kierrätetyn nestepakkauskartongin rejektiä kaasuttava laitos Varkaudessa. Molemmat laitokset polttavat kierrätyspolttoainetta leijupedissä osittaisen hapetuksen avulla tuottaen näin kattilapolttoaineena käytettävää kaasutinkaasua. (Jätelaitos-yhdistys. Kaasutus.)

Kaasutuskaasut voidaan nykyään puhdistaa tavanomaisten polttoaineiden puhtaustasolle. Puhdistus tehdään sitomalla kaasun epäpuhtaudet polttoaineessa ja petima-terialissa olevilla kalsiumpohjaisilla aineilla, sekä kondensoimalla vaiheittaisessa jäädytyksessä höyrystyneet epäorgaaniset aineet. Lopuksi sidotut epäpuhtaudet poistetaan suodattimilla, jonka jälkeen kaasu voidaan polttaa tavanomaisessa voimalaitoksessa. Puhdistusprosessien kehittyessä voidaan tulevaisuudessa ultrapuhdas-kaasua käyttää biodieselin raaka-ainekaasuna. Kaasutuksen myönteiseen kehitykseen vaikuttaa paljon se, syntyykö tuotekaasusta jätepolttodirektiivin ulkopuolelle jäävä polttoaine. (Jätelaitos-yhdistys. Kaasutus.)

Kaasutus ja siihen liitetty kaasun puhdistustekniikalla saavutetaan hyvä sähköntuotannon hyötysuhde, jopa 30–40 %. Arinapoltto tekniikalla päästään 20–25 % ja leijupetikattila tekniikalla saavutetaan 25–30 % sähköntuotannon hyötysuhde. Kaasutus- ja leijupolttolaitosten käyttämä jätepolttoaine on esikäsittävä ennen polttamista. Arinatekniikkaa käyttävät laitokset voivat polttaa jätteet ilman lajittelua. (Vesanto 2006, 53–54.)

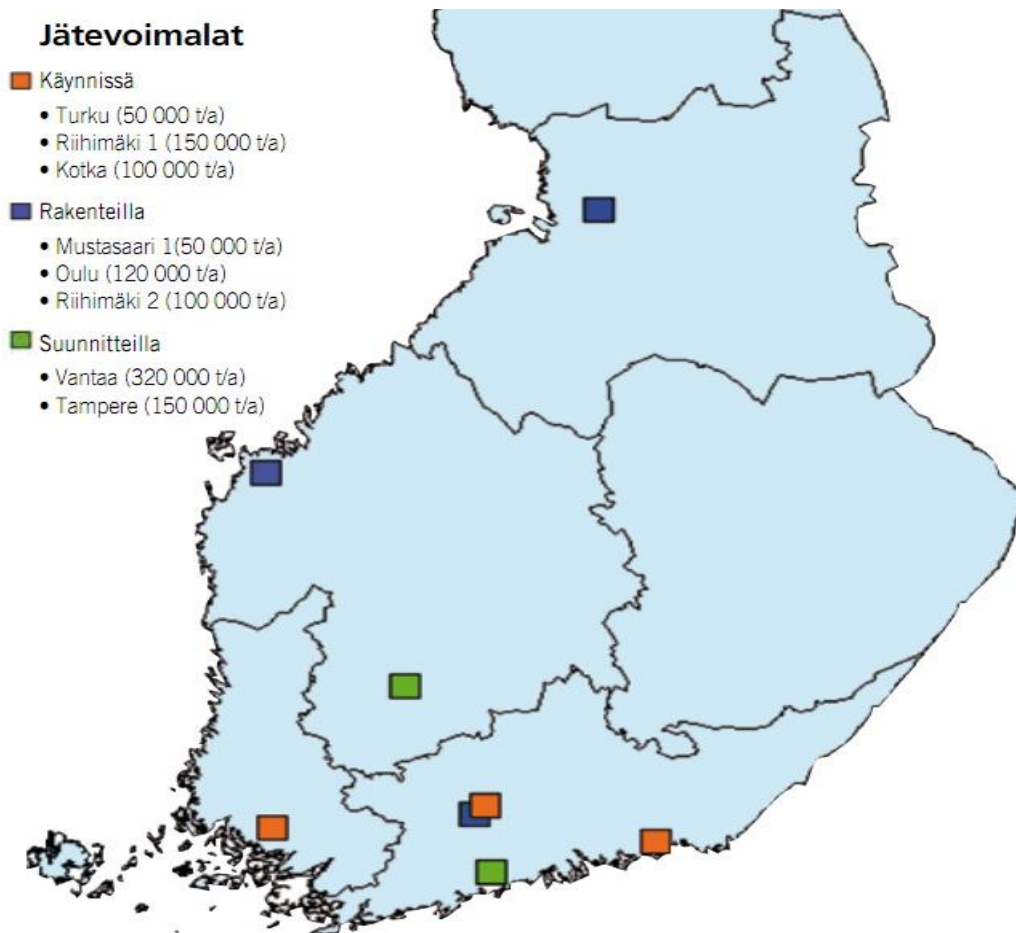
Taulukko 1. Jätteenpolttolaitosten sähköntuotannon hyötysuhteita. (Vesanto 2006, 54)

Terminen perusprosessi	Sähköntuotannon hyötysuhde	Erityistä
Arinapoltto	20 – 25 %	Hyvin koeteltu tekniikka, joka sopii koostumukseltaan vaihtelevalle jätteelle. Ei edellytä jätteen esikäsittelyä. Lentotuhkan määrä vähäisempi kuin leijutekniikoilla.
Leijupetikattilat	25 – 30 %	Polttoaine on esikäsittävä.
Kaasutus ja siihen liitetty kaasun puhdistus	30 – 40 %	Hyötysuhde riippuu kaasua polttavan voimalaitoksen hyötysuhteesta. Polttoaine on esikäsittävä.

6 POTENTIALISET POLTTOPAIKAT SUOMESSA

6.1 Arinakattilatekniikkaa käyttävät jätevoimalat

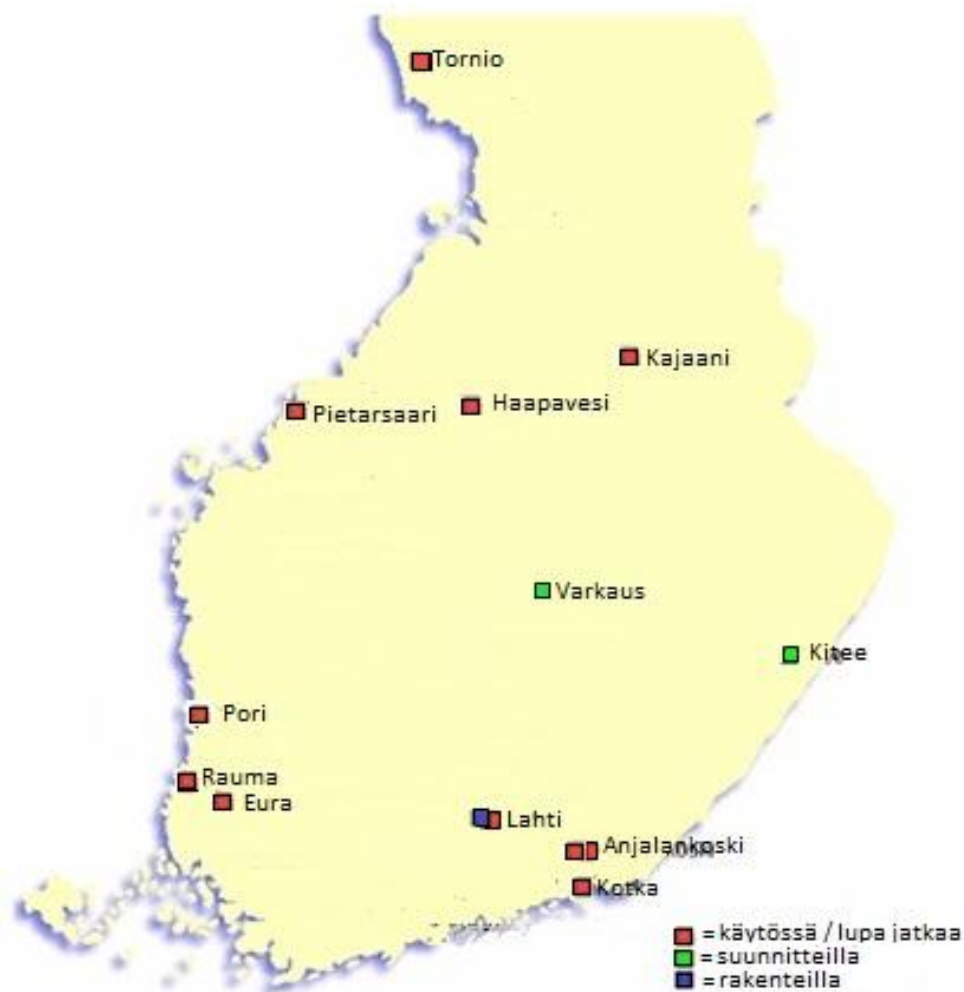
Suomessa yhdyskuntajätteitä käsiteltiin vuonna 2009 polttamalla noin viidennes yhdyskuntajätteiden kokonaismäärästä, eli noin 463 000 tonnia. Jätteistä tuotetaan voimalaitoksissa sähköä ja lämpöä. Voimalaitoksissa poltettava jäte ei ole kierrätyskelpoista. Varsinaisia yhdyskuntajätteiden polttoon suunniteltuja jätevoimalaitoksia on Turussa, Riihimäellä ja Kotkassa (kuva 6). Tällaisia jätevoimalaitoksia rakennetaan lisää mm. Ouluun, Mustasaareen ja Riihimäelle. Lisäksi suunnitteilla on vielä Vantaalle ja Tampereelle. Näissä kaikissa jätevoimalaitoksissa käytetään arinakattilatekniikkaa. Toteutuessaan näiden kahdeksan jätevoimalaitoksien yhteen laskettu polttokapasiteetti olisi 1 140 000 t/a yhdyskuntajätettä. (Saarinen 2011, 4–8; Jätelaitosyhdistys. Energian hyödyntäminen Suomessa.)



