SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN
RAPORTTEJA 15 | 2006

Jätteen rinnakkaispolton rooli ja rajaehdot Suomen jätestrategiassa

Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2016
Taustaselvitys Osa I

Joni Koskinen

Suomen ympäristökeskus

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN
RAPORTTEJA 15 | 2006

Jätteen rinnakkaispolton rooli ja rajaehdot Suomen jätestrategiassa

Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2016
Taustaselvitys Osa I

Joni Koskinen

Helsinki 2006

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUS

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN RAPORTTEJA 15 | 2006
Suomen ympäristökeskus
Asiantuntijapalveluosasto

Taitto: Pirjo Lehtovaara

Julkaisu on saatavana myös internetistä:
www.ymparisto.fi/julkaisut

Edita Prima Oy, Helsinki 2006

ISBN 952-11-2433-4 (nid.)
ISBN 952-11-2434-2 (PDF)
ISSN 1796-1718 (pain.)
ISSN 1796-1726 (verkkoj.)

ALKUSANAT

Vuoteen 2016 ulottuvan valtakunnallisen jätesuunnitelman (VALTSU) valmistelusta vastaa Suomen ympäristökeskuksessa (SYKE) toimiva työryhmän sihteeristö. Sihteeristön tehtäviin on kuulunut mm. jätehuollon vaihtoehtoisten skenaarioiden hahmottelu ja vaikutusten arviointi. Osana jätteen polton vaihtoehtoisten strategioiden arviointia SYKE antoi tekn.yo. Joni Koskiselle Lappeenrannan TKK:sta tehtäväksi tutkia opinnäytetyönä jätteen ns. rinnakkaispolton esteitä ja potentiaalia Suomen jätehuollossa.

Tavoitteena oli mm. selvittää, onko EU:n jätteenpolttodirektiivin soveltaminen todellinen este rinnakkaispolton jatkamiselle Suomessa, kuinka paljon olemassa olevat leijukerroskattilat voisivat käyttää yhdyskuntajätteestä tuotettua polttoainetta ja mikä on rinnakkaispolton taloudellinen kannattavuus.

Joni Koskisen diplomityö tuotti erittäin hyödyllistä tietoa valtakunnallisen jätesuunnitelman valmistelua varten. Työn julkaisemisella Suomen ympäristökeskuksen sarjassa SYKE haluaa edistää sen tulosten leviämistä mm. jätehuollon ja energiahuollon suunnittelijoiden ja päätöksentekijöiden käyttöön. Jätteen rinnakkaispoltolla voi olla merkittävä rooli jätteistä kaatopaikoilla aiheutuvien kasvihuonekaasujen vähentämisessä.

Kiitämme Joni Koskista hänen antaumuksellisesta työstään. Työn ohjaukseen ovat Lappeenrannan TKK:sta osallistuneet professori Esa Marttila ja laboratorioinsinööri Simo Hammo. SYKEssä työn ohjaukseen ovat osallistuneet mm. yli-insinööri Markku Kukkamäki, erikoissuunnittelija Raimo Lilja ja tutkimusinsinööri Antti Tohka.

Helsingissä 19. syyskuuta 2006

Markku Kukkamäki

Raimo Lilja

Suomen ympäristökeskus, asiantuntijaosasto, jäteryhmä

SISÄLLYS

1 Johdanto ... 7

1.1 **Työn tavoitteet** ... 7

1.2 **Työn rajaukset** ... 8

1.3 **Tutkimusaiheet ja menetelmät** ... 8

2 Taustaa tutkimukselle ... 9

2.1 **Jätteen rinnakkaispolton tilanne Suomessa** ... 9

2.2 **Jätteen energiahyötykäyttöä ohjaavat tekijät** ... 9

2.2.1 Kaatopaikkadirektiivi ... 10
2.2.2 Biojätestrategia ... 10
2.2.3 Jäteverolaki ... 10
2.2.4 Jätteenpolttodirektiivi ... 10
2.2.4.1 *Rajoitukset päästöille ilmaan* ... 11
2.2.4.2 *Rajoitukset päästöille veteen* ... 12
2.2.4.3 *Mittausvaatimukset* ... 12
2.2.4.4 *Päästömittaustulosten muuntaminen* ... 13
2.2.4.5 *Mittaustulosten vertailu raja-arvoihin* ... 14
2.2.4.6 *Raportointi* ... 14
2.2.5 LCP – direktiivi ... 14
2.2.6 Valtakunnallinen jätesuunnitelma ... 15

3 Savukaasun ominaisuudet jätteen rinnakkaispoltossa ... 17

3.1 **Savukaasun muodostus** ... 17

3.2 **Savukaasun koostumus** ... 19

3.3 **Polttosuhteen vaikutus päästöjen muodostumiseen** ... 20

4 Päästöraja-arvojen määrittely rinnakkaispoltossa ... 22

4.1 **Polttosuhteen vaikutus päästöraja-arvoihin** ... 23

4.2 **Raja-arvojen tulkinta** ... 26

5 Jätteen rinnakkaispoltosta aiheutuvat riskit ... 28

5.1 **Tekniset ja toiminnalliset riskit** ... 28

5.1.1 Korroosio ... 28
5.1.2 Eroosio ... 30
5.1.3 Ehkäisytoimet ja kustannukset ... 30

5.2 **Terveys- ja ympäristöriskit** ... 30

6 Jätteenpolttodirektiivin aiheuttamat muutokset rinnakkaispolttolaitoksissa ... 32

6.1 **Jatkuvatoimiset päästömittaukset** ... 32

6.2 **Yksittäismittaukset** ... 32

6.3 **Vertailu- ja laadunvalvontamittaukset** ... 33

6.3.1 QAL 1 - Mittalaitteen soveltuvuus mittauskohteeseen ... 33
6.3.2 QAL 2- Asennuksen laadunvarmennus ... 33

6.3.3 QAL 3 – Jatkuva käytönaikainen laadunvarmennus 34
6.3.4 AST – Vuosittainen valvonta 34
6.4 **Mittauksista aiheutuvat kustannukset** 34
6.5 **Savukaasun puhdistus** 37
6.5.1 Savukaasujen puhdistusjärjestelmä 38
6.5.2 Savukaasujen puhdistuksesta aiheutuvat kustannukset 41
6.6 **Muut muutokset ja niiden kustannukset** 42
7 Tuhkan jätehuolto jätteen rinnakkaispoltossa 43
7.1 **Tuhkien haitta-aineet** 43
7.2 **Tuhkan käsittely** 45
7.2.1 Varastointi 45
7.2.2 Pesu 46
7.2.3 Kiinteytys- ja stabilointitekniikat 46
7.2.4 Terminen käsittely 46
7.3 **Hyötykäyttömahdollisuudet** 47
7.4 **Aiheutuvat kustannukset** 47
8 Jätteen rinnakkaispolton aiheuttamat lisäkustannukset laitoksilla 48
8.1 **Erilaisia tukimenetelmiä** 48
8.2 **Kustannustarkastelua** 49
9 Tulevaisuuden visio 54
9.1 **Jätteen rinnakkaispolton rooli alueellisesti** 54
9.1.1 Kainuun tapaus 56
9.1.2 Pohjois-Pohjanmaan tapaus 58
9.1.2.1 *Skenaario 1* 58
9.1.2.2 *Skenaario 2* 59
9.1.2.3 *Skenaario 3* 60
9.2 **Rinnakkaispolton rooli valtakunnallisesti** 60
10 Kauttuan voimalaitoksen tarkastelu 63
10.1 **Käytetyt polttoaineet** 64
10.2 **Jätepolttoaineen toimitus** 64
10.3 **Polttoaineen käsittely** 65
10.4 **Palaminen** 65
10.5 **Päästörajat** 66
10.6 **Päästöt ja niiden vähennyskeinot** 66
10.6.1 Savukaasun puhdistusjärjestelmä 67
10.7 **Kauttuan laitoksen mittaukset** 67
10.7.1 Jatkuvatoimiset mittaukset 68
10.7.2 Määräaikaiset ja vertailu mittaukset 68
10.8 **Jätteenpoltosta aiheutuvat ongelmat** 69

10.9 **Tuhkan jätehuolto** 69

10.10 **Toiminnan kannattavuus** 69

11 Johtopäätökset 71

Lähdeluettelo 75

Liitteet:

1. Jätteenpolttoasetuksen rinnakkaispolttoa koskevien päästörajojen taulukot 76

2. Kauttuan voimalaitoksen päästörajojen määräytyminen HCl:lle 79

Kuvailulehdet 80

1 Johdanto

Jätehuollon rakenne on muuttunut ja on edelleen muuttumassa oleellisesti lähitulevaisuudessa Suomessa. Syynä tähän on EU:n uudet direktiivit ja niiden täytäntöön pano, jolla pyritään yhtenäistämään EU:n jätepolitiikkaa. EU:n jätehierarkian ensisijainen tavoite on jätteen synnyn ehkäisy, seuraavana jätteiden hyödyntäminen joko materiaalina tai energiana ja viimeisenä jätteiden turvallinen loppusijoittaminen.

Suomessa on ollut huonoja kokemuksia vanhoista jätteenpolttolaitoksista 1960 – luvulla, mikä vieläkin vaikuttaa jätteenpolttolaitoksiin ja jätteen polttoon kohdistuviin asenteisiin. Kaatopaikkamaksut ovat Suomessa olleet useimmilla paikkakunnilla edullisia ja tästä syystä jätteenpolttoa ei suurissa laitoksissa Suomessa harrasteta /1/. Sen sijaan ominaista suomalaisessa jätteenpoltossa on ollut jätteestä valmistetun polttoaineen rinnakkaispoltto pääpolttoaineen kanssa. Pääsyynä tähän on ollut metsäsektorin keskeinen asema Suomen teollisuudessa. Metsäteollisuuden omien jätteiden poltto on yleistä ja lähes 15 prosenttia Suomen primäärienergiasta tuotetaankin metsäteollisuuden jätteillä /2/. Metsäteollisuuden kattilat tarjoavat hyvän mahdollisuuden myös kaupan- ja teollisuuden- sekä yhdyskuntajätteistä valmistetun kierrätyspolttoaineen rinnakkaispolttoon, ja niissä onkin poltettu jätteitä vaihtelevia määriä /1/.

Kierrätyspolttoaineiden rinnakkaispoltto on ollut tehokas tapa hyödyntää hyvälaatuisen jätteen energiasisältöä sähköntuotannossa. Polttoon hyväksytään vain hyvistä ja puhtaista raaka-aineista valmistettuja polttoaineita, jonka takia myös polton päästöt pysyvät kurissa. Lisäksi Suomen jätteiden lajittelujärjestelmä on monipuolinen ja toimiva ja tarjoaa hyvät mahdollisuudet hyvälaatuisen kierrätyspolttoaineen valmistukseen. Kuitenkin uusien EU:n direktiivien voimaantulo saattaa heikentää rinnakkaispolton kannattavuutta.

1.1 Työn tavoitteet

Tämän työn tarkoituksena on selvittää jätteen rinnakkaispolton mahdollisuuksia Suomen jätestrategiassa uusien EU:n direktiivien voimaantulon jälkeen. Työ tehdään SYKE:lle osana uuden valtakunnallisen jätesuunnitelman valmistusta ja työstä saatavia tuloksia on tarkoitus käyttää valtakunnallisen jätesuunnitelman ohjauskeinoja pohdittaessa. Tarkoitus on selvittää rinnakkaispolton nykytilanne ja kehityssuunnat ja arvioida rinnakkaispolton kannattavuutta tulevaisuudessa. Tavoitteena on saada realistinen kuva rinnakkaispolton kannattavuudesta erilaisten laskujen, haastattelujen ja kirjallisuuden avulla. Kannattavuuden arviointi on tarkoitus tehdä teknisten ja taloudellisten rajaehtojen määrittämisen avulla. Työssä on tarkoitus myös selvittää olemassa olevien leijukerroskattiloiden potentiaali jätteen rinnakkaispoltossa ja millä kustannuksilla ja muutoksilla tämä kapasiteetti olisi mahdollista ottaa käyttöön.

1.2

Työn rajaukset

Työn rajaus on tehty siten, että rinnakkaispolttoa tarkastellaan ainoastaan leijutekniikan osalta ja laitoskooltaan pääasiassa yli 50 MW:n laitoksia. Leijutekniikalla tässä tarkoitetaan leijupeti- ja kiertopetikattiloiden käyttöä. Jätteen kaasutus ja tuotekaasun poltto on jätetty tarkastelualueen ulkopuolelle, koska olemassa oleva kaasutuspotentiaali on vielä hyvin pieni Suomessa ja ala on vasta kehitysasteella. Kaasutuksen tulevaisuus riippuu myös paljon uusien lakisäädösten muutoksesta. Samoin arinapoltto on jätetty tarkastusalueen ulkopuolelle sen soveltuessa paremmin suurimuotoiseen massapolttoon. Arinatekniikalla palaminen on epätehokkaampaa kuin leijutekniikalla ja palamisen hyötysuhde jää tästä syystä alhaiseksi. Leijutekniikka on siitäkin mielekäs tarkastelukohde, koska laitoksia ja tietotaitoa on jo olemassa.

Laskelmat tehdään kirjallisen tiedon perusteella ja todellisia kokeita ei työn aikana tehdä. Kierrätyspolttoaineen oletetaan korvaavan ainoastaan jyrsinturvetta kaikissa tapauksissa. Työssä on keskitytty lähinnä yhdyskuntajätteen tarkasteluun.

1.3

Tutkimusaiheet ja menetelmät

Työtä varten tietolähteitä pyritään hankkimaan mahdollisimman monipuolisesti. Lähdemateriaalina käytetään tutkimusraportteja, tilastoja, julkaisuja, artikkeleita ja kirjoja. Lisäksi asiantuntijahaastatteluilla pyritään saamaan erilaisia näkökulmia esille tarkasteltavista asioista. Haastattelut tehdään tapaamisten, sähköpostin ja puhelimen avulla. Kirjallisuuden perusteella tehdään optimointilasku parhaalle mahdolliselle jätteen ja jyrsinturpeen polttosuhteelle huomioiden sekä tekniset että taloudelliset näkökohdat. Lisäksi tehdään laskelma päästöraja-arvojen määräytymisestä rinnakkaispolttolaitokselle polttosuhteen funktiona.

Työssä on tapaustarkasteluna keskitytty Kauttuan voimalaitokseen ja sen tekemiin muutoksiin ja niistä aiheutuviin kustannuksiin.

2 Taustaa tutkimukselle

2.1

Jätteen rinnakkaispolton tilanne Suomessa

Suomen jätteenpolttoa ohjaili vuoteen 2002 asetus jätteenpoltosta 626/1994, joka astui voimaan 1.8.1994. Tässä säädettiin tiukat päästörajoitukset ja mittausvelvoitteet jätteenpoltolle. Huomattavaa kuitenkin oli, että asetus ei koskenut laitoksia jotka polttivat yhdyskuntajätettä enintään 30 prosenttia kattilaan syötetystä energiasta /3/. Näin ollen jätteen rinnakkaispoltto jäi kokonaan tämän asetuksen ulkopuolelle ja tiukat velvoitteet eivät koskeneet rinnakkaispolttolaitoksia. Suomen jätteenpolton rakenne eroaakin runsaasti muusta Euroopasta, koska käytössä on vain yksi jätteen massapolttolaitos, joka sijaitsee Turussa. Sen sijaan jätteen rinnakkaispolttolaitoksia oli Suomessa ennen jätteenpolttoasetuksen voimaan tuloa noin 40 /4/. Pienimmissä laitoksissa jätettä poltettiin vain muutamia tonneja vuodessa, mutta niiden merkitys alueellisessa jätehuollossa on silti ollut merkittävä. Suuremmissa laitoksissa, jotka on tarkoitettu sähkön ja lämmön yhteistuotantoon, käytetään pääasiassa leijutekniikkaa ja pienemmissä lämpökattiloissa leiju- ja arinatekniikkaa.

Suomen tavoite vuoteen 2005 mennessä oli yhdyskuntajätteen hyötykäytön nosto 70 %:iin. Ympäristöviranomaiset ovat arvioineet, että yhdyskuntajätteille tavoitellun 70 %:n hyötykäyttöasteen saavuttaminen tulee edellyttämään noin 1 milj.t/a:n hyötykäyttöä ja kun biologisesti hajoavan jätteen kaatopaikkakielto tulee voimaan, jätteiden hyötykäyttökapasiteetin tarve tulee olemaan 1,2–1,5 milj.t/a /5/. Jotta asetettuihin tavoitteisiin olisi mahdollista päästä, tulisi yhdyskuntajätteitä käyttää energiana noin 0,6 milj. t/a EU:n jätteenpolttodirektiivin vaatimukset täyttävissä laitoksissa /6/. Vertauksena tälle Suomessa poltettiin vuonna 2004 yhdyskuntajätettä 236 000 tonnia, josta noin 50 000 tonnia poltettiin massapolttona /7/. Hyötykäyttöasteen tavoitteeseen päästäkseen Suomen pitää lisätä polttokapasiteettia siis merkittävästi ja lisäksi näiden laitosten tulee täyttää jätteenpolton asetuksen määräykset.

Vuoden 2006 alussa kierrätyspolttoaineita poltettiin Suomessa pääpolttoaineen rinnalla noin 450 000 tonnin vuosivauhdilla /1/. Suurimmat jätteenpolton kapasiteetit oli Kauttualla 70 000 t/a, Raumalla 50 000 t/a, Anjalankoskella 50 000 t/a ja Myllykoskella 25 000 t/a /8/. Näissä laitoksissa poltetaan ainoastaan teollisuuden ja kaupan jätteitä eikä yhdyskuntajäteperäistä polttoainetta polteta.

2.2

Jätteen energiahyötykäyttöä ohjaavat tekijät

Tässä luvussa käydään läpi jätteen energiahyötykäyttöä ohjaavat päätekijät. Näistä jätteenpolttodirektiivi ja LCP – direktiivi on käsitelty hieman yksityiskohtaisemmin,

koska niiden katsottiin olevan kaikkein merkityksellisimpiä juuri tämän työn kannalta.

2.2.1
Kaatopaikkadirektiivi

Kaatopaikkadirektiivi astui voimaan 1999. Suomessa direktiivin määräykset on saatettu voimaan asetuksilla 861/97 ja 1049/99. EU:n kaatopaikkadirektiivi on suurin yksittäinen tekijä jätehuollon murrokseen. Direktiivin mukaan kaatopaikkasijoitusta tulee vähentää portaittain vuoden 1995 tasosta 75 %:iin vuoteen 2006 mennessä, 50 %:iin 2009 mennessä ja 35 %:iin vuoteen 2016 mennessä. Kaatopaikoille ei saa sijoittaa esikäsittelemätöntä jätettä vuoden 2002 alusta alkaen. Nämä seikat luovat paineita jätteen energiakäyttöön, koska asetettuihin tavoitteisiin ei tulla pääsemään ainoastaan jätteen synnyn ehkäisyllä /6/.

2.2.2
Biojätestrategia

Kaatopaikkadirektiivissä edellytetään jäsenvaltioita laatimaan strategia biohajoavan jätteen kaatopaikkakäsittelyn vähentämiseksi. Strategiassa on tarkasteltava kaikkia biohajoavia jätteitä, mutta siinä on erityisesti kiinnitettävä huomiota yhdyskuntajätteen biohajoavan osan määrän vähentämiseen.

2.2.3
Jäteverolaki

Suomessa astui voimaan jäteverolaki (495/1996) syyskuussa 1996. Jätevero on valtiolle maksettava vero ja se peritään kaikista yleisille kaatopaikoille sijoitettavista jätteistä. Vero peritään kaatopaikan käsittelymaksun perinnän yhteydessä. Jäteveron tavoitteena on ohjata jätteen synnyn ehkäisyyn ja toisaalta ohjata jätteet hyötykäyttöön kaatopaikkasijoittamisen sijasta /9/. Jäteverolain piiriin kuuluu ainoastaan jätteiden toimitus yleisille kaatopaikoille. Verottomia jätejakeita ovat 1) saastunut maa-aines, joka voidaan sijoittaa kaatopaikalle, 2) keräyspaperin puhdistuksesta syntynyt siistausjäte, 3) voimalaitoksen rikinpoistojäte ja lentotuhka ja 4) jäte, joka hyödynnetään kaatopaikalla tärkeissä rakenteissa /10/. Polttoon menevästä jätteestä ei peritä veroa, mutta tuhkista, joita ei voida hyötykäyttää, peritään jätevero. Jätevero on suuruudeltaan tällä hetkellä 30 €/t /9/.

2.2.4
Jätteenpolttodirektiivi

Jätteenpolttodirektiivin määräykset asetettiin Suomessa voimaan valtioneuvoston asetuksella jätteenpoltosta 362/2003, joka astui voimaan 1.6.2003. Uusia laitoksia asetus koskee heti ja vanhoja laitoksia asetus koskee 29.12.2005 lähtien /11/. Asetusta jätteenpoltosta sovelletaan poltto- tai rinnakkaispolttolaitokseen, jossa poltetaan kiinteää tai nestemäistä jätelaissa (1072/1993) tarkoitettua jätettä. Asetusta ei kuitenkaan sovelleta poltto- tai rinnakkaispolttolaitokseen joissa poltetaan ainoastaan maa- ja metsätalouden kasviperäistä jätettä, elintarviketeollisuuden kasviperäistä jätettä, ensiömassan tuotannon tai massasta valmistettavan paperin tuotannon yhteydessä syntyvää kuituainetta sisältävää kasviperäistä jätettä, puhdasta puujätettä, korkkijätettä, radioaktiivista jätettä, eläinten ruhoja ja offshore-laitoksilla tapahtuvasta öljyn ja kaasun etsimisestä ja hyödyntämisestä syntyvää jätettä /11/.

Kaikissa tapauksissa jätteet tulee kuitenkin hyödyntää syntypaikalla lukuun ottamatta puhdasta puujätettä, korkkijätettä ja radioaktiivista jätettä, ja saatava lämpö on aina käytettävä hyödyksi. Lisäksi koelaitokseen, jota käytetään tutkimukseen ja testaukseen polttoprosessin kehittämiseksi ja jossa poltetaan jätettä alle 50 tonnia vuodessa, ei asetusta sovelleta /11/.

Huomattavaa on siis, että vaikka jätettä poltettaisiin 1 % kattilaan syötettävästä energiasta pääpolttoaineen rinnalla, jätteenpolttoasetusta tulee soveltaa laitokseen. Mikäli rinnakkaispolttolaitos polttaa täysin esikäsittelemätöntä yhdyskuntajätettä pääpolttoaineen rinnalla, tällöin sen täytyy soveltaa tiukempia pelkästään jätteenpolttoon asetettuja päästörajoja. Asetus herättää myös epäselvyyksiä tiettyjen jakeiden soveltamisesta. Jätteen kaasutus ja tuotekaasun polton lukeminen asetuksen piiriin on vielä hieman epäselvää ja tähän on tulossa jo syksyllä 2006 uudistuksia /8/. Asetukseen on tulossa lisäyksiä ja tarkennuksia myös eläinrasvan ja puhtaan puun osalta /12/.

Poltto-olosuhteiden vaatimuksissa edellytetään, että lämpötila on nostettava 850 celsiukseen ainakin kahdeksi sekunniksi. Jätteenpolttoasetuksessa kuitenkin mainitaan, että jos rinnakkaispolttolaitoksessa poltetaan vain tiettyihin jätejakeisiin kuuluvia jätteitä ja käytetään vain tiettyä lämpökäsittelyprosessia, voidaan ympäristöluvassa määrätä alemmistakin lämpötiloista. Päästörajoituksia määrätään päästöille ilmaan ja vesiin. Lisäksi tuhkien laatua tulee tarkkailla yksittäisin mittauksin /11/.

2.2.4.1
Rajoitukset päästöille ilmaan

Päästörajoitukset jätteenpolttolaitoksille on esitetty tämän työn liitteen I taulukossa 1. Taulukossa esitetyt päästöjen raja-arvot pätevät rinnakkaispolttolaitoksille vain silloin, jos niissä poltetaan esikäsittelemätöntä yhdyskuntajätettä. Muissa tapauksissa rinnakkaispolttolaitoksen päästöjen vuorokausikeskiarvon raja-arvojen laskemiseen sovelletaan jätteenpolttoasetuksen liitteen II kaavaa.

$$C = \frac{V_{jäte} \times C_{jäte} + V_{prosessi} \times C_{prosessi}}{V_{jäte} + V_{prosessi}} \qquad (1)$$

missä:

on pelkästään jätteen poltosta syntyvän savukaasun volyymi, joka määritetään sen jätteen perusteella, jonka luvassa määritetty lämpöarvo on pienin muunnettuna happipitoisuuteen 11 %;

$C_{jäte}$ = jätteenpolttoasetuksen liitteestä V ja tämän työn liitteen I taulukosta 1 luettava raja-arvo kullekin päästölle;

$V_{prosessi}$ = laitosprosessissa syntyvän savukaasun volyymi poltettaessa tavanomaisia polttoaineita muunnettuna happipitoisuuteen 6 % kiinteiden polttoaineiden ja biomassa kohdalla ja happipitoisuuteen 3 % nestemäisten polttoaineiden kohdalla;

$C_{prosessi}$ = jätteenpolttoasetuksen liitteen II kohdassa 3 ja tämän työn liitteessä 1 taulukoissa 2, 3 ja 4 esitettyjen päästöjen raja-arvot rikkidioksidille, typen oksideille ja hiukkasille. Muissa tapauksissa käytetään luvassa asetettuja päästöjen raja-arvoja;

C = kokonaispäästön raja-arvo joka tulee muuntaa happipitoisuuteen 6 % tämän työn kaavalla 2.

2.2.4.2
Rajoitukset päästöille veteen

Kuten edellä todettiin, jätteenpolttoasetus määrää päästörajat myös savukaasun puhdistuksessa syntyville jätevesille. Raja-arvot jätevesien päästöille on esitetty jätteenpolttoasetuksen liitteessä IV ja tämän työn liitteen I taulukossa 7.