Kuva 6. Jätettä polttavien arinavoimalaitosyksiköiden sijoittuminen Suomessa. (Saarinen 2011, 4.)

6.2 Rinnakkaispolttolaitokset

Hyvälaatuista kierrätyspolttoainetta voidaan polttaa rinnakkaispolttona tavanomaisissa voimalaitoksissa. Jäte on käsiteltävä huolellisesti ennen kuin ne voidaan polttaa rinnakkaispolttolaitoksissa. Suomessa on jopa parikymmentä hyvää sijoituspaikkaa, missä voidaan hyödyntää jätteiden energia, sähkön ja lämmön yhteistuotantona. Näistä vaihtoehtoista kannattaa hyödyntää noin puolet, jotta voimaloille voidaan turvata riittävät jätemäärät. Näillä kohtuullisen kokoisilla jätevoimaloilla voidaan saavuttaa taloudellinen laitoskoko ja kokonaistaloudellisesti edullisin jätehuolto (kuva 7). (Jätelaitosyhdistys. Energian hyödyntäminen Suomessa.)



Kuva 7. Kierrätyspolttoaineita polttavien rinnakkaispolttolaitosten sijoittuminen Suomessa. (Jätelaitosyhdistys. Energian hyödyntäminen Suomessa.)

Itä-Suomen alueella ei ole käytössä jätteitä polttavia voimalaitoksia. Kierrätyspolttoaineita käyttävät rinnakkaispolttolaitokset sijoittuvat Etelä- ja Pohjois-Suomeen. Lahteen rakennetaan kiertoleijukaasutusprosessia käyttävää kaasutinvoimalaitosta. Kadeksan Itä-Suomalaista jäteyhtiötä suunnittelevat omaa ekovoimalaitosta Kiteelle tai

Varkauteen. Ekovoimalaitos käyttäisi polttoaineenaan jäteyhtiöiden keräämiä jätteitä ja puuta. Voimalaitoshankkeeseen osallistuvien jäteyhtiöiden kautta kulkee jätettä ja puuta yhteensä 300 000 tonnia vuodessa. Ekovoimalaitos polttaisi vuodessa noin 120 000–160 000 tonnia kierrätyspolttoainetta, tuottaen 40–60 megawatin tehon sähkön ja lämmöntuotantoon. Voimalaitoshankkeen kustannukset on arvioitu olevan 60–90 miljoonaa euroa. Selvitysten mukaan molemmat vaihtoehdot ovat taloudellisesti ja teknisesti järkeviä. (Ripaoja 2011.)

Itä-Suomen jätesuunnitelman yhtenä tavoitteena on jätteiden energiahyötykäytön lisääminen. Toteutuessaan voimalaitoshanke toisi hyvät edellytykset jäteyhtiöille hyödyntää jätteitä energiana. Kierrätyspolttoaineiden kuljetusmatkat lyhenevät merkittävästi, kun niitä ei tarvitse kuljettaa Etelä-Suomeen hyödynnettäväksi. Lisäksi hanke parantaisi Itä-Suomen omavaraisuutta jätteiden käsittelemisessä ja energian hyödyntämisessä.

7 KÄSITTELYTEKNIIKAT

Käsittelytekniikoiden valintoihin vaikuttavat käsiteltävien jätteiden koostumus ja se minkälaista lopputuotetta halutaan saada. Hyvin lajiteltua jätettä ei tarvitse jatkokäsittellä paljon, jotta sitä voidaan hyödyntää rinnakkaispolttolaitoksissa. Halvin ja taloudellisesti kannattavin lajittelumuoto onkin syntypaikkalajittelu. Tässä lajittelumuodossa jätemateriaalit eivät ole sekoittuneet ja likaantuneet keskenään. Näin eri jäte materiaalien hyödyntäminen on helppoa. Lopputuotteen laatuvaatimukset asettavat myös vaatimuksia käsittelylaitteistoille. Esimerkiksi puhtaanpuun käsitteleminen puuhakkeeksi ei vaadi niin monimutkaisia murskalaitteistoja kuin vaikka sekajätteiden käsitteleminen. Arinakattilatekniikkaa käyttäviin polttolaitoksiin ei jätteitä syntypaikkalajittelun lisäksi tarvitse muuten lajitella.

Kierrätyspolttoaineiden valmistaminen sekajätteistä vaatii monivaiheisen murskalaitteiston, joka koostuu useasta laitekomponentista. Käsittelyyn tulevasta jätteestä voidaan esilajitella suurimmat esineet kaivinkoneen kouralla. Murskalaitteistoja on kiinteitä ja liikuteltavia mobilimurskaimia. Yleisin on hitaasti pyörivä yksi- tai kaksiakselinen jätettä silppuava murskain. Murskatusta jätteestä voidaan erotella ylite ja alite erilaisilla menetelmillä, joita ovat rumpu-, tähti-, kierre-, kiekko-, tuuli- ja täryseula. Rumpuseulan seulakorin silmäkoolla ja rummun pituudella on merkitystä alitteen koostumukseen ja palakokoon. Kun seulaverkko on pieni (25 mm:n), saadaan paljon huonolaatuista ylitettä ja vähään hyvälaatuista alitetta. Tuuliseulalla voidaan ylitteestä erottaa painavimpia partikkeleja. Seulan jälkeen ylitteestä voidaan erottaa rumpu- ja päälyerotinhihnamagneettien avulla metalleja. Pyörrevirtaerottimella on mahdollista saada jätevirrasta eroteltua alumiinia. Riittävän pienen palakoon saavuttamiseksi, ylite voidaan lopuksi murskata vielä jälkimurskaimella. Tunnetuimpia murskalaitteistojen valmistajia ovat Komptech, Tana, Vimelco, Lindner, Doppstadt ja Magnapower. (HS Tekniikka Oy; Vimelco Oy.)

8 JÄTTEIDEN KÄSITTELY JÄTEKUKKO OY:SSÄ

8.1 Jätekeskuksen ympäristölupa

”Jätekkuko Oy:n tavoitteena on hyödyntää energiana jätteitä, joita ei voida taloudellisesti tai teknisesti järkevällä tavalla hyödyntää materiaalina (jätelaki 1072/1993, 6 §)” Jätekkuko Oy:n ympäristöluvan mukaan. Jätekeskuksella on Itä–Suomen aluehallintoviraston hyväksymä voimassa oleva ympäristölupa, joka koskee rakennus-, yhdyskunta- ja sekajätteen murskausta ja lajittelujakeiden hyötykäyttöä. (Jätekkuko Oy 2008, 3; Jätekkuko Oy, 2010, 2.)

Ympäristöluvassa on annettu määräyksiä ja velvoitteita toiminnan harjoittajalle. Vuosittain murskauslaitoksella saa käsitellä enintään 170 000 tonnia yrityksiin ja kotitalouksien esilajiteltuja polttoon soveltuvia jätteitä. Näitä ovat rakennusjäte, tuotanto- ja toiminnanjäte ja yhdyskuntajäte, josta on jätehuoltomääräysten velvoitteiden mukaisesti syntypaikalla lajiteltu erikseen metalli, lasi, keräyskartonki, pahvi ja biojäte. Jätekeskukseen tulevat jätemateriaalit ja murskauksesta syntyvät yllitteet ja alitteet tulee varastoida niille varatuissa silloissa, jotta vältetään jätteiden sekoittuminen keskenään ja ympäristön sotkeutuminen. Pölyämisen estämiseksi murskaus- ja seulontalaitteet on sijoitettava katettuun, vähintään kolmelta sivulta suljettuun rakennukseen. (Jätekkuko Oy 2010, 19–20.)