2.2.4.3
Mittausvaatimukset

Ennen kuin ympäristölupa voidaan myöntää, on varmistauduttava siitä, että lupahakemuksessa esitetyt ilmaan johdettavien päästöjen mittaamiseen ehdotetut mittausmenetelmät ovat jätteenpolttoasetuksen 362/2003 liitteen III mukaiset. Jatkuvatoimiset mittaukset on suoritettava poltto- ja rinnakkaispolttolaitoksilla SO_2:sta, NO_x:sta, hiukkasista, TOC:sta, CO:sta, HCl:sta ja HF:sta. Ilman epäpuhtauksien pitoisuuksien määrittämiseksi tehtyjen mittausten tulee olla edustavia ja kaikki mittaukset on tehtävä CEN -standardien mukaisesti tai mikäli niitä ei ole saatavilla, käytetään sellaisia ISO – standardeja, kansallisia standardeja tai kansainvälisiä standardeja, jotka varmistavat vastaavaa tieteellistä tasoa olevat tiedot. Lisäksi asetuksen liitteessä III on esitetty vuorokausikeskiarvoja koskevien yksittäisten mittausten tulosten 95 prosentin luottamusväli eri epäpuhtauksille, jotka ovat nähtävissä seuraavasta taulukosta 1 /11/.

Taulukko 1.
Mittausten luottamusvälit /11/.

Epäpuhtaus	95 % luottamusväli (%)
CO	10
SO_2	20
NO_2	20
Hiukkaset	30
TOC	30
HCl	40
HF	40

Asetuksen 362/2003 liitteessä III mainitaan, että poltto- tai rinnakkaispolttolaitokseen on asennettava sellaiset mittauslaitteistot ja käytettävä sellaisia menetelmiä, joilla voidaan seurata laitoksen polttoprosessin kannalta merkityksellisiä muuttujia, olosuhteita ja päästöjä. Tällä tarkoitetaan uunin sisäseinämän läheisyydestä tai muusta palamiskammion edustavasta kohdasta mitattua lämpötilaa, savukaasun happipitoisuutta, painetta, lämpötilaa ja vesihöyrysisältöä. Valvontaviranomaisen on varmistettava, että ilmaan ja veteen johdettavien päästöjen seurantaan käytettävä automaattinen laitteisto on asianmukaisesti asennettu. Valvontaviranomaisen on lisäksi varmistettava että laitteisto toimii ja että laitteistolle tehdään tarkastustestit kerran vuodessa. Kalibrointi on tehtävä rinnakkaismittauksilla viitemenetelmin ainakin kerran kolmessa vuodessa /11/.

Jatkuvien mittausten lisäksi yksittäiset mittaukset on suoritettava määrätyllä tavalla. Mittaukset on tehtävä vähintään kahdesti vuodessa raskasmetalleista, dioksiineista ja furaaneista, kuitenkin siten, että poltto- tai rinnakkaispolttolaitoksen ensimmäisen 12 käyttökuukauden aikana on mittaukset tehtävä vähintään joka kolmas kuukausi. Lisäksi savukaasujen viipymäaika, vähimmäislämpötila ja happipitoisuus on todennettava asianmukaisesti vähintään kerran poltto- tai rinnakkaispolttolaitoksen käyttöönoton aikana ja epäedullisimmiksi ennakoiduissa käyttöolosuhteissa.

Päästömittauksiin on olemassa kuitenkin seuraavassa lueteltuja erityissääntöjä ja helpotuksia eri tilanteissa, jotka on määrättävä erikseen ympäristöluvassa.

1) Fluorivedyn (HF) jatkuvat mittaukset voidaan jättää pois mikäli suolahapon (HCl) käsittelyssä on vaiheita, joilla varmistetaan, ettei suolahapon päästöjen raja-arvo ylity ja fluorivedyn päästöistä tehdään muutoin määräaikaiset mittaukset samalla kun mittaukset tehdään dioksiineille, furaaneille ja raskasmetalleille.
2) Vesihöyrysisällön jatkuvia mittauksia ei tarvitse suorittaa, jos näytteeksi otettu savukaasu kuivataan ennen päästöjen analysointia.
3) Suolahapon (HCl), fluorivedyn (HF) ja rikkidioksidin (SO_2) jatkuvia mittauksia ei tarvitse suorittaa, jos toiminnanharjoittaja voi osoittaa, että mainittujen epäpuhtauksien päästöt eivät voi missään olosuhteissa ylittää asetettuja päästöjen raja-arvoja ja mainittujen epäpuhtauksien päästöistä tehdään muutoin määräaikaiset mittaukset samalla kun mittaukset tehdään dioksiineille, furaaneille ja raskasmetalleille.

Lisäksi määräaikaisten mittausvälien tiheyttä on ollut mahdollista harventaa raskasmetallien osalta yhteen kertaan kahdessa vuodessa ja dioksiinien ja furaanien osalta yhteen kertaan vuodessa.

Asetuksessa jätteenpoltolle 362/2003 on ilmaan johdettavien päästöjen lisäksi määrätty rinnakkaispolttolaitoksessa tehtävät mittaukset vesiin johdettavien epäpuhtauksien seuraamiseksi. Tämä tarkoittaa lähinnä savukaasujen käsittelyvesien seurantaa ja puhdistusta. Jätevedestä on mitattava ainakin:

1) jatkuvat mittaukset jäteveden happamuudesta, lämpötilasta ja virtauksesta
2) kiintoaineksen kokonaismäärän päivittäiset mittaukset pistokokeina tai ympäristöluvan määräyksen mukaisesti vuorokauden ajalta otetuista virtaukseen suhteutetuista edustavista näytteistä
3) vuorokauden päästöjä edustavan näytteen ainakin kuukausittaiset, virtaukseen suhteutetut mittaukset asetuksen 362/2003 liitteessä IV tarkoitetuista epäpuhtauksista 2-10, jotka on esitetty myös liitteen I taulukossa 7; ja
4) ainakin kerran puolessa vuodessa dioksiinien ja furaanien mittaukset, 12 ensimmäisen käyttökuukauden aikana kuitenkin ainakin kerran kolmessa kuukaudessa.

2.2.4.4

Päästömittaustulosten muuntaminen

Päästömittausten tulokset on muutettava tiettyihin olosuhteisiin vastaaviksi, jotta niitä voitaisiin verrata luotettavasti raja-arvoihin. Rinnakkaispolttolaitoksissa nämä olosuhteet ovat: lämpötila 273 K, paine 101,3 kPa ja happipitoisuus 6 prosenttia. Mikäli mittauksissa on eri happipitoisuus, saadaan tulos muunnettua seuraavalla kaavalla, joka on esitetty asetuksen 362/2003 liitteessä VI:

$$E_S = \frac{21 - O_S}{21 - O_M} E_M \qquad (2)$$

Missä E_S = laskettu päästöpitoisuus standardin mukaisessa happipitoisuudessa
E_M = mitattu päästöpitoisuus
O_S = standardin mukainen happipitoisuus
O_M = mitattu happipitoisuus

Jos jätteitä poltetaan poltto- tai rinnakkaispolttolaitoksessa hapetetussa ilmassa, mittaustulokset voidaan määrittää sen ympäristöluvassa määrätyn happipitoisuuden mukaan, jossa on otettu huomioon polttoprosessin erityisolosuhteet.

2.2.4.5

Mittaustulosten vertailu raja-arvoihin

Jätteen rinnakkaispolttolaitoksen ilmaan johdettavien päästöjen raja-arvot eivät ylity, jos:

1) yksikään vuorokausikeskiarvoista ei ylitä asetuksen liitteen II ja tämän työn kohdassa 2.2.4.1 tarkoitetuilla menettelyillä määritettyjä päästöjen raja-arvoja;
2) vuoden aikana mitatuista vuorokausikeskiarvoista 97 prosenttia ei ylitä 50 mg/m^3 pitoisuutta hiilimonoksidin osalta;
3) yksikään raskasmetallien sekä dioksiinien ja furaanien mittaustulos ei ylitä tämän työn liitteen I taulukoissa 5 ja 6 esitettyjä raja-arvoja;

Jotta vuorokausikeskiarvo olisi edustava, vuorokaudessa saa hylätä enintään viisi puolen tunnin keskiarvoa jatkuvissa mittauksissa käytettävän järjestelmän toimintahäiriön tai huollon vuoksi. Samasta syystä vuodessa saa hylätä enintään kymmenen vuorokausikeskiarvoa jatkuvissa mittauksissa.

Jätteen rinnakkaispolttolaitoksen veteen johdettavien päästöjen raja-arvot eivät ylity, jos:

1) kiintoaineksen kokonaismäärän mittaustuloksista 95 prosenttia ja 100 prosenttia eivät ylitä tämän työn liitteessä I taulukossa 7 mainittuja päästöjen raja-arvoja;
2) raskasmetallien mittaustuloksista enintään yksi vuodessa ylittää liitteen I taulukon 7 raja-arvot tai, jos ympäristöluvassa on määrätty useammasta kuin 20 näytteestä vuodessa, enintään 5 prosenttia kyseisistä näytteistä ylittää liitteen I taulukon 7 raja-arvot
3) dioksiinien ja furaanien kahdesti vuodessa tehtävien mittausten tulokset eivät ylitä liitteen I taulukon 7 raja-arvoja.

2.2.4.6

Raportointi

Tehdyistä mittauksista on luonnollisesti raportoitava lupaviranomaiselle säännöllisesti. Kaikki mittaustulokset on tallennettava, käsiteltävä ja esitettävä, jotta voidaan todeta, että vaatimuksia ja raja-arvoja noudatetaan. Asetus asettaa myös valvontaviranomaiselle velvollisuuden saattaa kaikki toiminnassa olevat poltto- ja rinnakkaispolttolaitokset yleisön saataville. Poltto- tai rinnakkaispolttolaitoksen toiminnanharjoittajan on vuosittain laadittava valvontaviranomaiselle selvitys laitoksen toiminnasta. Selvityksessä on selostettava ainakin prosessin toiminta sekä ilmaan ja veteen johdetut päästöt verrattuna tämän asetuksen mukaisiin päästöjen raja-arvoihin. Lisäksi yleisöllä on oikeus tutustua selvityksiin. Selvitykset on myös julkaistava sähköisesti.

2.2.5

LCP – direktiivi

Suurten voimalaitosten päästörajoituksia koskevan direktiivin perusteella tehty valtioneuvoston asetus 1017/2002 astui voimaan 9.12.2002. Asetusta sovelletaan vain energiantuotantoon tarkoitetuilla kiinteää, nestemäistä tai kaasumaista polttoainetta käyttäville yli 50 MW:n laitoksille. Asetusta ei kuitenkaan sovelleta laitoksille, jotka käyttävät tuottamaansa energiaa itse prosessissa tai jos kyse on savukaasujen puhdistukseen tarkoitetusta jälkipoltosta. Lisäksi mm. meesauunit ja soodakattilat, kemianteollisuuden reaktorit ja koksaamot kuuluvat asetuksen ulkopuolelle /13/.

Uusia laitoksia päästörajat koskevat välittömästi ja vanhojen laitosten päästörajat astuvat voimaan vuoden 2008 alussa /13/. Vanhojen laitosten päästöihin ei direktiivi

todennäköisesti tule aiheuttamaan paljon muutoksia koska sen voidaan katsoa olevan melko löysä vuoden 2008 jälkeenkin.

Suomen lainsäädännön luomat päästörajat ovat jo nyt tiukemmat kuin LCP- direktiivin vaatimat rajat vuoden 2008 alussa. Näin ollen direktiivi ei tule vaikuttamaan käytännössä vanhojen laitosten päästöihin. Vuoden 2015 alussa tulevat voimaan uudet rajat mutta niidenkään alitukseen tuskin on mitään ongelmia. Merkittävä ero päästöjen raja-arvoissa on, että ne on ilmoitettava pitoisuuksina savukaasuissa joten rikkidioksidin, typenoksidien ja hiukkasten päästöt eivät saa ylittää päästöraja-arvoja milligrammoina normaalikuutiometrissä (mg/m^3(n)) 6 %:in happipitoisuudessa poltettaessa kiinteitä polttoaineita. Päästöt lasketaan siis vuorokausikeskiarvojen mukaan eikä kokonaispäästöjen mukaan kuten ennen.

Päästöraja-arvoja katsotaan jatkuvissa mittauksissa noudatetun, jos kalenterivuoden yhdenkään kalenterikuukauden keskiarvo ei ylitä raja-arvoja ja jos rikkidioksidin ja hiukkasten kaikista 48 tunnin keskiarvoista 97 prosenttia ja typenoksidien kaikista 48 tunnin keskiarvoista 95 prosenttia ei ylitä 110 prosenttia raja-arvoista.

Koska tämän työn tarkastelussa on kysymyksessä rinnakkaispolttolaitos, jossa poltetaan sekaisin turvetta ja jätettä, on raja-arvot laskettava erikseen. Mikäli seospoltossa olisi useampi polttoaine jätteen lisäksi, muiden kuin jätteen osalta päästöraja-arvo määrätään eri polttoaineiden painotettujen päästöraja-arvojen summana. Painotetut päästöraja-arvot lasketaan siten, että kunkin polttoaineen antama teho kerrotaan vastaavalla päästöraja-arvolla ja näin saatu tulo jaetaan kaikkien käytettävien polttoaineiden antamien tehojen summalla.

Asetuksen (Vnp1017/2002) liitteessä 3 on esitetty mittausvaatimukset yli 100MW:n laitokselle. Ainakin typenoksidien, rikkidioksidin ja hiukkasten mittaukset savukaasuista on oltava jatkuvatoimiset lukuun ottamatta laitoksia, joissa käyttöikää on jäljellä enää 10 000 tuntia. Tämän tarkastelun puitteisiin kuuluvien laitosten polttoaineet velvoittavat liitteen 3 kaltaisiin toimiin. Toimet on otettava voimaan 27.11.2004 mennessä eli käytännössä siitä päivästä lähtien kaikissa tarkastelun yli 100MW:n tehon ylittävillä laitoksilla on ollut pakollinen jatkuvatoiminen mittaus edellä mainituille päästöille. Poistokaasujen happipitoisuutta, lämpötilaa, painetta ja vesihöyrypitoisuutta on mitattava myös jatkuvasti. Poistokaasujen vesihöyrypitoisuutta ei tarvitse kuitenkaan mitata jatkuvasti, jos poistokaasu kuivataan ennen päästöjen analysointia. Epäpuhtauksien ja prosessiin liittyvien muuttujien edustavat mittaukset, näytteiden otto ja analysointi sekä automaattisten mittausjärjestelmien kalibrointiin käytettävät vertailumittaukset on tehtävä CEN-standardien mukaisesti. Jos CEN-standardeja ei ole käytettävissä sovelletaan Iso-standardeja taikka kansallisia tai kansainvälisiä standardeja, joilla varmistetaan, että toimitettavat tiedot ovat laadullisesti yhtä tasokkaita /13/.

2.2.6
Valtakunnallinen jätesuunnitelma

EU:n jätepuitedirektiivi ja kansallinen jätelaki edellyttävät valtakunnallisen jätesuunnitelman laatimista. Valtakunnallinen jätesuunnitelma asettaa jätehuollon tavoitteet suunnitelmakaudelle ja ohjauskeinoja, joilla näihin tavoitteisiin voidaan päästä. Tavoitteena oli mm. yhdyskunnan, teollisuuden ja rakentamisen jätteiden hyötykäytön osuuden nosto sektoreittain 70 prosenttiin vuoteen 2005. Suurin ongelma-alue on yhdyskuntajätteen hyötykäyttö. Vuonna 2003 yhdyskuntajätettä syntyi Suomessa 2,3 miljoonaa tonnia, josta hyödynnettiin vain 38 prosenttia /14/. Alueellisesti hyödyntämisasteet voivat poiketa suurestikin toisistaan.

Uutta valtakunnallista jätesuunnitelmaa ollaan valmistelemassa ja se tulisi esittää ympäristöministeriölle 31.12.2006. Uuteen valtakunnalliseen jätesuunnitelman aiheita ovat muun muassa luonnonvarojen kestävä käyttö, kasvihuonekaasujen päästöjen

vähentäminen, haitallisten jätteiden synnyn ehkäisy kemikaalipolitiikalla, jätehuollon terveyshaittojen ehkäisy, jätepolitiikan kustannustehokkuuden parantaminen sekä jäteosaamisen ja teknologian kehittäminen /14/.

Valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa jätteen energiahyötykäyttö on yhtenä tärkeänä osana tarkastelua. On tärkeää selvittää Suomen kannalta oikeat ratkaisut jätteen energiakäyttöä suunniteltaessa ja edistää resurssien ohjaamista niihin ratkaisuihin. Taustaselvityksiä on tehtävä kattavasti, sillä tuleva suunnitelma toimii strategiana pitkälle aikavälille, joka jätehuollon ympäristöasioiden kannalta voi olla hyvinkin vaihteleva.

3 Savukaasun ominaisuudet jätteen rinnakkaispoltossa

Tässä kappaleessa tarkastellaan laskuesimerkin avulla savukaasujen ja päästöpitoisuuksien muodostusta. Kierrätyspolttoaineilla oletetaan kaikissa tapauksissa korvattavan jyrsinturvetta.

3.1

Savukaasun muodostus

Polttoainetta poltettaessa syntyvien savukaasujen ominaisuuksiin vaikuttaa erityisesti polttoaineen kemiallinen koostumus. Muodostuvan savukaasun koostumus voidaan määrittää teoreettisesti polttoaineen keskimääräisen kemiallisen koostumuksen, tuhkapitoisuuden ja kosteuden avulla. Tämän lisäksi savukaasun ominaisuuksiin vaikuttavat polttotapa ja pääpolttoaine.

Varsinkin yhdyskuntajätteestä valmistetun kierrätyspolttoaineen laadunvaihtelut voivat olla suuria ja tästä syystä kierrätyspolttoaineiden valmistusta varten on valmisteltu laadunvalvontajärjestelmä (SFS 5875 Jätteen jalostaminen kiinteäksi polttoaineeksi), joka valmistui vuonna 2000. Standardissa esitetään vaatimuksia jätepolttoaineen valmistajalle, kuljettajalle ja käyttäjälle laadun takaamiseksi. Standardissa esitetään myös kierrätyspolttoaineen laatuluokitus, joka on esitetty taulukossa 2.

Tärkeimmät parametrit kierrätyspolttoaineen eli REF:in osalta ovat kloori-, ja raskasmetallipitoisuudet, joiden mukaan REF on jaettu kolmeen eri luokkaan yllä olevan taulukon mukaisesti. Polttoaineena REF I on selkeästi parasta ominaisuuksiltaan ja REF III taas huonointa. Syntypistelajittelulla on suuri vaikutus kierrätyspolttoaineen ominaisuuksiin. Kuitenkin REF I-luokkainen polttoaine on aina peräisin teollisuuden ja kaupan jätejakeista, jotka usein sisältävät runsaasti hyvin palavaa muovia ja paperia. Sen sijaan syntypistelajitellusta yhdyskuntajätteestä saadaan valmistettua REF II ja REF III – luokkaista kierrätyspolttoainetta.

Taulukossa 3 on esitetty tarkasteltujen jätteistä valmistettujen kierrätyspolttoaineiden ja jyrsinturpeen ominaisuuksia. Ominaisuudet ovat VTT:n tiedotteesta ja Fortumin Kauttuan tehtaan polttoaineanalyyseistä ja kuvaavat polttoaineiden keskimääräisiä arvoja. VTT:n tutkimuksissa ei ilmoitettu fluoripitoisuutta kierrätyspolttoaineelle ja se onkin arvioitu Kauttuan tehtaan ilmoittamien kierrätyspolttoaineiden fluoripitoisuuksien mukaan. Polttoaineiden ominaisuuksia tarkasteltaessa on kuitenkin otettava huomioon, että polttoaineilla voi olla alueellisesti paljonkin ominaisuuseroja.

Taulukko 2.
Kierrätyspolttoaineiden laatuluokitus /15/.

Kohta	Ominaisuus	Yksikkö	Ilmoitus-tarkkuus	Laatuluokitus			Raja-arvon kohdis-tuminen
				I	II	II	
1	Klooripitoisuus kuiva-aineessa	m-%[2]	0,01	<0,15	<0,50	<1,50	[6]
2	Rikkipitoisuus kuiva-aineessa	m-%[2]	0,01	<0,20	<0,30	<0,50	[6]
3	Typpipitoisuus kuiva-aineessa	m-%[2]	0,01	<1,00	<1,50	<2,50	[6]
4	Kalium-ja natri-umpitoisuus kuiva-aineessa [1]	m-%[2]	0,01	<0,20	<0,40	<0,50	[6]
5	Alumiinipitoisuus kuiva-aineessa (metallinen)	m-%[2]	0,01	[3]	[4]	[5]	[6]
6	Elohopeapitoisuus kuiva-aineessa	mg/kg	0,1	<0,1	<0,2	<0,5	[6]
7	Kadmiumpitoisuus kuiva-aineessa	mg/kg	0,1	<4,0	<4,0	<5,0	[6]

[1] Yhteenlaskettu (K+Na) vesiliukoisen ja ionivaihtuvan osan pitoisuus kuiva-aineessa
[2] m- % tarkoittaa massan osuutta prosentteina
[3] Metallista alumiinia ei sallita, mutta se on hyväksyttävissä ilmoitustarkkuuden rajoissa
[4] Syntypaikkalajittelua ja polttoaineen valmistusprosessilla pyritään poistamaan metallinen alumiini
[5] Metallinen alumiinipitoisuus sovitaan erikseen
[6] Raja-arvo kohdistuu enintään 1000 m^3:n tai yhden kk:n aikana valmistettuun tai toimitettuun polttoainemäärään ja tulee verifioida vähintään vastaavalla tiheydellä.

Taulukko 3.
Kierrätyspolttoaineiden ja jyrsinturpeen keskimääräisiä ominaisuuksia /16/ /17/.

	REF I	REF III	Jyrsinturve
Lämpöarvo saapumistilassa	20,8 MJ/kg	14,6 MJ/kg	9,6 MJ/kg
aine	m -%	m -%	m -%
C	0,56	0,529	0,55
H	0,074	0,073	0,055
S	0,0016	0,0013	0,002
O	0,2952	0,2825	0,3226
Cl	0,0019	0,0071	0,02
F	0,002	0,005	0,0003
N	0,0063	0,0071	0,0001
tuhka	0,059	0,095	0,05
kosteus	0,091	0,285	0,47

Tässä työssä tehtävät laskutoimitukset lasketaan yllä olevien polttoaineiden ominaisuuksien mukaisesti. Laskuissa on oletettu kaiken polttoaineessa olevan aineksen kuten rikin, kloorin ja fluorin reagoivan jätteen ja pääpolttoaineen osalta. Näin ollen lopputulos on sama huolimatta siitä miten reaktiot ovat edenneet.

Stökiömetrisessä palamisessa, edellä mainitut oletukset mukaan lukien, laskelmien mukaan syntyvän kuivan savukaasun määrä on esitetty seuraavassa taulukossa 4.

Taulukko 4.
Muodostuvat kuivat savukaasumäärät eri polttoaineille stökiömetrisessä palamisessa.

Polttoaine	Savukaasun muodostus (m^3kuiva/kgpa)
Jyrsinturve	2,76585
REF I	5,244039
REF III	3,941214

3.2

Savukaasun koostumus

Kuten edellisessä kappaleessa todettiin, jätteenpolttodirektiivi edellyttää jatkuvatoimiset mittaukset päästöiltä SO_2, HCl, HF, hiukkaset, NO_x, TOC ja CO. Lisäksi yksittäisiä mittauksia vaaditaan raskasmetallipäästöiltä ja PCDD/F –päästöiltä. On siis tärkeää osata arvioida polttoaineen kemiallisen ominaisuuksien ja poltto-olosuhteiden perusteella karkeasti syntyvien päästöjen määrä. Teoreettisesti nämä voidaan määrittää SO_2:lle, HF:lle ja HCl:lle. Muiden komponenttien osalta on laskennallisesti hankalaa määritellä järkeviä arvoja savukaasussa. Voidaan kuitenkin todeta, että hiukkasten osuus savukaasuissa todennäköisesti kasvaa, mikäli korvaavan jätepolttoaineen laatu on huonompaa, koska polttoaineen tuhkapitoisuus on korkeampi verrattuna jyrsinturpeeseen. Tämä on myös nähtävissä taulukosta 3. Typenoksidien määrä savukaasuissa saattaa myös kasvaa jäteosuuden kasvaessa, koska palamisen täydellisyys voi esimerkiksi heikon murskauksen takia heiketä. Toisaalta leijupoltossa suurin osa typenoksideista muodostuu polttoaineen typestä ja taulukosta 3 voidaan nähdä, että jäteperäisien polttoaineiden keskimääräiset typpipitoisuudet ovat suuremmat kuin jyrsinturpeella. TOC:n ja CO:n pitoisuudet savukaasuissa indikoivat palamisen täydellisyyttä ja tästä syystä jäteosuuden kasvaessa myös näiden komponenttien osuuden kasvu savukaasuissa on mahdollista. Jätepolttoaineen hyvä murskaus ja ilmanvaiheistus palamistilassa vähentävät näiden komponenttien muodostumista. Varsinainen savukaasunpuhdistuslaitteisto asennetaan kuitenkin usein SO_2:n, HCl:n ja HF:n pitoisuuksien mukaan, joten tästä syystä on mielekästä tarkkailla juuri näiden komponenttien muutoksia savukaasussa jäteosuuden muuttuessa.

Taulukossa 5 on esitetty stökiömetrisessä palamisessa syntyvän savukaasun koostumus kun polttoainetta on poltettu 1 kg. Laskelmat on tehty olettaen, että kaikki polttoaineen rikki (S), kloori (Cl) ja fluori (F) on reagoinut rikkidioksidiksi (SO_2), suolahapoksi (HCl) ja vetyfluoridiksi (HF). Näin ei tietenkään todellisuudessa ole, vaan polttoprosessissa tapahtuu monimutkaisia muutoksia eikä palaminen ole koskaan täydellistä. Toisaalta stökiömetrisessä palamisessa saadut tulokset ovat suurempia kuin todelliset pitoisuudet ja niiden avulla mitoitus voidaan tehdä luotettavasti.