Jätekeskuksen alueelle tulevista ja lähtevistä jätemääristä, sekä niiden hyödyntäminen ja käsittely määrästä on pidettävä kirjaa. Alueen jätteiden käsittely toiminnoista aiheutuvia päästöjä ja ympäristövaikutuksia on tarkkailtava. Yksi tarkkailukohteista on jätteiden murskaus- ja varastoalueelta kerääntyvien jätevesien tarkkailu. (Jätekkuko Oy 2010, 21.)

8.2 Murskalaitteistojen historiaa

Sekajätteen koeluontoinen murskaustoiminta aloitettiin Jätekkuko Oy:ssä elokuussa 2009. Murskauksen tavoitteina oli saada kokemusta lopputuotteen laadusta ja murskauksen teknisestä toteuttamisesta sekä mahdollisista ympäristöhaitoista, kuten pölystä, hajusta, roskaantumisesta, melusta ja haittaeläimistä. Murskauksen lopputuotteenä syntyy yllitettä (REF) ja alitetta (rejekti). Yllite voidaan hyödyntää sellaisenaan

polttolaitoksissa. Alite sisältää biohajoavaa jätettä, joten se kompostoidaan. (Laitinen 2010, 1–3.)

Ensimmäinen sekajätteen murskalaitteisto oli Neuson TS 5220 repijä. Laitteiston puukkomaiset terät rikkoivat sekajätepussit. Murskan perässä oli 5 m:n rumpuseula, jossa oli 80 mm:n rumpuseula. Tästä rumpuseulasta tuli palakooltaan 80–500 mm:n ylitettä ja alle 80 mm:n alitetta. Tämä murskalaitteisto ei ollut kuitenkaan kovin tehokas eikä käytännöllinen. (Laitinen 2010, 1–3.)



Kuva 8. Doppstadt Büffel DW 3060 -murskain ja Doppstadt SM-518 -rumpuseula (Laitinen 2010, 2)

Murskaustoimintaa jatkettiin Doppstadt Büffel DW 3060 murskaimella, johon oli liitetty Doppstadt SM-518, 5 m:n pituinen rumpuseula, jossa kokeiltiin ensin 25 mm:n ja myöhemmin 40 mm:n seuloja (kuva 2). Jäte syötettiin murskaimen syöttösuppilon, josta jäte painuu murskaimeen. Jäte siirtyy kuljetushihnan kautta rumpuseulaan. Magneetinerotin oli kuljetushihnan alapäässä, ennen rumpuseulaa, joka poisti magneettiset metalliset esineet. Rumpuseula, jossa oli 25 mm:n seulakori, erotti ylitteen (palakooltaan 25–500 mm:n), joka kuljettimien kautta siirtyi omaan kasaan ja alite (palakooltaan < 25 mm:n) omaan kasaan. Tällä seulalla saatiin huonolaatuista ylitettä noin 90 % ja hyvä laatuista alitetta 10 %. Seulaverkko, jossa oli 40 mm:n silmäkoko, saatiin 92,4 % ylitettä ja alitetta 7,6 %. (Laitinen 2010, 1–3.)

Edellä mainitut murskalaitteistot olivat ns. mobiilimurskaimia eli kumipyörien päällä olevia helposti siirreltäviä murskalaitteistoja. Murskauksesta ja seulonnasta saatujen hyvien kokemusten vuoksi toimintaa päätettiin jatkaa 2010 maaliskuun alusta uudella koetoimintaluvalla lokakuun 2010 loppuun saakka. (Laitinen 2010, 1–3.)

Murskaustoimintaa kehitettiin ja murskaimeksi asennettiin Lindner Jupiter 3200 kiinteä murskain. Murskain on 1-roottorinen, jossa on 106 mm:n tankoväleillä oleva tankoseula. Murska on suunniteltu sekajätteen murskaukseen, joten se toimi hyvin. Jäte syötetään murskaimen suppiloon, josta jäte painuu murskaimeen. Ylitteen palakoko on 0–300 mm:n ja se on puhtaampaa kuin aikaisemmin. Seuraavaksi jäte siirtyy kuljetushihnaa pitkin magneetineroitimen kautta rumpuseulalle. Tämä rumpuseula on Doppstadt SM–618, 6 m pitkä, jossa on 40 mm:n silmäkokoja oleva seulaverkko. Ylitettä muodostui noin 84 %, alitetta noin 11 % ja metalleja noin 2 %. Ylitteen seassa on ruokajätettä, kuten porkkanoita ja perunoita. Alitteessa oli hieman aikaisempaa enemmän muovi- ja paperisilppua. Kesän 2010, murskalaitteisto esitetty kuvassa 9 (Laitinen 2011b, 2.)



Kuva 9. Murskalaitteistoa koetoiminnan aikaan kesällä 2010 (Laitinen 2011b, 2)

8.3 Murskalaitteiston kuvaus ja toiminta

Nykyinen murskalaitteisto on kiinteä murskauslinjasto, jonka muodostaa murskain, magneetinerotin, rumpuseula ja tuuliseula. Nämä murskalaitteet toimivat sähkövirral-la. Kiinteä murskalaitteisto on sijoitettu ympäristöluvan mukaisesti katokseen. Kaikki tuleva yhdyskuntajäte esilajitellaan kaivinkoneella, jonka jälkeen jäte syötetään murskaimeen.

Murskain on edellä mainittu Lindner Jupiter 3200 kiinteä murskain. Lindner on 1-roottorinen ja siinä on 106 mm:n tankoväleillä oleva tankoseula. Jäte syötetään murskaimen syöttösuppilon, josta jäte painuu murskaimeen. Murskan jälkeen linjastossa on magneetinerotin, joka poistaa magneettiset metalliset esineet. Seuraavaksi on Doppstadt SM – 718 rumpuseula, joka on 7,1 m pitkä. Seula on halkaisijaltaan 1,8 m, jossa on 40 mm:n silmäkoolla oleva seulaverkko. Seula erottaa ylitteen 40–200 mm palakokoon, jonka jälkeen ylitte siirtyy hihnan kuljettamana tuuliseulalle. Rumpuseulan erottelema alite on palakooltaan 0–40 mm, joka putoaa seularummun alla olevaan siiloon. Rummun pyörimisnopeutta voidaan säätää 0–21 kierrokseen minuutissa. Rummussa on itsepuhdistavat puhdistusharjat. (Laitinen 2011a, 2–4.)



Kuva 10. Nykyinen murskalaitteisto

Rumpuseulan perään on asennettu tuuliseula (kuvan 9 oikeassa reunassa). Tuuliseula erottelee kevyemmän enimmäkseen paperia, pahvia, muovia ja hieman puuta sisältävän reffin ja painavimman enimmäkseen isokokoista ruokajätettä, kuten perunat, porkkanat, appelsiinit, omenat ja mm. alumiinisia purkkeja sisältävän alitteen. Tuuliseulan alite sisältää runsaasti biojätettä, joka sekoitetaan rumpuseulan alitteen

joukkoon ja kompostoidaan. Ylite putoaa tuuliseulan päästä siiloon, josta se siirretään pyöräkuorman kauhalla varastosiihloon. Valmiin kierrätyspolttoaineen palakokoa voidaan tulevaisuudessa pienentää tuuliseulan jälkeen asennettavalla jälkimurskaimella.

9 KOKEELLINEN OSUUS

9.1 Sekajätteiden massatase

Jätteitä käsitellään Jätekuikko Oy:ssä kaivinkoneella ja murskalaitteiston avulla. Jätteitä käsittelemällä pyritään valmistamaan mahdollisimman hyvälaatuisia kierrätyspolttoaineita. Käsittelyprosessissa jätteistä poistetaan rinnakkaispolttoon soveltumattomia materiaaleja mahdollisimman paljon ja tehokkaasti. Massatase on laadittu punnitsemalla käsittelyyn menevän jätteen kokonaispaino, sekä kaikki käsittelyprosessista poistuvien sivuvirtojen massat. Sekajätteiden massatase on esitetty taulukossa 2, jossa lukuarvot on kuvattu painoprosentteina. Tarkkoja prosenttilukuja ei voi esittää, koska sekajäte on koostumukseltaan vaihtelevaa ja punnituskokeita ei ole tehty riittävästi. Tuloksia voidaan tarkentaa toistamalla punnituskokeita pidemmällä ajanjaksolla. Massataseiden avulla on helppo seurata, miten sekajätteet käsittelyssä jakautuvat prosentuaalisesti metalleihin, alitteisiin ja ylitteisiin. Sekajätteiden käsittelyprosessi esitellään tarkemmin luvussa 9.3.1.