Turpeen pitoisuuksien osalta on käytetty Energiahallinnon julkaisua ”päästötietojen tuottamismenetelmät”, jossa annetaan turpeen poltossa seuraavat kertoimet eri savukaasun haitta-aineille /18/:

Suolahappo (HCl) 10 mg/MJ
Vetyfluoridille (HF) 3,2 mg/MJ

Päästökertoimet on muunnettu pitoisuuksiksi stökiömetrisessä palamisessa muodostuvan kuivan savukaasun määrän avulla. Savukaasulaskuissa voidaan olettaa

kaiken rikin reagoivan rikkidioksidiksi, joten tästä syystä voidaan käyttää turpeen polttoainepitoisuuden perusteella laskettua arvoa rikkidioksidille.

Taulukko 5.
Savukaasun koostumus stökiömetrisessä palamisessa eri polttoaineille.

	Päästö	SO_2	HCl	HF
turve	Pitoisuus mg/m^3	766	35	11
REF I	Pitoisuus mg/m^3	554	339	365
REF III	Pitoisuus mg/m^3	471	1325	955

Savukaasun pitoisuuksista nähdään, että kilogrammasta REF III -kierrätyspolttoainetta syntyy huomattava määrä enemmän suolahappoa (HCl) kuin esimerkiksi turpeesta. Samoin on vetyfluoridin (HF) kohdalla. Sen sijaan rikkidioksidin (SO_2) määrä savukaasuissa on selvästi pienempi poltettaessa kierrätyspolttoainetta. Tämä johtuu kierrätyspolttoaineiden pienemmästä rikkipitoisuudesta.

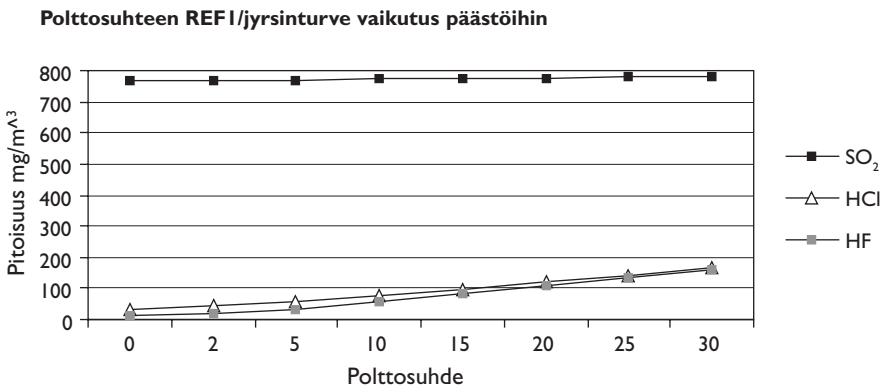
3.3

Polttosuhteen vaikutus päästöjen muodostumiseen

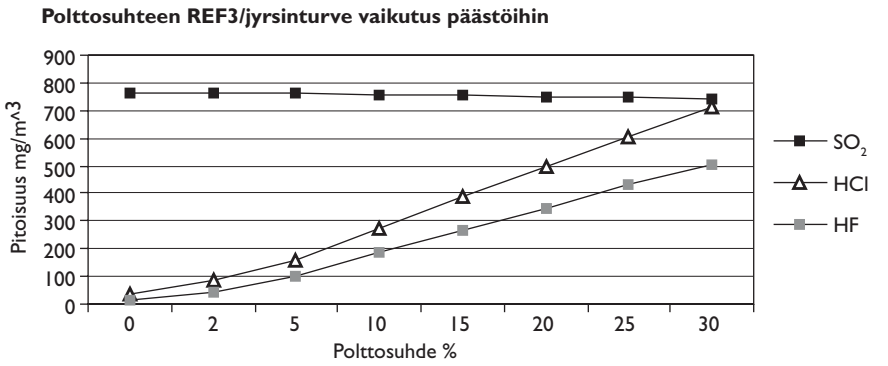
Tässä kohdassa tutkitaan jyrsinturpeen ja kierrätyspolttoaineen sekoitussuhteen vaikutusta syntyviin päästöihin. Laskut on tehty olettaen, kuten edellä, että kaikki polttoaineen sisältämät komponentit reagoivat täydellisesti tuotekaasuiksi. Laskuissa on käytetty polttoaineiden lämpöarvoja saapumistilassa, jotka on esitetty myös taulukossa 3. Lisäksi laskuissa on käytetty kierrätyspolttoaineille happimäärää 11 % ja turpeelle 6 %. Kuvassa 1 on esitetty REF I :n ja jyrsinturpeen polttosuhteen vaikutusta rikkidioksidi- (SO_2), suolahappo- (HCl) ja vetyfluoridipäästöihin (HF). Polttosuhde on määritetty kattilaan syötettävän energiamäärän mukaan. Näin ollen esimerkiksi REF I –kierrätyspolttoainetta on syötetty suhteessa vähemmän kattilaan korvattaessa jyrsinturvetta sen paremman lämpöarvon takia. Tämä kompensoi hieman kierrätyspolttoaineen suuremman tuhkapitoisuuden vaikutusta syntyviin kokonaistuhkapitoisuuksiin.

Kuvasta voidaan todeta, että kun polttosuhde kasvaa myös HCl- ja HF –pitoisuudet savukaasuissa kasvavat, mutta erittäin maltillisesti. Rikkidioksidipäästöt kasvavat myös hitaasti. REF I –polttoaineen rikkipitoisuus on pienempi kuin turpeen, mutta kun muunnetaan lopputulos happipitoisuuteen 6 %, rikkidioksidin määrä savukaasuissa lisääntyy jätepolttoaineen vaikutuksen lisääntyessä. Kysymyksessä on kuitenkin savukaasun pitoisuudet ennen savukaasunpuhdistusta, joten näitä arvoja ei suoraan voi verrata päästöraja-arvoihin.

Kuvassa 2 on korvattu jyrsinturvetta REF III –kierrätyspolttoaineella. Polttosuhteen vaikutus on selvästi suurempi kuin REF I -polttoainetta käytettäessä. Tämä johtuu yksinkertaisesti polttoaineen sisältämistä suuremmista haitta-ainepitoisuuksista. Tulokset ovat kuitenkin puhdistamattomasta kaasusta, joten niitä ei voida suoraan verrata päästöraja-arvoihin.



Kuva 1. REF I/ jyrsinturve polttosuhteen vaikutus päästöihin O_2 –pit. 6 %



Kuva 2. REF III/ jyrsinturve polttosuhteen vaikutus päästöihin O_2 –pit. 6 %

4 Päästöraja-arvojen määrittely rinnakkaispoltossa

Rinnakkaispolttolaitosten päästöjen raja-arvot määrää Suomessa alueelliset ympäristöviranomaiset. Mikäli luvitettava energiantuotantolaitos on yli 300 MW:n tehoinen, raja-arvot määrittää ympäristölupavirasto. Tämän lisäksi metsäteollisuuden massa-, paperi- tai kartonkitehtaat kuuluvat ympäristölupaviraston piiriin. Polttoaineteholtaan vähintään 50 MW ja enintään 300 MW:in laitokset luvitetaan alueellisissa ympäristökeskuksissa. Kuntien on luvitettava polttoaineteholtaan 5-50 MW:n laitokset.

Energiantuotantolaitosten on haettava lupaa jätteen rinnakkaispolton jatkamiseksi 28.12.2005 jälkeen jolloin jätteenpolttoasetus astuu voimaan. Ympäristölupaa myönnettäessä lasketaan raja-arvot kullekin tapaukselle erikseen ja ne merkitään ympäristölupaan. Alueellisesti voi siis olla eroja lupamenettelyjen käytännössä. Toisissa tapauksissa esimerkiksi on sovellettu rinnakkaispolton kaavaa, mutta joissain tapauksissa rinnakkaispolttolaitoksille on suoraan sovellettu jätteenpolton raja-arvoja muunnettuna rinnakkaispolton happipitoisuuteen. Nämä tapaukset kuvaavat juuri sitä, että jokainen tilanne on erilainen ja vaatii oman käsittelynsä. Yleinen tavoite on kuitenkin ympäristön maksimaalinen suojelemisen taso.

Päästöjen raja-arvot jätteen rinnakkaispolttolaitoksille määrätään aiemmin esitetyn kaavan 1 avulla. Raja-arvojen määrittelyyn tarvitaan liitteessä I esitettyjä jätteenpolton vuorokausiraja-arvoja, jätettä poltettaessa syntyvän savukaasun määrä, muita polttoaineita poltettaessa syntyvän savukaasun määrä ja prosessin pitoisuusarvo. Syntyvien savukaasujen määrä ja prosessin pitoisuusarvot on laskettu edellä kohdassa 3.1 ja 3.2. Savukaasun määrä on arvioitu stökiömetrisen palamisen perusteella ja prosessipitoisuudet polttoaineen massapitoisuuksien avulla. Seuraavassa on esitetty esimerkkilaskelma kun poltettavan jätteen määrä on 5 % kattilaan syötetystä energiasta. Esimerkki on tehty rikkidioksidille.

$$C = \frac{V_{jäte} \times C_{jäte} + V_{prosessi} \times C_{prosessi}}{V_{jäte} + V_{prosessi}}$$

Missä nyt $V_{jäte}$ on jätteenpoltosta syntyvän savukaasun volyymi eli REF I :lle

5,244039 $\frac{m^3}{kg_{REF1}}$,

$C_{jäte}$ on jätteenpolttoasetuksen liitteessä V (ja tämän työn liitteessä I) määrätty vuorokausikeskiarvo rikkidioksidille $C_{SO2\,jäte} = 50\frac{mg}{m^3}$,

$V_{prosessi}$ on tässä tapauksessa turpeen poltosta syntyvän savukaasun volyymi eli

$$2{,}76585 \quad \frac{m^3}{kg_{turve}} \quad \text{ja}$$

$C_{prosessi}$ on jätteenpolttoasetuksen liitteen 2 kohdassa 3.1 (ja tämän työn liitteen 1 taulukon 1) määrätty pitoisuus. Oletetaan laitoksen tehon olevan alle 100 MW joten

$$C_{prosessi} = 400\frac{mg}{m^3} \cdot$$

Sijoitetaan arvot kaavaan:

$$C = \frac{5{,}244m^3 \times 50\frac{mg}{m^3} + 2{,}766m^3 \times 400\frac{mg}{m^3}}{5{,}244m^3 + 2{,}766m^3} = 170{,}86\frac{mg}{m^3}$$

Eli päästöraja-arvo tälle tapaukselle olisi $C_{SO2} = 170\frac{mg}{m^3} \cdot$

Vastaavalla tavalla lasketaan kaikille jatkuvatoimista mittausta vaativille komponenteille päästöjen raja-arvo. Jätteenpolttoasetuksesta löytyy prosessien pitoisuustiedot vain rikkidioksidin (SO_2), typenoksidien (NOx) ja hiukkasten osalta liitteen 2 kohdan 3.1 taulukosta (ja tämän työn liitteen 1 taulukosta 2). Määräämättä jää siis prosessipitoisuus $C_{prosessi}$ -arvot eli -arvot vetykloridille (HCl), vetyfluorille (HF), hiilimonoksidille (CO) ja kokonaishiilelle (TOC). Näiden määrittelyä varten asetuksessa käsketään käyttämään laissa määrättyjä arvoja, tai jos niitä ei ole, ympäristöluvassa määrättyjä arvoja, tai jos niitäkään ei ole käytetään massapitoisuuksia. Suomessa ei ole tämäntyyppisiä laissa määrättyjä arvoja, joten Suomessa ympäristölupaa varten määrätyt raja-arvot lasketaan todellisten massapitoisuuksien mukaan. Tästä syystä on perusteltua käyttää laskennassa myös tässä työssä keskimääräisten polttoaineiden ominaisuuksien perusteella laskettuja massapitoisuuksia, jotka on esitetty edellä kohdassa 3.1 taulukossa 5. Hiilimonoksidin ja TOC:n laskennassa käytettiin Kauttuan voimalaitoksen päästöraja-arvojen laskennassa käytettyjä prosessipitoisuuksia. Juuri CO:n ja TOC:n arvot saattavat vaihdella paljonkin tilanteesta ja polttoprosessista riippuen, joten niiden osalta raja-arvot ovat enemmänkin suuntaa antavia.

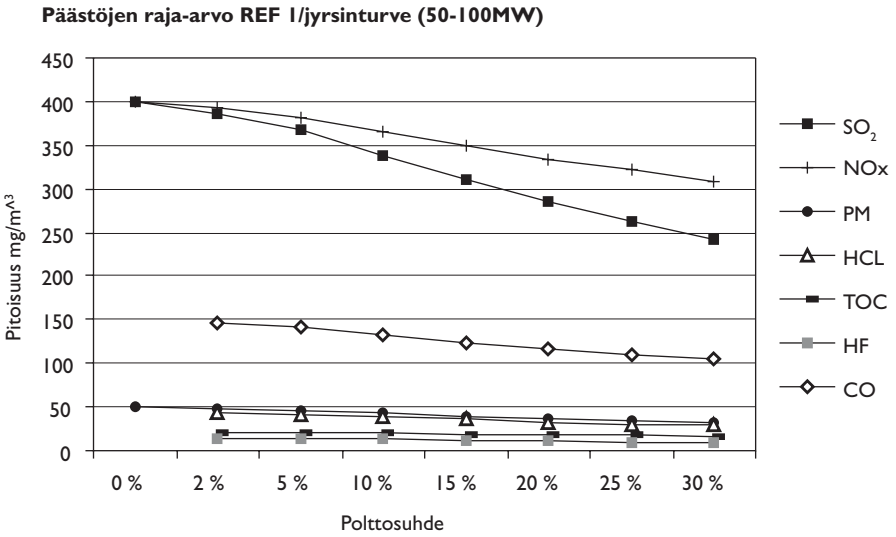
4.1

Polttosuhteen vaikutus päästöraja-arvoihin

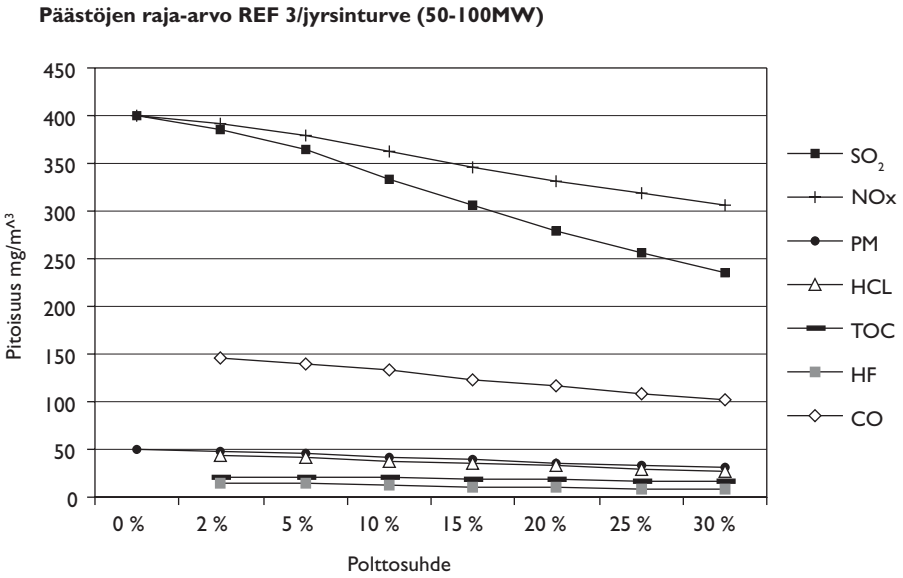
Tässä kohdassa on tarkasteltu jätteistä valmistetun kierrätyspolttoaineen polttomäärän vaikutusta muodostuviin päästöjen raja-arvoihin. Muodostuvat raja-arvot on tärkeä tietää suunnilleen mitoitettaessa esimerkiksi uutta voimalaitosta tai modernisoitaessa vanhaa laitosta.

Kuvissa 3 ja 4 on esitetty jäteperäisen polttoaineen polttosuhteen vaikutusta muodostuviin päästörajoihin kun kyseessä on polttoaineteholtaan 50–100 MW:in laitos. On huomioitava, että päästörajat on laskettu keskimääräisen kierrätyspolttoaineen ja turpeen massapitoisuuksien mukaan ja niitä ei voi suoraan soveltaa laitoksille, koska jokainen tapaus on erilainen. Kuitenkin asiaa on yleisesti mielekkäintä tutkia juuri valtakunnallisten keskiarvojen perusteella, jotka tarjoavat yleisen kuvan päästöjen raja-arvojen määräytymisestä. Periaatteessa raja-arvot muille kuin toiminnallisille arvoille (CO ja TOC) voisivat olla melko todenmukaisia, mikäli lupamenettelyissä sovellettaisiin jätteenpolttoasetuksen liitteen 2 kaavaa kaikissa päästökomponent-

tien tapauksissa. Usein kuitenkin arvioidaan tiukemmat raja-arvot esimerkiksi jos voimalaitokseen kuuluu savukaasun märkäpesuri, koska tällä rinnakkaispolton raja-arvot on helposti saavutettavissa. Seuraavaksi esitellään saatuja tuloksia raja-arvojen kehittymisestä korvattaessa turvetta REF I ja REF II –polttoaineilla.



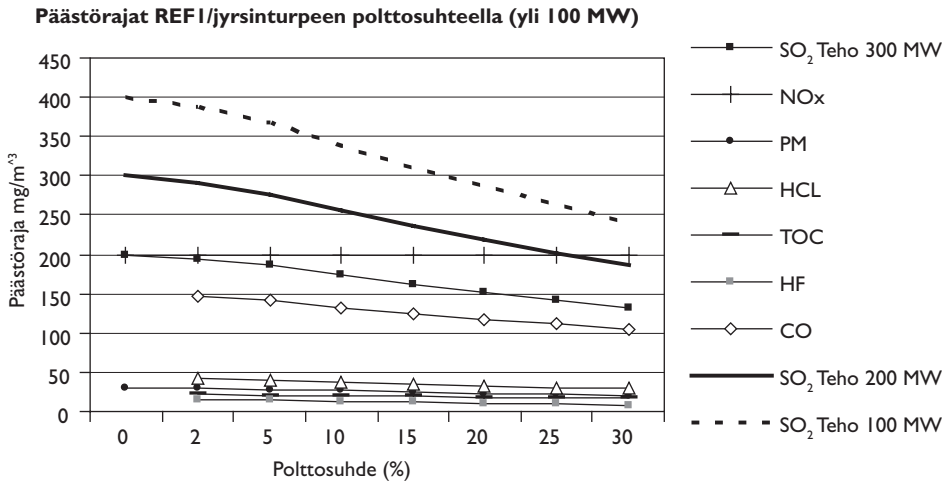
Kuva 3. Päästöjen raja-arvon muodostus REF I/jyrsinturve -polttosuhteen muuttuessa. Laitosteho 50–100 MW.



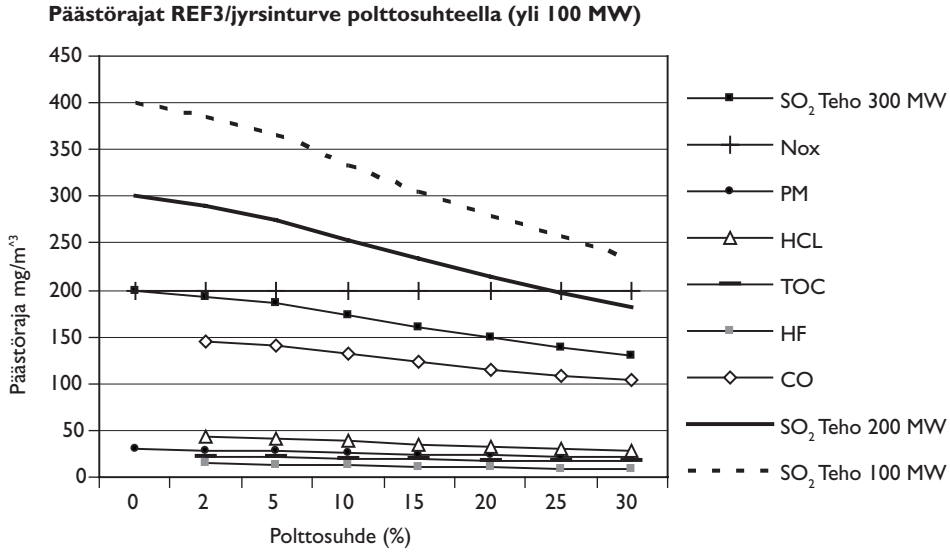
Kuva 4. Päästöjen raja-arvon muodostus REF III/jyrsinturve -polttosuhteen muuttuessa. Laitosteho 50–100 MW.

Kuvista 3 ja 4 voidaan lukea, että kierrätyspolttoaineen laadulla ei ole suurta merkitystä raja-arvon muodostumiseen. Sen sijaan polttosuhteen kasvaessa etenkin rikkidioksidin ja typenoksidien raja-arvo alenee selvästi. Myös hiilimonoksidin raja-arvo alenee melko paljon. Muut päästörajat alenevat vain vähän. Lisäksi kuvista voidaan huomioida, että huonompilaatuista REF III –polttoainetta käytettäessä päästöjen raja-arvoista muodostuu tiukempia. Todennäköistä on, että käytettäessä huonolaatuisempaa polttoainetta myös päästöt ovat suuremmat ja näin ollen tiukemmaksi muodostuvat päästörajat aiheuttavat lisäongelmia. Polttoaineen laadun merkitys ei kuitenkaan ole kovinkaan suuri päästörajojen muodostumisessa.

Kuvat 5 ja 6 edustavat päästöjen raja-arvojen muodostumista kun laitoksen teho on yli 100 MW.



Kuva 5. Päästöjen raja-arvojen muodostus REF I/jyrsinturve -polttosuhteen muuttuessa. Laitosteho yli 100 MW.



Kuva 6. Päästöjen raja-arvojen muodostus REF III/jyrsinturve -polttosuhteen muuttuessa. Laitosteho yli 100 MW.

Päästörajat muuttuvat ylitettäessä 100 MW:n teho voimalaitoksella. Tämä johtuu siitä, että turpeen rikkidioksidin, hiukkasten ja typenoksidien $C_{Prosessi}$-arvot muuttuvat tehon kasvaessa yli 100 MW:iin. Muut $C_{Prosessi}$-arvot (TOC, HCl, HF ja CO) säilyvät samoina huolimatta laitoksen tehosta. Typenoksidien raja-arvo pysyy samana ylitettäessä 100 MW:n teho. Suurin muutos alle 100 MW:n laitoksiin on rikkidioksidin päästörajan muodostus. Rikkidioksidin $C_{prosessi}$-arvo muuttuu turpeelle lineaarisesti tehon muuttuessa siten, että tehon ollessa 100 MW on $C_{prosessi}$ -arvo 400 $\frac{mg}{m^3}$ ja tehon ollessa 300 MW on $C_{prosessi}$-arvo 200 $\frac{mg}{m^3}$.

Yli 300 MW:n laitoksilla rikkidioksidin $C_{prosessi}$-arvo säilyy samana eikä muutu.

Yleisesti myös yli 100 MW:n laitosten muodostuvista päästörajoista voidaan todeta, että trendi on samankaltainen kuin alle 100 MW:n laitoksilla. Huonommalla REF III –polttoaineen käytöllä raja-arvot ovat hieman pienemmät, mutta ero ei ole suuri. Nostettaessa polttosuhdetta raja-arvot pienenevät erityisesti rikkidioksidin ja hiilimonoksidin osalta. Muilla päästöillä raja-arvon kehittyminen on maltillisempaa, joskin kaikilla se pienenee.

Käytännössä päästöjen raja-arvojen määräämisessä otetaan huomioon useita asioita ja prosessi on aina mutkikas. Tätä työtä varten on tietoa saatu alueellisista ympäristökeskuksista sekä ympäristölupavirastoista, jotta saataisiin yleinen kuva siitä, miten eri laitosten päästörajat määrätään. Suurimman tulkintakysymyksen aiheuttaa kaavan 1 $C_{prosessi}$ -arvo, jota ei ole määrätty HCl:n, HF:n TOC:n ja CO:n osalta laissa. Tästä syystä se on määrättävä massapitoisuuksien mukaan, mikä taas riippuu siitä minkä massapitoisuuden toiminnanharjoittaja ilmoittaa viranomaisille. Joissain tapauksissa katsotaan, että tietyille päästöille voidaan käyttää suoraan jätteenpoltolle käytettyjä raja-arvoja, eikä jätteenpolttoasetuksen liitteen 2 kaavaa sovelleta. Kaikki tapaukset poikkeavat jollain tavalla toisistaan ja ovat ainutlaatuisia. Alueellisten ympäristökeskusten rooli on siis suuri päästörajojen asetuksessa ja näin ollen myös jätteen rinnakkaispolton kannattavuutta koskevissa kysymyksissä.

Raja-arvojen määritys massapitoisuuksien perusteella on myös hieman kyseenalaista. Mikäli toiminnan harjoittajan toimittamat arvot ovat todenmukaisia, tulevat päästörajat varmuudella olemaan näitä pitoisuuksia alemmat koska jätteenpolttoasetuksesta saatavat pitoisuusrajat jäteosuudelle ovat hyvin pieniä. Mikäli toiminnanharjoittajan arvot ovat suuret esimerkiksi korkeakloorisen kivihiilen käytön takia, muodostuu raja-arvosta melko suuri. Tämän jälkeen olisi mahdollista vaihtaa esimerkiksi vähäkloorisempaan kivihiileen ja raja-arvot voitaisiin alittaa ilman savukaasun puhdistusinvestointeja.