Taulukko 2. Sekajätteiden massatase

Materiaali	%
Metalli	2–4
Rumpuseula alite	41–51
Tuuliseula alite	1–3
Tuuliseula ylite	47–54
Yht.	100

9.2 Rakennusjätteiden massatase

Rakennusjätteistä pyritään valmistamaan mahdollisimman hyvälaatuista kierrätyspoltoainetta rinnakkaispolttolaitoksiin. Rakennusjätteet esilajitellaan kaivinkoneella, jonka jälkeen käsitellään samalla murskalaitteistolla, jolla sekajätteenkin käsitellään. Murskauslaitteistossa syntyvä alite sisältää paljon polttoon soveltuvaa materiaalia, koska rakennusjätteet eivät sisällä biojätettä, niin kuin sekajäte. Tämän vuoksi rakennusjätteiden murskauksesta syntyvää alitetta olisi hyvä jatkokäsitellä, jotta kaikki polttoon soveltuva materiaali saataisiin mahdollisimman hyvin hyötykäytettyä. Rakennusjäte voi olla koostumukseltaan hyvin vaihtelevaa, siksi massajakaumaa ei voi ilmoittaa

tarkasti (taulukko 3), lyhyen mittausjakson vuoksi. Rakennusjätteiden käsittelyprosessi on kuvattu tarkemmin kohdassa 9.3.2.

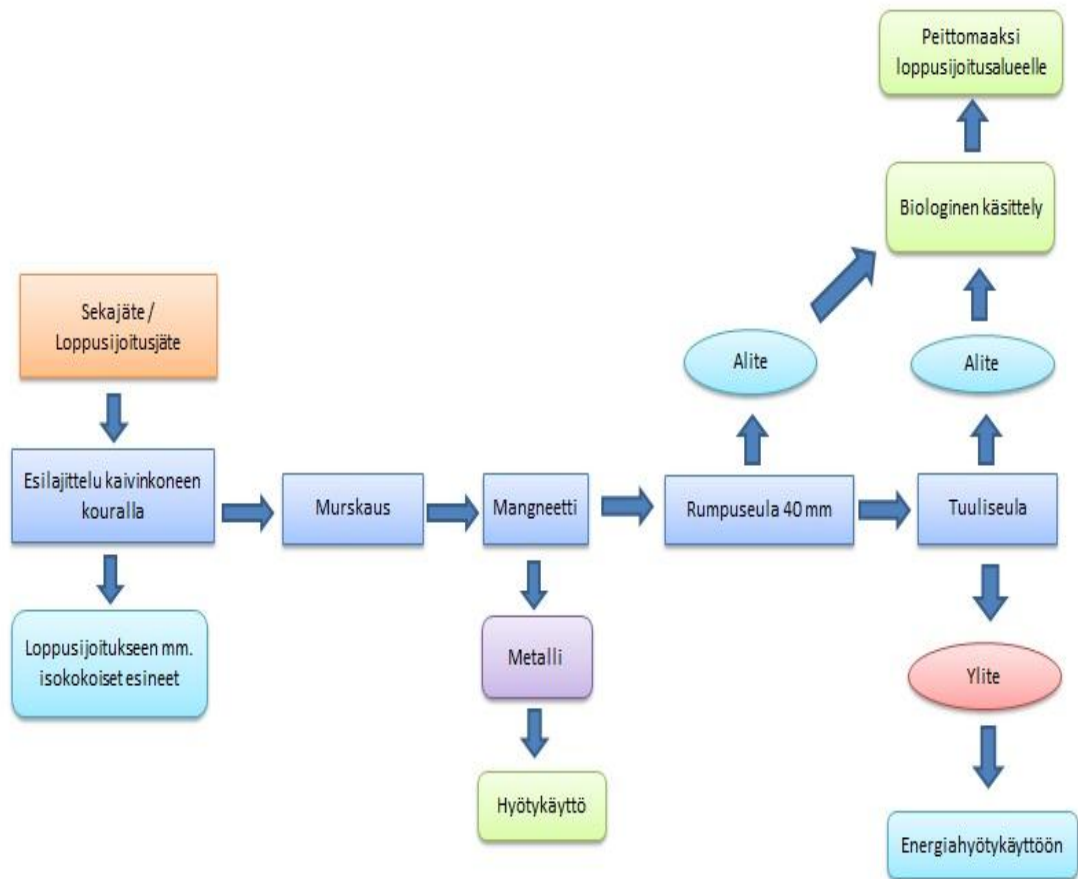
Taulukko 3. Rakennusjätteiden massatase

Materiaali	%
Metalli	1,0
Rumpuseula alite	34–58
Tuuliseula alite	5–9
Tuuliseula ylite	34–60
Yht.	100

9.3 Jätelaadut

9.3.1 Sekajäte

Sekajäte on syntypaikkalajiteltua kotitalouksien sekajätettä ja kuuluu pääasiassa järjestetyn jätteenkuljetuksen piiriin. Murskattavaksi tulevat jätekuormat ajetaan lajittelu- ja murskakentälle omiin siiloihin. Sekajätteestä lajitellaan aluksi kaivinkoneella suuret ja kovat kappaleet, joita ovat esimerkiksi runkopatjat sekä suuret metalliromut. Sekajätteen lajittelu ja murskaaminen etenee kuviossa 2 esitetyn prosessikaavion mukaisesti. (Jätekukko Oy 2010, 3–4.)



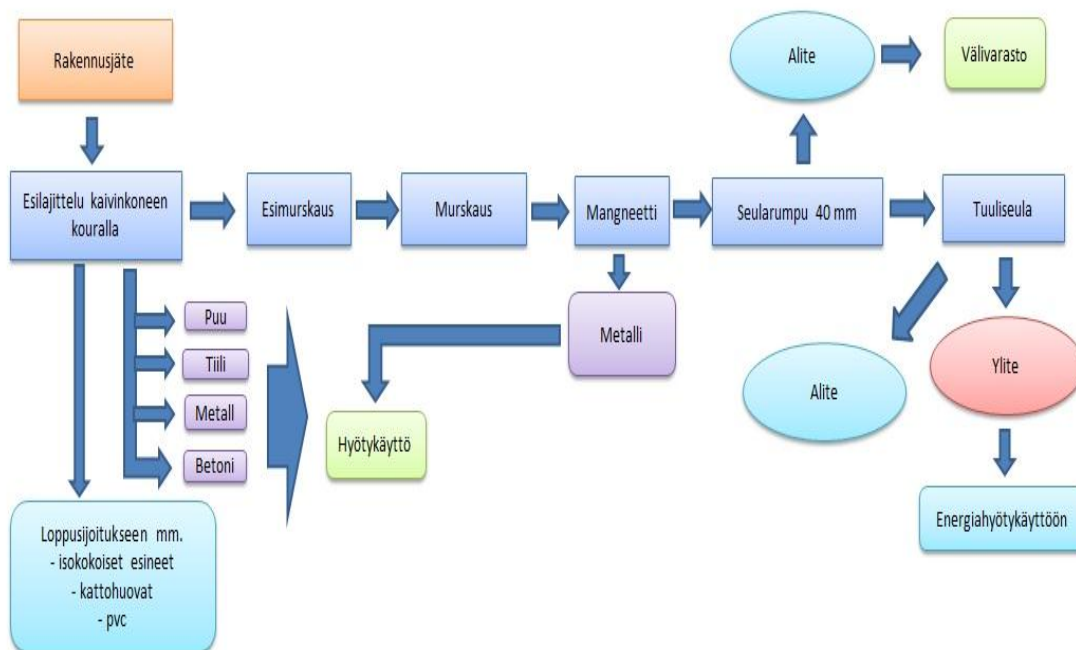
Kuvio 2. Sekajätteiden käsittely prosessikaavio (Jätekukko Oy 2010, 4)

Lajittelututkimusten mukaan magneetinerottimesta tuleva metalli on 92 % metallia, joka menee hyötykäyttöön, sekä muuta energiajätettä 4 % ja oikeaa kaatopaikkajätettä 4 %. Rumpuseulan alitteesta on noin puolet oikeaa kaatopaikkajätettä. Alite kompostoidaan ja voidaan lopuksi käyttää loppusijoitusalueen peittomaana. Tuuliseulan alitteesta biojätteen osuus on yli 50 %, oikea kaatopaikkajätteen osuus on 19 %, loput 30 % on muita sekalaisia jakeita. Alite kompostoidaan ja voidaan myöhemmin hyödyntää loppusijoituksen maisemoinnissa. Tuuliseulan ylitteessä on noin 94 % palavaa jätettä, loppu 6 % on biojätettä. Ylite varastoidaan varastosiloihin ja lastataan rekkoihin sekä toimitetaan hyödynnettäväksi energiana. Ylitteen maksimi varastomäärä siloissa on 1 000 t. (Jätekukko Oy 2011.)

9.3.2 Rakennusjäte

Rakennusjäte on rakentamisessa, remontoinnissa ja purkamisessa syntyvää sekalaista jätettä, joka koostuu hyötykäytettävistä ja hyödyntämättömistä materiaaleista. Valtioneuvoston päätös rakennusjätteistä (295/1997) mukaan, rakennusjätteestä on

lajiteltava kyllästämättömät puujätteet, maa-, kivi- ja ruoppausjätteet, metallijätteet sekä betoni-, tiili-, kivennäislaatta-, keramiikka- ja kipsijätteet. (Cirkulera.)



Kuvio 3. Rakennusjätteiden käsittely prosessikaavio (Jätekuukko Oy 2010, 5)

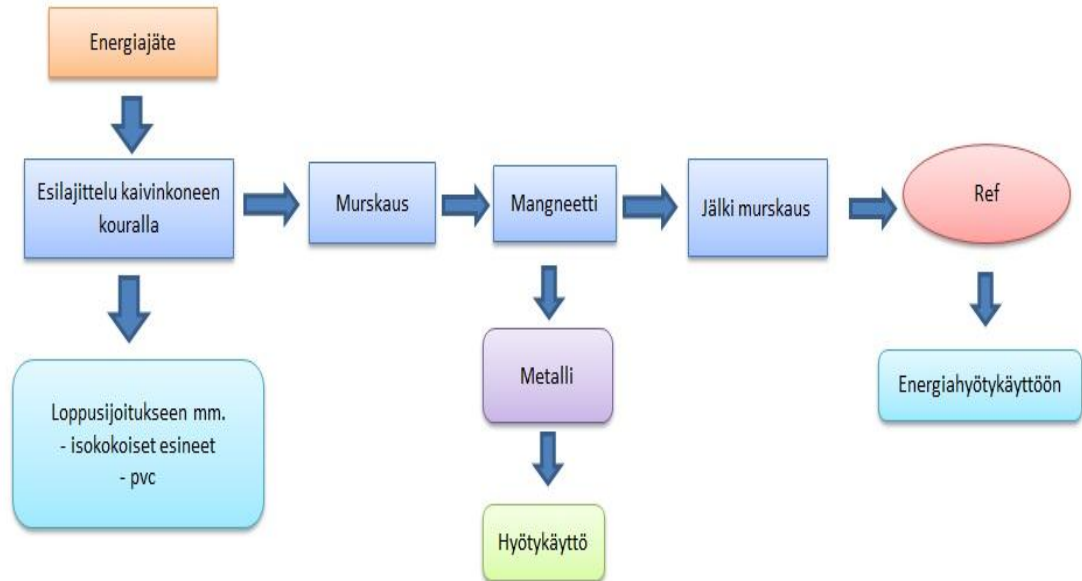
Käsiteltäväksi tulevat rakennusjätekuormat ajetaan lajittelu ja murskakentälle. Rakennusjätteiden lajittelu tehdään kaivinkoneen kouralla. Jätteistä lajitellaan mahdollisimman tarkasti hyötykäyttöön omille laivoille metallit, betonit ja tiilet. Lisäksi lajitellaan loppusijoitukseen energiahyötykäyttöön kelpaamattomat jätteet kuten kattohuovat, PVC-putket ja polttokelvottomat eristeet. (Jätekuukko Oy 2010, 5.)

Rakennusjätteen käsittelyprosessi on esitetty kuviossa 3. Energiahyötykäyttöön kelpaavat jätteet murskataan esimurskaimella ja välivarastoidaan omiin siloihin. Esimurskattu rakennusjäte ajetaan saman murskalaitteiston läpi, jolla sekajäte murskataan. Rumpu- ja tuuliseulan alite välivarastoidaan jatkokäsittelyä varten. Polttokelpoinen ylite varastoidaan ylitesiloon, josta se kuormataan rekkoihin ja toimitetaan hyödynnettäväksi energiana. (Jätekuukko Oy 2010, 5.)

9.3.3 Energiajäte

Energiajäte on pääosin koostumukseltaan hyötykäyttöön kelpaamatonta muovipohjaista jätettä, pahvia, paperia ja puuta. Suurimmat energiajätteen tuottajat ovat kauppa, teollisuuden ja rakentamisen toimialat. Muovin suuren lämpöarvon vuoksi sen

polttaminen energiatuotannossa on järkevää. Näin vähennetään kaatopaikoille loppusijoitettavan jätteen määrää ja voidaan vähentää uusiutumattoman energian kuten öljyn ja kivihiilen käyttöä. (Kymenlaakson Jäte Oy.)



Kuvio 4. Energiajakeiden käsittely prosessikaavio.

Energiajätekuormat ajetaan lajittelu- ja murskakentälle omaan paikkaan. Kuormat tarkastetaan ja tarvittaessa lajitellaan kaivinkoneella ennen murskausta. Energiajätekuormat ovat pääasiassa suoraan valmiita murskaukseen. Tarkastetut kuormat anostellaan murskaimeen, jonka jälkeen murskattu jäte siirretään kuljetushihnojen avulla magneetinerottimen kautta jälkimurskaimeen. Kaksivaiheisella murskauksella varmistetaan riittävän pieni palakoko energiapolttoaineelle. Valmis energiajäte siirretään lopuksi pyöräkoneella ylitesiloon, josta se kuormataan rekkaan. Energiajätteet murskataan siirrettävillä mobiilimurskaimilla. Energiajätteiden käsittelyprosessi on esitetty kuviossa 4.

Energiajäte on pääasiassa syntypaikkalajiteltua jätettä. Tämän vuoksi se on suhteellisen tasalaatuista ja siitä on helppo valmistaa energiapolttoainetta polttolaitoksille. Hyvän ja tasalaatuisten energiapolttoaineiden valmistaminen seka- ja rakennusjätteistä vaatii enemmän käsittelemistä kuin energiajätteiden valmistusprosessit.

9.4 Kierrätyspolttoaineiden laatuluokat

Suomessa on käytetty kierrätyspolttoaineiden luokitukseen ja laadunvalvontaan liittyvää SFS 5875 standardia vuodesta 2000 alkaen. Siinä on määritelty mm. kierrätys-

polttoaineille laadunvalvonnan perusmenettelyt ja kolme laatuluokkaa REF I - III. Hyvälaatuisten kierrätyspolttoaineiden laatuluokkia kuvataan merkinnöillä REF I ja REF II. Standardissa luokittelujärjestelmä perustuu kierrätyspolttoaineen seitsemän tärkeimmän haitta-aineen määrään. Näitä ovat kloori, rikki, typpi, kalium ja natrium, alumiini, kadmium-, ja elohopeapitoisuuteen kuiva-aineessa taulukon 4. mukaisesti. Jokaisella tarkasteluparametrilla on omat raja-arvot laatuluokittain. SFS 5875 standardin mukaisesti kierrätyspolttoaineen laatuluokka määräytyy huonoimman tarkasteluparametrin tuloksen mukaan. (Vesanto 2007, 15–17; SFS 5875:2000, 10.)

Taulukko 4. Kierrätyspolttoaineiden laatuluokitustaulukko. (SFS 5875:2000, 10)

Ominaisuuden polttoaineluokka	Klooripitoisuus kuiva-aineessa; m-%, 2)	Rikkipitoisuus kuiva-aineessa; m-%, 2)	Typpipitoisuus kuiva-aineessa; m-%, 2)	Kalium- ja natriumpitoisuus kuiva-aineessa 1); m-%	Alumiinipitoisuus kuiva-aineessa (metallinen); m-%, 2)	Elohopeapitoisuus kuiva-aineessa; mg/kg	Kadmiumpitoisuus kuiva-aineessa; mg/kg
1	< 0,15	< 0,20	< 1,00	< 0,20	3)	< 0,1	< 1,0
2	< 0,50	< 0,30	< 1,50	< 0,40	4)	< 0,2	< 4,0
3	< 1,50	< 0,50	< 2,50	< 0,50	5)	< 0,5	< 5,0

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

2) m-% tarkoittaa massan osuutta prosentteina.

3) Metallista alumiinia ei sallita, mutta se on hyväksyttävissä ilmoitustarkkuuden rajoissa.

4) Syntypaikkalajittelulla ja polttoaineen valmistusprosessilla pyritään poistamaan metallinen alumiini.

5) Metallinen alumiinipitoisuus sovitaan etukäteen.

Euroopan standardisoimisjärjestö CEN valmistelee Euroopan komission toimeksiantosta yhtenäistä ja koko EU:n kattavaa eurooppalaista EN-standardeja kiinteille kierrätyspolttoaineille. Komitea on laatinut 26 standardia eli teknistä spesifikaatiota ja 5 teknistä raporttia. Nämä muutetaan EN-standardeiksi lopullisen lausuntovaiheen- ja äänestyksen jälkeen. Tekninen spesifikaatio CEN/TS 15359 on lopullista hyväksymistä vaille valmis EN-standardi. Standardien on arvioitu valmistuvan vuoden 2011 aikana. (Suomen Standardisoimisliitto.)