4.2

Raja-arvojen tulkinta

Päästömittaustuloksia ei verrata suoraan mittarilta päästöjen raja-arvoihin, vaikka happipitoisuus olisikin sama. Raja-arvoon verrattavat keskiarvot määritetään mitatuista puolen tunnin keskiarvoista vähentämällä mitatuista arvoista mittaustuloksen 95 prosentin luotettavuutta kuvaava osuus laskettuna raja-arvon pitoisuudesta. Luottamusvälin arvot on esitetty taulukossa 1 eri haitta-aineille. Raja-arvoon verrattavat keskiarvot voidaan laskea esimerkiksi seuraavalla yhtälöllä /19/:

$$\overline{y}_{i,ver} = \overline{y}_i - E \cdot raja - arvo \qquad (3)$$

Missä $\overline{y}_{i,ver}$ on raja arvoon verrattava arvo

$\overline{y}_i$ on mitattu pitoisuus

E on mittaustuloksen 95 %:n luottamusvälin arvo prosentteina

Esimerkiksi jos yli 100 MW:n laitos polttaisi REF I –polttoainetta turpeen seassa 10 %:ia energiasta, tällöin kuvasta 5 voidaan lukea HCl:n raja-arvoksi 38 mg/m^3. Jos mitattu pitoisuus olisi 45 mg/m^3 ja luottamusvälin arvo prosentteina on 40 %, niin tällöin voitaisiin laskea raja-arvoon verrattava pitoisuus seuraavasti:

$$\overline{y}_{i,ver} = 45\ mg/m^3 - 0{,}40 \cdot 38\ mg/m^3 = 29{,}8\ mg/m^3$$

Raja-arvo ei siis ylity, vaikka mitattu pitoisuus onkin korkeampi kuin raja-arvo.

Mittaustuloksen 95 prosentin luottamusvälin arvo puolestaan tarkoittaa sitä, että yksittäinen mittaustulos pysyy 95 prosentin todennäköisyydellä suurimman sallitun mittausepävarmuuden (virheen) sisäpuolella /19/.

Jos jatketaan edellisen esimerkin tarkastelua, on suurin sallittu mittaustuloksen 95 %:n luottamusvälin arvo HCl:lle 15,2 mg/m^3. Eli 95 %:ia mittaustuloksista tulee sijoittua odotusarvon ja luottamusvälin väliselle alueelle.

Käytännössä voimalaitoksen intresseihin kuuluu vaatia kattilalta päästöarvoja alempi toiminta-arvo. Kattilatoimittajat asettavatkin takuuarvoksi reilusti päästörajoituksien alle menevän arvon. Tämä onkin tärkeää, sillä häiriötilanteen sattuessa raja-arvot voivat ylittyä nopeasti. Vuorokaudessa saa hylätä enintään viisi puolen tunnin keskiarvoa jatkuvissa mittauksissa käytettävän järjestelmän toimintahäiriön tai huollon vuoksi. Samasta syystä vuodessa saa hylätä enintään kymmenen vuorokausikeskiarvoa jatkuvissa mittauksissa. Mittaustuloksiin ei oteta huomioon käynnistyksen ja pysäytyksen aikana tehtyjä mittauksia jos näiden aikana ei polteta jätettä /11/.

Joissain tapauksissa raja-arvoissa voidaan tehdä helpotuksia. Tällaisia tapauksia voi tulla eteen esimerkiksi kuoren poltossa. Raskasmetalliraja-arvoja voidaan siis lieventää tapauksissa, joissa kuoren ominaisuuksista johtuen raja-arvojen alle ei ole mahdollista päästä. Klooripitoisuus voi myös nousta korkeaksi raa'an kuoren osalta ja tällöin esimerkiksi suolahapon raja-arvoa määritettäessä on tehtävä tarkempia arviointeja järkevästä raja-arvosta. Kuitenkaan jäteosuuden kannalta ei helpotuksia tehdä.

5 Jätteen rinnakkaispoltosta aiheutuvat riskit

Tässä kappaleessa on käsitelty teknisiä, toiminnallisia ja terveydellisiä vaikutuksia, joita jätteen rinnakkaispoltto aiheuttaa laitokselle. Lisäksi on pyritty esittämään riskien hallintaa ja niiden vaikuttavia tekijöitä.

5.1

Tekniset ja toiminnalliset riskit

Jäteperäisen polttoaineen polttaminen saattaa aiheuttaa teknisiä ja toiminnallisia riskejä voimalaitokselle. Tämä johtuu siitä, että jäteperäiset polttoaineet voivat sisältää suuriakin määriä haitallisia aineita kuten klooria, alumiinia, tinaa, sinkkiä ja lyijyä sekä aiheuttaa palamisen epätäydellistymistä.

5.1.1

Korroosio

Korroosion aiheuttamat ongelmat lienevät yleisimpiä jäteperäisten polttoaineiden aiheuttamista ongelmista. Metallien oksidikerrokset suojaavat metalleilta korroosiolta. Kromi, molybdeeni, alumiini ja pii ovat tyypillisiä lisäaineita, joiden tehtävä on parantaa metalliseoksen oksidikerroksen korroosiokestävyyttä. Tulipesässä ja savukaasukanavassa ilmenevä korroosio on usein seurausta pinnoille muodostuneista tuhkakerrostumista. Kerrostuma saattaa aiheuttaa metallipinnalle paikallisen korroosion otollisen ympäristön. Paikalliset pelkistävät olosuhteet voivat heikentää oksidikerrosta ja täten metallin suojaa. Metallin korroosionsuojan ollessa heikentynyt kloori ja rikki pääsevät reagoimaan metallin kanssa muodostaen reaktiotuotteita, jotka eivät enää anna metallille suojaa /20/. Kerrostumista vapautuva kloori reagoi putkimateriaalin kanssa ja hapettuessaan muodostaa suolahappoa tai vapaata klooria, jotka voivat reagoida uudelleen putkimateriaalin kanssa. Tällöin pienetkin kloorimäärät voivat aiheuttaa korkean korroosionopeuden /21/. Tulipesän ja lämpöpintojen kuonaantuminen aiheuttaa korroosiota nopeasti, jos muodostunut kerrostuma on sulana metallipinnan pintalämpötiloissa /20/. Korroosioriskin takia jätteenpoltossa joudutaan pitämään höyryn arvoja matalampina (400–450 Celsiusta) /22/. Sähkön ja lämmön yhteistuotannossa rinnakkaispolttolaitoksen on pidettävä ainakin n. 500 celsiuksen höyryn arvot. Tämän takia kuumapinnat ovat herkempiä korroosiolle CHP –laitoksissa ja huonolaatuista kierrätyspolttoainetta ei haluta ottaa vastaan.

Kun palokaasun lämpötila laskee metallipinnoille tiivistyvien happojen kastepisteen alapuolelle, voi esiintyä kastepistekorroosiota. Suolahapon aiheuttama kastepistekorroosio jätteenpolttolaitoksissa on todennäköinen erityisesti savukaasupesureissa. Rikin oksidien aiheuttamaa korroosiota voi esiintyä polttolaitosten kylmemmissä

osissa rikkitrioksidin reagoidessa savukaasujen vesihöyryn kanssa muodostaen rikkihappoa, jonka kastepiste on korkealla /23/.

Likaantumista lämpöpinnoilla voi aiheuttaa esimerkiksi alkali-raskasmetalli-kloridit alhaisillakin lämpötiloilla. Myös tuhkan sulaminen vaikuttaa likaantumisen nopeuteen ja tätä kautta korroosioon. Esimerkiksi isommassa kaukolämpölaitoksessa korroosion tai likaantumisen aiheuttama ylimääräinen seisokki aiheuttaisi mittavat taloudelliset menetykset sekä ongelmia kaukolämmönjakeluun. Koska likakerroksista on suuresti haittaa sekä lämmönsiirto-ominaisuuksien heikentymisen että korroosion takia, pinnat on puhdistettava riittävän usein. Likakerroksen takia muut lämpöpinnat saattavat altistua kuumemmille oloille kuin on suunniteltu, koska lämpöpinnat johtavat huonommin lämpöä. Lämmönsiirtimen painehäviöt ja loppulämpötilan nousu ovat usein merkkejä pintojen likaantumisesta /21/.

Leijukattilassa leijumateriaalin ja tuhkan muodostamat agglomeraatit voivat aiheuttaa paljon ongelmia. Pahimmissa tapauksissa leijuva materiaali sintraantuu täysin ja aiheuttaa kattilan alasajon. Agglomeroitumiseen vaikuttavat seikat ovat samoja kuin kerrostumiseenkin vaikuttavat asiat ja niiden ehkäisyyn voidaan siis käyttää samoja menetelmiä. Sulan faasin muodostus on yksi tärkeimmistä agglomeroitumiseen vaikuttavista asioista ja sula voi olla peräisin pelkästään tuhkasta tai tuhkan ja petimateriaalin seoksesta. Esimerkiksi kuorikattila, jossa petimateriaalina on kvartsihiekka, on herkkä tuhkan ja petimateriaalin agglomeroitumiselle. Polttoaineen alkaliyhdisteet reagoivat petimateriaalin kanssa ja muodostavat matalalla lämpötiloilla sulavia alkalisilikaatteja. Olipa sula sitten peräisin tuhkasta tai tuhkan ja leijumateriaalin seoksesta, voidaan agglomeroitumista estää pitämällä tuhkan pitoisuus leijutusmateriaaliin verrattuna alhaisena vaihtamalla leijutusmateriaalia riittävän usein. Myös petimateriaalin valinnassa on otettava huomioon mahdollinen agglomeroituminen.

Kiertoleijukattilassa ja leijukerroskattilassa kerrostumien muodostus on erilaista. Kiertoleijukattiloisa ongelma-alueet ovat sykloni ja palautusputki. Tällöin tyypilliset likaantumismekanismit ovat sulan muodostus, kemialliset reaktiot ja sintraantuminen. Kerrosleijukattilassa voi kerrostumia muodostua herkemmin savukaasukanavan lämpöpinnoille.

Jätteenpolttoon tarkoitetuilla laitoksilla on mahdollista ottaa polttoaineen vaatimat tekniset olosuhteet huomioon jo mitoitusvaiheessa. Verrattuna bioperäisen polttoaineen polttoon tarkoitetun leijukattilan valmistukseen, on jätteenpolttoon soveltuvan kattilan valmistuskustannukset 1,5-2 –kertaiset. Jätteen rinnakkaispoltossa voidaan hyvälaatuisella jätteellä tuottaa jopa 20 %:ia tehosta ja silti itse kattilan suunnittelu ei merkittävästi poikkea bioperäisten polttoaineiden polttoon suunnitellun leijukattilan suunnittelusta. Sama pätee jo käytössä olevissa laitoksissa, eli hyvälaatuista REF I ja REF II –polttoainetta voidaan polttaa rinnalla 20 %:iin asti ilman teknisiä muutoksia kattilalle. Savukaasun puhdistuksen muutostarpeet riippuvat polttoaineesta ja olemassa olevasta laitteistosta. REF III –polttoainetta voidaan polttaa muutamia prosentteja pääpolttoaineen rinnalla, mutta se ei ole suositeltavaa. Mitä enemmän huonolaatuista jätepolttoainetta käytetään sitä nopeammin tekniset ongelmat tulevat vastaan.

Käytännössä polttoaineseoksen klooripitoisuus ei saisi ylittää 0,1 %:ia. Tällöin höyryn arvot voidaan pitää vielä yli 500 celsiuksen ja sähkön ja lämmön yhteistuotanto korkealla rakennusasteella on mahdollista. Lämpökattiloissa korroosioriskit eivät ole niin suuria, koska käyttölämpötilat ovat pienempiä. Näissä ongelmana on ainoastaan lämpöpintojen likaantuminen.

Yhdyskuntajätteestä valmistetun polttoaineen poltto pääpolttoaineen rinnalla on monissa tapauksissa juuri teknisten riskien takia mahdotonta. Syynä tähän on yhdyskuntajäteperäisen polttoaineen korkeat klooripitoisuudet ja metallipitoisuudet. Periaatteessa yhdyskuntajätteestä valmistetun polttoaineen käyttö olisi mahdollista

mikäli ongelmalliset kloori ja metalleista sinkki, lyijy ja tina olisivat alhaisella tasolla. Tuo tuskin on mahdollista toisaalta millään keruujärjestelmällä. Koska yhdyskuntajätteestä valmistetun polttoaineen ominaisuuksiin kuuluu epätasaisuus, sulavien metallien määrää ei voida tarkoin tietää ja tästä syystä kattilatoimittajat eivät ole valmiita takaamaan takuuarvoja yhdyskuntajätteestä valmistetulle polttoaineelle.

5.1.2
Eroosio

Eroosiolla tässä tapauksessa tarkoitetaan pienten ja kovien hiukkasten aiheuttamaa kulumista. Eroosio ei yleensä aiheuta niin paljon ongelmia kuin korroosio, mutta tietyissä tapauksissa joudutaan pintojen eroosioon kiinnittämään erityishuomiota. Esimerkiksi turpeen poltossa eroosio on suurta ja samoin on myös jäteperäisen polttoaineen poltossa, koska polttoaineet voivat sisältää kovia ja kuluttavia aineksia. Eroosiolta voidaan suojautua käyttämällä suurempia savukaasukanavia ja suojamuurauksia /24/. Eroosio on usein voimakasta kuljettimissa ja murskaimissa.