Yhtenäisillä EN-standardeilla pyritään helpottamaan kansainvälistä kierrätyspolttoainekauppaa ja luomaan kierrätyspolttoaineille yhteisesti hyväksyttävät laatuvaatimukset sekä laadunhallintajärjestelmät. Eurooppalainen standardi tuo muutoksia myös suomalaisten standardeihin. Tuttu termi REF, recovered energy fuel korvataan uudessa standardissa nimellä SDR, solid recovered fuel. (Suomen Standardisoimisliitto. 2010; Saarinen 2008, 8–9.)

Uudemmassa kiinteiden kierrätyspolttoaineiden, vaatimukset ja luokat teknisessä spesifikaatiossa CEN/TS 15359 luokittelujärjestelmä perustuu kolmen tärkeimmän

kierrätyspolttoaineiden ominaisuuksiin. Näitä ovat taloudellinen tekijä (tehollinen lämpöarvo), ympäristötekijä (elohopeapitoisuus) ja tekninen tekijä (klooripitoisuus). Lämpöarvon taloudellinen merkitys muodostuu siten että kierrätyspolttoainetta ostaja haluaa sellaista polttoainetta, jossa on mahdollisimman korkea energiapitoisuus. Kierrätyspolttoaineen elohopeapitoisuus on tärkeä ominaisuus, koska kuuluu vaarallisimpiin raskasmetalleihin ja on vaikea puhdistaa savukaasuista. Klooripitoisuus halutaan tietää, koska kloori muodostaa riskin kattilalle. (Vesanto 2007, 15–16; tekninen spesifikaatio CEN/TS 15359:2006, 14.)

Näille kolmelle luokitusparametreille on määritelty jokaiselle viisi laatuluokkaa raja-arvojen mukaan. Näiden luokkanumeroiden yhdistelmät muodostavat luokkakoodin. Kaikki kolme luokitusparametrit ovat yhtä tärkeitä, eikä yksittäinen luokkanumero määrää koodia. ”Ominaisuuksia pitää lukea matriisina: jokin kierrätyspolttoaine saattaa sijoittua lämpöarvoltaan luokkaan 1, klooripitoisuudeltaan luokkaan 3 ja elohopeapitoisuudeltaan luokkaan 2”, toteaa CEN:in teknisen komitean puheenjohtaja Martin Frankenhaeuser. Tätä standardia sovelletaan käsiteltyyn yhdyskunta, rakennus- ja energijätteisiin. (Saarinen 2008, 8–9; tekninen spesifikaatio CEN/TS 15359:2006, 14.)

Taulukko 5. Kierrätyspolttoaineiden teknisen spesifikaation CEN/TS 15359 mukaiset polttoaineluokkien ominaisuusrajat. (Vesanto 2007, 16.)

Ominaisuuden polttoaineluokka	Tehollinen lämpöarvo; MJ/kg (NCV)	Klooripitoisuus; % (kuiva-aine), (Cl)	Elohopeapitoisuus; mg/MJ (Hg)	
	keskiarvo	keskiarvo	mediaani	80. prosenttipiste
1	≥ 25	≤ 0,2	≤ 0,02	≤ 0,04
2	≥ 20	≤ 0,6	≤ 0,03	≤ 0,06
3	≥ 15	≤ 1,0	≤ 0,08	≤ 0,16
4	≥ 10	≤ 1,5	≤ 0,15	≤ 0,30
5	≥ 3	≤ 3,0	≤ 0,50	≤ 1,00

Teknistä spesifikaatiota CEN/TS 15359 käytetään klooripitoisuuden ja tehollisen lämpöarvon kriteereinä analysoitujen näytteiden keskiarvoa. Elohopean osalta käytetään pitoisuuksien mediaania tai 80. prosenttipistettä, se kumpi antaa suuremman numeroarvon määrää luokan. Elohopeapitoisuutta kuvaavalla 80. prosenttipisteellä tarkoitetaan pitoisuutta, jonka alapuolella on 80 % analyysituloksista. Huomioitavaa on että, taulukon 3. ominaisuusrajat määräytyvät keskenään erilaisin perustein. Polttoaineen lämpöarvo määritellään heti saapumistilassa, klooripitoisuus kuiva-aineesta ja elohopeapitoisuus saapumistilaisen polttoaineen energiasisältöön suhteutettuna. (Vesanto 2007, 15–17.)

10 TULOSTEN TARKASTELU

Tässä insinööriyössä selvitettiin seka-, rakennus- ja energijätteiden laatuluokat SFS 5875 standardin ja teknisen spesifikaation CEN/TS 15359 mukaisesti. Näille jäteperäisille kierrätyspolttoaineille laadittiin teknisen spesifikaation CEN/TS 15359 mukaan tuoteselosteet. Tulokset ovat liitteinä ja ne ovat Jätekuikko Oy:n omaa tietoa, joten niitä ei voi esittää julkisesti. Lisäksi selvitettiin mahdollisia polttopaikkoja jäteperäisille kierrätyspolttoaineille lähdetietojen ja sähköisen kyselylomakkeen avulla. Sähköinen kyselylomake lähetettiin 20 eri kierrätyspolttoainetta käyttävään polttolaitokseen. Vastauksia tuli viidestä polttolaitoksesta, joista kaksi oli kiinnostuneita kierrätyspolttoaineista.

Seka- ja rakennusjätteiden massataseiden selvittämiseksi tehtiin kaksi punnituskoeita. Vähäisten mittausten vuoksi tarkkaa massataselaskelmaa ei voi esittää. Punnituskokeita pitäisi tehdä enemmän, jotta saataisiin mahdollisimman tarkka tulos. Jätteistä valmistettaville kierrätyspolttoaineille tulisi tehdä useammat laboratoriokokeet ja määritykset vuoden aikana, jotta saadaan selville vaihteleeko kierrätyspolttoaineiden laatu.

Eri jätteistä valmistetut kierrätyspolttoaineet sisältävät vaihtelevasti eri määriä haitta-ainepitoisuuksia. Näitä eroja voidaan tasoittaa esimerkiksi sekoittamalla seka- ja rakennusjätteestä valmistettua kierrätyspolttoainetta keskenään. Käsittämätöntä ja käsiteltyä puujätettä voidaan myös sekoittaa kierrätyspolttoaineisiin valmistettaviin jätteisiin. Nämä kokeilumenetelmät voivat muuttaa polttoaineiden laatuluokkia. Jos edellä mainittuja kokeiluita tehdään, kierrätyspolttoaineet kannattaa tutkia laboratoriossa, jotta saadaan selville polttoaineen laatu ja haitta-aine pitoisuudet.

CEN/TS 15359 teknisen spesifikaation mukainen tuoteseloste jakautuu pakollisiin ja vapaaehtoiisiin määrittelyihin. Pakollinen määrittely (taulukko 6.) sisältää kierrätyspolttoaineen laatuluokan ja alkuperän ja fysikaaliset- ja kemialliset tekijät. Fysikaalisiin tekijöihin kuuluu mm. tuhkapitoisuus, kosteuspitoisuus, tehollinen lämpöarvo sekä partikkelikoko. Kemiallisiin tekijöihin kuuluu joukko määriteltäviä raskasmetalleja, joita ovat mm. Cl, Sb, As, Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Mn, Hg, Ni, Ti ja V. Vapaaehtoinen määrittely sisältää biomassaosuuden, koostumuksen, sekä fysikaaliset- ja kemialliset tekijät. Fysikaalisilla tekijöillä kuvataan irtotiheyttä, haihtuvien aineiden pitoisuutta ja tuhkan sulamiskäyttäytymistä. Kemialliset tekijät sisältävät suuren joukon alkuaineita,

joita ovat: metallinen Al, C, H, N, S, Br, F, PCB, Al, Fe, K, Na, Si, P, Ti, Mg, Ca, Mo, Zn, Ba, Be ja Se. (Tekninen spesifikaatio CEN/TS 15359:2006, 22–24)

Taulukko 6. CEN/TS 15359 teknisen spesifikaation mukainen mallituoteseloste kier-
rätyspolttoaineille. (Tekninen spesifikaatio CEN/TS 15359:2006, 22)

Pakolliset määrittelyt	Kiinteän kierrätyspolttoaineen (SRF) luokka ja alkuperä				
	Luokkakoodi ^a :				
	Alkuperä ^b :				
	Fysikaaliset tekijät				
	Partikkelimuoto ^c :				
	Partikkelikoko ^d :		Testausmenetelmä		
		Yksikkö	Arvo ^e		Testausmenetelmä
			Tyypillinen	Raja-arvo	
	Tuhkapitoisuus	% d			prCEN/TS XXX
	Kosteuspitoisuus	% ar			
	Tehollinen lämpöarvo	MJ/kg ar			
	Tehollinen lämpöarvo	MJ/kg d			
	Kemialliset tekijät				
		Yksikkö	Arvo		Testausmenetelmä
			Tyypillinen	Raja-arvo	
	Klooripitoisuus (Cl)	% d			prCEN/TS XXX
	Antimoni (Sb)	mg/kg d			
	Arseeni (As)	mg/kg d			
	Kadmium (Cd)	mg/kg d			
	Kromi (Cr)	mg/kg d			
	Koboltti (Co)	mg/kg d			
	Kupari (Cu)	mg/kg d			
	Lyijy (Pb)	mg/kg d			
	Mangaani (Mn)	mg/kg d			
Elohopea (Hg)	mg/kg d				
Nikkeli (Ni)	mg/kg d				
Tallium (Tl)	mg/kg d				
Vanadiini (V)	mg/kg d				
Σ Raskasmetallit ^f	mg/kg d				
<p>^a Kohdassa 7 määritellyn luokitusjärjestelmän mukaisesti.</p> <p>^b Suositellaan Eurooppalaisen jäteluettelon (EWC) nelji- tai kuusinumeroista koodia. Seoksista voidaan käyttää koodien yhdistelmää.</p> <p>^c Esimerkkejä muodoista ovat pelletit, paalit, briketit, lastut, hake, fluffi ja jauhe.</p> <p>^d Seulalla tai vastaavalla menetelmällä. Ilmaistaan muodossa d_x, jossa d on partikkelikoko jakaumakäyrän kohdassa, jossa x prosenttia läpäisee seulan.</p> <p>^e Tyypillinen arvo on kiinteän kierrätyspolttoaineen muuttujan keskiarvo (tai mediaani, jos se on tulosjakauman perusteella asianmukaista) sovitun tai määritellyn ajanjakson kuluessa. Raja-arvosta (enimmäisarvo, vähimmäisarvo tai 80. prosenttipiste, jos se on tulosjakauman perusteella asianmukaista) sopivat käyttäjä ja tuottaja, ja sillä viitataan tavaraerään.</p> <p>^f Yhteissummassa huomioon otettavat raskasmetallit ovat Sb, As, Cr, Co, Cu, Pb, Mn, Ni ja V, kuten jätteenpolttodirektiivissä.</p>					

11 KUSTANNUSTARKASTELU

Jätteiden käsittelyssä syntyy kustannuksia riippumatta sijoitetaanko jäte loppusijoituspenkkaan, toimittamalla suoraan arinatekniikkaa käyttävään polttolaitokseen, tai valmistamalla siitä kierrätyspolttoainetta rinnakkaispolttolaitoksiin. Kierrätyspolttoainesten valmistamisessa syntyvät kustannukset muodostuvat monista eri kustannustekijöistä. Suurimmat kustannuserät koostuvat kuljetus-, laiteinvestointi-, käyttö- ja ylläpitokustannuksista. Kustannuksia voidaan tarkastella vertailemalla €/t kierrätyspolttoaineen valmistuskustannuksia ja siitä saatavaan myyntihintaan €/t. Tarkemmat kustannuslaskelmat ovat liitteinä. Laskelmat ovat Jättekukon omaa tietoa, joten niitä ei voi julkaista.

Kuljetuskustannusten muodostumiseen vaikuttavat enimmäkseen matkojen pituudet, kuljetuskalusto ja kuljetettavan kierrätyspolttoainesten määrä. Laiteinvestoinnit muodostavat suuren yksittäisen kustannuserän. Murskalaitteistojen käyttökustannuksiin sisältyy laitteistojen sähkönkulutus, työn kustannukset ja murskalaitteistoja suojaavan rakennuksen valmistuskustannukset. Ylläpitokustannukset muodostavat murskalaitteistojen huolto ja korjaus kulut. Kierrätyspolttoainesten valmistuksesta muodostuvat kustannukset jaetaan tietylle ajanjaksolle ja voidaan ilmoittaa €/t muodossa, sisältäen kaikki kierrätyspolttoaineen valmistuksessa muodostuneet kulut.

12 YHTEENVETO

Insinööriyössä tutkittiin jäteperäisten kierrätyspolttoaineiden laatua SFS 5875 standardin ja CEN/TS 15359 teknisen spesifikaation mukaisesti, sekä selvitettiin potentiaalisia polttopaikkoja Suomessa. Kierrätyspolttoaineille laadittiin mallituoteselosteet CEN/TS 15359 teknisen spesifikaation mukaan. Tuoteseloste toimii kierrätyspolttoaineen todistuksena siitä, minkälaista polttoainetta toimitetaan polttolaitoksiin. Kierrätyspolttoaineiden valmistajilla on mahdollisuus käyttää tuoteselostetta standardin mukaisesti. Polttopaikkojen selvittämisessä oli vaikea löytää viimeisintä tietoa polttolaitoksista. Kyselyyn vastanneita oli 5 ja niistäkin vain 2 antoivat hintatietoja, siksi polttopaikkaselvitys keskeytettiin työn edetessä.

Suomeen rakennetaan uusia jätettä polttavia voimalaitoksia. Samalla tehostetaan kierrättämistä ja materiaalien uusiokäyttöä. Nämä toimet voivat johtaa siihen, että eri toimijat kilpailevat keskenään jätteistä. EU:n ja Suomen valtion jätelainsäädäntö- ja suunnitelmat ohjaavat jätteiden hyödyntämistä ja käsittelemistä. Arinatekniikkaa käytäviin polttolaitoksiin toimitettavaa jätettä ei tarvitse esikäsitellä ennen polttamista, joten siitä ei aiheudu kustannuksia. Jätteiden toimittajat maksavat jätteen polttolaitokselle porttimaksun toimitetuista jätteistä. Kierrätyspolttoaineiden valmistuksessa syntyy valmistuskustannuksia, mutta rinnakkaispolttolaitoksiin toimittavasta kierrätyspolttoaineesta voidaan jopa maksaa polttoaineen toimittajalle. Kiristynvä kilpailu jätteistä vaikuttaa jäteperäisistä polttoaineista maksettavaan tai saatavaan hintaan. Kustannustarkastelun avulla voidaan todeta, kannattaako jätteistä valmistaa kierrätyspolttoaineita vai kuljettaa jätteet suoraan arinapolttolaitokseen. Tosin kustannustarkastelu vastaa sen hetkistä tilannetta ja esimerkiksi jätteen yli- ja alitatarjonta voi muuttaa tilannetta tarkasteluajankohtaan nähden.

Kuopion jätekeskuksessa kierrätyspolttoaineiden laatua voidaan parantaa kehittämällä murskalaitteistoa, tehostamalla syntypaikkalajittelua tai keräämällä erikseen energijätettä. Murskalaitteistoa voidaan kehittää parantamalla metallinerotusta, lisäämällä pyörrevirtaerotin, joka poistaa mm. alumiinia valmistettavasta kierrätyspolttoaineesta. Lisäksi voidaan asentaa jälkimurskain, joka pienentäisi kierrätyspolttoaineen palakokoa useammille polttolaitoksille sopivaksi. Syntypaikkalajittelulla voidaan vaikuttaa jonkin verran jätteiden koostumukseen sekä pienentää koostumuksen suurimpia vaihteluita. Lajittelua voidaan parantaa tehostamalla neuvontaa ja ohjeistusta. Kaikki energiapolttoon soveltuva jäte voitaisiin erilliskerätä kotitauksista, kaupoista, teollisuudesta, laitoksista ja kouluista. Kaikki nämä vaihtoehdot vaativat lisäinvestointeja,

joten niistä olisi hyvä tehdä lisätutkimuksia ja selvityksiä. Jätekukko Oy:n toimintaa voidaan pitää hyvänä, koska jätteitä käsittelemällä ja seulomalla saadaan materiaalia hyötykäyttöön mm. metallit ja alite hyödynnettäväksi peittomaana. Jätekukko Oy:n toimintaa voidaan edelleen kehittää hyödyntämällä alite esimerkiksi mädätyslaitoksessa. Prosessista saadaan mädättämällä kaasua, josta voidaan valmistaa sähköä ja lämpöä.

LÄHTEET

Cirkulera www – sivu [viitattu 18.2.2011]. Saatavissa:

http://web.novia.fi/cirkulera/?page_id=179&lang=fi

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi jätteenpoltosta 4.12.2000/76/EY. EUR-Lex. Lainsäädäntö [viitattu 24.2.2011]. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/fi/>.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi jätteistä ja tiettyjen direktiivien kumoamisesta 19.11.2008/98/EY. EUR-Lex. Lainsäädäntö [viitattu 23.2.2011]. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/fi/>.

Hallituksen esitys jätelaiksi ja eräiksi siihen liittyviksi laeiksi. HE 199/2010 vp. Eduskunta. Lainsäädäntö [viitattu 14.3.2011]. Saatavissa:

<http://www.environment.fi/download.asp?contentid=125725&lan=fi>

HS Tekniikan www-sivu [viitattu 11.4.2011]. Saatavissa:

<http://www.hstekniikka.com/index.html>

Järvinen, L. 2006. *Ympäristötekniikan ennakointi, taustoja ja puheenvuoroja* [verkkójulkaisu]. Sitra [viitattu 23.3.2011]. Saatavissa:

<http://www.sitra.fi/julkaisut/raportti61.pdf?download=Lataa+pdf>

Jätelaki L 3.12.1993/1072. Finlex. Lainsäädäntö [viitattu 18.2.2011]. Saatavissa:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1993/19931072>.

Jätelaitosyhdistys. Energiahyödyntäminen. Parhaat tekniikat. Arinapoltto. [viitattu 25.1.2011]. Saatavissa: <http://www.jly.fi/energia31.php?treeviewid=tree3&nodeid=31>

Jätelaitosyhdistys. Energiahyödyntäminen. Energianhyödyntäminen Suomessa. [viitattu 29.3.2011]. Saatavissa: <http://www.jly.fi/energia5.php>

Jätelaitosyhdistys. Energiahyödyntäminen. Parhaat tekniikat. Kaasutus. [viitattu 23.3.2011]. Saatavissa: <http://www.jly.fi/energia35.php?treeviewid=tree3&nodeid=35>

Jätelaitosyhdistys. Energiahyödyntäminen. Parhaat tekniikat. Leijupetipoltto. [viitattu 7.2.2011]. Saatavissa: <http://www.jly.fi/energia32.php?treeviewid=tree3&nodeid=32>

Jätelaitosyhdistys. Energiahyödyntäminen. Parhaat tekniikat. Rinnakkaispoltto. [viitattu 26.1.2011]. Saatavissa:

<http://www.jly.fi/energia34.php?treeviewid=tree3&nodeid=34>

Jätelaitosyhdistys. Energiahyödyntäminen. Parhaat tekniikat. Rumpu-uunit. [viitattu 8.2.2011]. Saatavissa: <http://www.jly.fi/energia33.php?treeviewid=tree3&nodeid=33>

Jätekukko Oy, 2011. *Lajittelututkimuksen tulokset 2011*. Jätekukko Oy [viitattu 19.2.2011].

Jätekukko Oy, 2009. *Vuosikertomus 2009* [verkkodokumentti]. Jätekukko Oy [viitattu 19.1.2011]. Saatavissa:

http://www.jatekukko.fi/www/fi/liitetiedostot/vuosikertomukset/jatekukko_vuosikertomus_2009_web.pdf

Jätekukko Oy, 2006. *Ympäristölupapäätös* [verkkodokumentti]. Jätekukko Oy [viitattu 19.2.2011]. Saatavissa:

http://www.jatekukko.fi/www/fi/liitetiedostot/kuopion_keskus/Kuopionjatekeskuksenymparistolupa2006_julkinen.pdf

Jätekukko Oy, 2008. *Ympäristölupapäätös* [verkkodokumentti]. Jätekukko Oy [viitattu 17.2.2011]. Saatavissa:

http://www.jatekukko.fi/www/fi/liitetiedostot/kuopion_keskus/Ymparistolupa_7.4.2008_julkinen.pdf

Jätekukko Oy, 2010. *Ympäristölupapäätös* [verkkodokumentti]. Jätekukko Oy [viitattu 18.2.2011]. Saatavissa:

http://www.jatekukko.fi/www/fi/liitetiedostot/kuopion_keskus/Jtekeskuksenympristolupa_15102010_julkinenID11244.pdf

Kokko, S. 2002. *Jätteiden energiakäytön näkymät Euroopassa leijukerrospolton kannalta* [verkkodokumentti]. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu. Energiatekniikan osasto. Diplomityö [viitattu 7.2.2011]. Saatavissa:

<http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/34788/nbnfi-fe20021205.pdf?sequence=1>

Koski, M. & Puurtinen, T. 2008. *Biopolttoaineiden käyttö mikroturbiineissa* [verkkodokumentti]. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Teknillinen tiedekunta, Energia- ympäristötekniikan osasto. Kandidaattityö [viitattu 23.3.2011]. Saatavissa: http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/37889/Kandi_biopa%26mgt.pdf

Kymenlaakson Jäte Oy. Lajitteluohjeet yrityksille. [viitattu 21.2.2011]. Saatavissa: <http://www.kymenlaaksonjate.fi/lajitteluohjeet/index.php>

Laine-Ylijoki, J., Mroueh, U., Vahanne, P., Wahlström, M., Vestola, E., Salonen, S. & Havukainen, J. 2005. *Yhdyskuntajätteen terminen käsittely kuonista ja tuhkista hyötykäytettäviä ja loppusijoitettavia tuotteita* [verkkopublication]. VTT [viitattu 23.3.2011]. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2005/T2291.pdf>

Laitinen, M. 2010. *Raportti murskaustoiminnasta Kuopion jätekeskuksessa 3.8.2009-28.2.2010*. Jätekuukko Oy [viitattu 10.3.2011].

Laitinen, M. 2011a. *Kuopion jätekeskus, selostus katoksesta sekä murskaus- ja seulontalaitteista*. Jätekuukko Oy [viitattu 12.3.2011].

Laitinen, M. 2011b. *Raportti sejäjätteen murskauksen koetoiminnasta Kuopion jätekeskuksessa 1.3.2010-31.10.2010*. Jätekuukko Oy [viitattu 10.3.2011].

Nissinen, J. 2008. *Jätteen määrän vähentäminen – lainsäädäntö ja todellisuus* [verkkopublication]. Suomen luonnonsuojeluliitto [viitattu 1.4.2011]. Saatavissa: <http://luontoliitto.fi/hlp/jate/Esitys170108-JouniNissinen.pdf>

Ripaoja, M. Ekovoimalaitos tarjolla Varkauteen tai Kiteelle. *Savon Sanomat* 1.3.2011 [viitattu 30.3.2011].

Saarinen, E. 2008. Kierrätyspolttoaineiden standardi valmistumassa. *Uusiouutiset* 2.2008 [viitattu 8.2.2011].

Saarinen, E. 2011. Pian palaa yli miljoona jätetonna. *Uusiouutiset* 1.2011 [viitattu 28.2.2011].

SFS 5875:2000. *Jätteen jalostaminen kiinteäksi polttoaineeksi. Laadunvalvontajärjestelmä*. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. Suomen Standardisoimisliitto. Kierrätyspolttoaineiden standardisointi etenee. [viitattu 8.2.2011]. Saatavissa: <http://www.sfs.fi/ajankohtaista/tiedotteet/20070412161808.html>

Suomen Standardisoimisliitto. 2010. Kierrätyspolttoaineet esillä seminaarissa Helsingissä. [viitattu 8.2.2011]. Saatavissa: <http://www.sfs.fi/ajankohtaista/tiedotteet/20100601tc343.html>

Tekninen spesifikaatio CEN/TS 15359:2006. *Kiinteät kierrätyspolttoaineet. Vaatimukset ja luokat*. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

Valtioneuvoston asetus *jätteen polttamisesta* A 15.5.362/2003. Finlex. Lainsäädäntö [viitattu 14.2.2011]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2003/20030362>

Vesanto, P. 2006. *Jätteenpolton parhaan käytettävissä olevan tekniikan (BAT) vertailuasiakirjan käyttö suomalaisessa toimintaympäristössä* [verkkojulkaisu]. Suomen ympäristökeskus [7.2.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=54918&lan=FI>

Vesanto, P., Hiltunen, M., Moilanen, A., Kaartinen, T., Laine-Ylioja, J., Sipilä, K. & Wilen, C. 2007. *Kierrätyspolttoaineden ominaisuudet ja käyttö, selvitys kierrätyspolttoaineiden laatuominaisuuksista ja soveltuvuudesta leijupoltoon* [verkkojulkaisu]. VTT ympäristökeskus [7.2.2011]. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2416.pdf>

Vimelco Oy www-sivu [viitattu 11.4.2011]. Saatavissa: <http://www.vimelco.com/>

Ympäristönsuojelulaki L 4.2.2000/86. Finlex. Lainsäädäntö [viitattu 16.2.2011]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2000/20000086>.

Ympäristöministeriö. Valtakunnallinen jätesuunnitelma. 2009. [viitattu 1.4.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=273599&lan=fi&clan=fi>

Ympäristöministeriö. Jätepolitiikka Suomessa ja EU:ssa. 2010. [viitattu 1.4.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=608&lan=fi>

Ympäristöministeriö. Jätealan lainsäädännön kokonaisuudistus. 2011. [viitattu 18.2.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=379277&lan=FI>

Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto 2008. *Kohti kierrätysyhteiskuntaa, Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2016* [verkkajulkaisu]. Ympäristöministeriö [viitattu 1.4.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=91466&lan=fi>

Kuvien ja taulukoiden käyttöluvan ovat myöntäneet Jätelaitosyhdistys ry, VTT, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, Uusiouutiset -lehti ja Suomen ympäristökeskus SYKE sekä Jätekukko Oy.

www.savonia.fi