5.1.3
Ehkäisytoimet ja kustannukset

Vanhan laitoksen modernisointi siten, että siellä on mahdollista polttaa huonompilaatuista REF III jätepolttoainetta, voidaan tehdä tulistinpintojen muutoksella. Lähinnä tulistimet tulisi valmistaa austeniittisesta teräksestä. Kustannukset kohoavat tällaisissa projekteissa useisiin miljoonin euroihin isoissa laitoksissa. Pienemmissä laitoksissa tulistinuudistusten kustannukset ovat suhteessa samat. Kuljetinlaitteiden eroosio kasvaa poltettaessa jätettä, mutta niiden toimintaa ei jätteen poltto estä. Mekaaniset epäpuhtaudet kuten lasi, rauta ja ei-magneettiset metallit määräävät petimateriaalin vaihdontarpeen. Vanhemmissa leijukattiloissa epäpuhtauksien poistojärjestelmät voivat olla puutteellisia ja niitä voidaan joutua uusimaan. Hiekan kulutus kasvaa poltettaessa jätettä. Hyvä polttoaineen murskaus ja erottelu vähentää edellä kuvattuja ongelmia. Mahdolliset modernisoinnit olisivat siis erittäin kalliita ja mittavia ja tulevat mielekkäiksi silloin kun jätteen polttomäärää halutaan lisätä paljon. Kustannukset ovat sitä luokkaa, että muutoksia suunnittelevat vain suuret voimalaitokset.

5.2
Terveys- ja ympäristöriskit

Jätteen rinnakkaispolton päästöt ovat kaasumaisia tai hiukkasmaisia komponentteja savukaasujen mukana tai tuhkaa. Tämän lisäksi päästöiksi voidaan lukea savukaasun puhdistuksesta aiheutuvat päästöt. Päästöjen suuruus riippuu paljon kierrätyspolttoaineen ja pääpolttoaineen kemiallisista ominaisuuksista, polttoaineiden käsittelystä, polttotekniikasta ja savukaasun puhdistuksesta. Savukaasujen päästöihin lukeutuvat mm. hapen ja typen oksidit, dioksiinit ja furaanit, PAH –yhdisteet, hiukkaset, kasvihuonekaasut, PCB sekä raskasmetallit /4/.

Poltettaessa jätettä, niiden sisältämät aineet vapautuvat. Raskasmetalleja käytetään pakkausmateriaalien painomusteissa ja pigmenteissä. PAH –yhdisteitä syntyy erityisesti silloin kun palaminen on epätäydellistä. PAH –yhdisteiden tiedetään olevan erittäin karsinogeenisia /10/. PCDD/F –yhdisteitä syntyy sopivissa olosuhteissa kun palaminen on epätäydellistä ja läsnä on lisäksi klooria ja metalleja. Tällaiset olosuhteet eivät ole mahdottomia poltettaessa jätepolttoaineita. PCDD/F –yhdisteet ovat erittäin myrkyllisiä. Ne ovat rasvaliukoisia ja pysyvät luonnossa ja ravintoketjussa pitkään ja tämän takia voivat kerääntyä eläimiin ja ihmisiin /10/.

Happamoiviin yhdisteisiin lasketaan rikkidioksidi, typen oksidit, vetykloridi, vetyfluoridi ja ammoniakki. Rikki- ja typpidioksidi molemmat aiheuttavat hengitystieoireita ja vaurioittavat lehtiä ja neulasia sekä happamoittavat vesistöjä ja maaperää. Lisäksi typenoksideista muodostuu auringon valon kanssa reagoidessa otsonia joka jää haitalliseksi alailmakehän otsoniksi. Jätteen käyttö voi, kuten edellä on todettu, jopa alentaa rikkidioksidin päästöjä. Tämä johtuu siitä että sen rikkipitoisuus on pienempi turpeeseen verrattuna, ja hiileen verrattuna ero on vielä suurempi /10/.

Tutkimuksissa on tullut ilmi että jätteen korvatessa fossiilisia polttoaineita, ei sen vaikutukset happamien yhdisteiden tai kasvihuonekaasujen päästöihin ole olleet merkittävät. Myös PCDD/F –yhdisteiden kohdalla voidaan sanoa että koekäytössä syntypaikkalajiteltua jätettä poltettaessa ei päästöt poikenneet turpeen ja hiilen polton PCDD/F –päästöistä /4/.

Pienhiukkaspäästöjä tulee energiantuotantolaitoksilta paljon. Tutkimusten mukaan juuri kaikkein pienimmät alle 2,5 mikrometrin hiukkaset ovat kaikkein vaarallisimpia, koska ne pääsevät tunkeutumaan aina keuhkorakkuloihin asti. Poltossa vapautuvien pienhiukkasten pinnalle tiedetään kerääntyvän mm. raskasmetalleja /10/. Pienhiukkasten ehkä merkittävin terveyshaitta on ns. iskeemisten sydänsairauksien aiheuttaminen. Ilmaan päässeet metallit vaikuttavat usein vasta niiden laskeuduttua maahan ja vesistöön. Depositioituneelle metallille altistuminen voi tapahtua esimerkiksi pölyn, ruoan tai juoman välityksellä. Jotkin metallit ovat elimistölle välttämättömiä pieninä pitoisuuksina ja jotkut taas ovat täysin vieraita kuten elohopea, kadmium ja lyijy. Näiden raskasmetallien on todettu aiheuttavan munuais- ja hermovaurioita. Metallit ovat erittäin pysyviä elimistössä ja niillä on taipumusta kerääntyä /4/.

Pohjatuhka ja erityisesti suodin- ja lentotuhka voivat sisältää runsaasti raskasmetalleja ja PCDD/F –yhdisteitä. Tämä on otettava huomioon käsiteltäessä ja kuljetettaessa tuhkia. Samoin tuhkien loppusijoittamisessa on otettava huomioon erittäin haitallisten aineiden liukoisuus ja sen estäminen /4/.

6 Jätteenpolttodirektiivin aiheuttamat muutokset rinnakkaispolttolaitoksissa

6.1

Jatkuvatoimiset päästömittaukset

Mittausjärjestelmän voi hankkia siten, että kaikille mitattaville suureille hankitaan erillinen laite tai sitten yksi laite, jolla pystytään mittaamaan useita pitoisuuksia. Jätteenpolttoasetuksen mukaan mitattavista komponenteista voidaan jättää pois SO_2, HCl ja HF tietyissä tilanteissa. Tällaisissa tilanteissa voi tulla edullisemmaksi hankkia erilliset laitteet mittaamaan TOC:ia, CO:ta, NO_x:ia, hiukkasia, O_2:ta ja tulipesän lämpötilaa. Toinen tapaus, jossa erillisten mittalaitteiden hankinta voisi olla kannattavaa, tulee eteen silloin kun laitoksella on jo jatkuvatoimiset mittalaitteet SO_2:lle, NO_x:lle ja hiukkasille. Tällaisia tapauksia ovat yli 100 MW:n laitokset, jotka LCP –direktiivin alaisena ovat joutuneet mittaamaan jatkuvatoimisesti edellä mainittuja epäpuhtauksia 27.11.2004 alkaen. Muissa tapauksissa lienee kannattavinta hankkia IR –tekniikkaan perustuva laitteisto ja tämän lisäksi laitteisto hiukkasten mittaukseen.

Suomessa toimivia mittalaitetoimittajia on useita joista suurimpia ovat Kontram, ABB, Dekati ja Temet Instruments.

6.2

Yksittäismittaukset

Yksittäisiä mittauksia tulee suorittaa raskasmetallien ja PCDD/F –yhdisteiden osalta. Tämän lisäksi, kuten edellä on todettu, SO_2, HCl, ja HF voidaan tietyissä tapauksissa määrittää yksittäisissä mittauksissa. Kertaluontoiset, määräaikaiset mittaukset perustuvat näytteenottoon jonka jälkeen näyte tutkitaan ja analysoidaan laboratoriossa. Näytteen otto voi perustua joko absorptioon tai adsorptioon.

Absorptioon perustuvassa mittauksessa mitataan epäpuhtauden liukenemista absorptioaineeseen. Aineena käytetään useimmin vettä ja erilaisia happoja. Näytteenotossa käytetään tilanteesta riippuen joko isokineettistä tai ei-isokineettistä näytteenottoa. Näistä isokineettistä menetelmää käytetään silloin kun aine on kiinnittynyt hiukkasiin tai näytekaasussa esiintyy pisaroita. Raskasmetallien kohdalla mittaukset tehdään siis isokineettisesti. Muulloin voidaan käyttää ei-isokineettistä näytteenottoa /24/.

Adsorptiomenetelmä perustuu aineen sitoutumiseen kappaleen pinnalle. Menetelmässä käytetään usein aktiivihiiltä, Tenax-hartsia, XAD-hartsia ja polyuretaanisorbenttia. Tämän jälkeen yhdiste joko uutetaan tai haihdutetaan adsorbentista ja analysoidaan kuhunkin aineeseen sopivalla tekniikalla. Termodesorptiota pidetään pienillä pitoisuuksilla parempana kuin uuttoa, koska uutossa saattaa näyte laimentua. PCDD/F –yhdisteitä tarkasteltaessa näyte otetaan käyttäen adsorptiomenetelmää /24/.

6.3

Vertailu- ja laadunvalvontamittaukset

Kiinteästi asennettujen mittalaitteiden laadun varmistamiseksi on asetettu laadunvarmistusstandardi, joka pohjautuu EU:n jätteenpolttodirektiiviin sekä LCP-direktiiviin. Standardissa laadunvarmistus on jaettu neljään osaan seuraavasti:

- QAL 1 – kuvaa mittausmenetelmän soveltuvuutta käyttökohteeseen
- QAL 2 – kiinteästi asennetun mittalaitteen (AMS) kalibrointi ja validointi referenssimenetelmän (SRM) avulla
- QAL 3 – käytönaikainen laadunvarmistus
- AST – vuosittainen valvonta.

6.3.1

QAL 1 - Mittalaitteen soveltuvuus mittauskohteeseen

QAL 1:ssä arvioidaan käyttöön valittavan automaattisen mittausjärjestelmän mahdollisuudet saavuttaa mitattujen tulosten epävarmuusvaatimukset. Arviointi tapahtuu laskemalla kokonaisepävarmuus, jossa otetaan huomioon kaikkien yksittäisten epävarmuustekijöiden ominaisuudet. Huomioon otettavia epävarmuustekijöitä ovat esim. mittausjärjestelmän herkkyys ympäröivän ilman lämpötila- ja painemuutoksille, mitattavassa kaasussa olevat mittausta häiritsevät yhdisteet (menetelmän selektiivisyys), näytteenottolinja, kalibrointikaasu, analysaattorin lineaarisuus, nollan ja kalibroinnin liukuma. Kokonaisepävarmuutta nolla- ja kalibrointipisteelle käytetään laitteen käytönaikaisissa tarkastuksissa vertailuarvona, johon mittauspoikkeaman ja mittaustarkkuuden arvoja verrataan. QAL 1 menettely perustuu standardiin EN ISO 14956 /23/.

QAL1 osio kuuluu laitevalmistajan vastuulle. Sen perusteella laitevalmistajan on pystyttävä näyttämään, että mittausjärjestelmä toimii ko. sovelluksessa (esim. jätteenpoltto) oikealla tavalla. Tämä osoitetaan tyyppihyväksyntätestien (esim. MCERTS tai TÜV) avulla. QAL1 osio on tehtävä jo ennen kuin järjestelmä toimitetaan asiakkaalle.

6.3.2

QAL 2- Asennuksen laadunvarmennus

QAL 2 käsittelee asennetun mittausjärjestelmän kalibrointia ja validointia. Osion suorittaa ulkopuolinen toimija. Vertailumittauksia tekevän laboratorion täytyy standardin mukaan olla akkreditoitu tai sillä täytyy olla viranomaisen hyväksyntä kyseisiin vertailumittauksiin. Vertailumittauksia pitää tehdä jätteenpolttoasetuksen mukaan kolmen vuoden välein. Tämän lisäksi mittaukset on suoritettava aina kun laitoksen toiminnassa tapahtuu merkittäviä muutoksia, kuten esimerkiksi polttoaineen vaihto tai uuden puhdistinlaitteen asennus sekä aina kun mittalaitteita korjataan siten, että sillä on merkitystä mitattaviin tuloksiin /25/.

Automaattisen mittausjärjestelmän tarkistuksessa tarkistetaan mittausjärjestelmän kunto silmämääräisesti, tehdään tiiveys- ja viiveaikatarkistus sekä tarkistetaan mittaustason edustavuus/25/.

Vertailumittaukset tehdään vähintään 15 mittausparin (kesto vähintään 30 min) avulla. Nämä 15 mittausta jaetaan tasaisesti kolmelle päivälle, jotta vältetään tulosten välillä oleva mahdollinen autokorrelaatio. Vertailumittaukset on suoritettava tietyillä referenssimenetelmillä, jotka on esitetty taulukossa 6 /23/.

Taulukko 6.
Käytetyt referenssimenetelmät /23/.

Jatkuvatoiminen		Näytteenotto	
NO_x	Kemiluminesenssimittaus	Hiukkaset	min 15 näytettä
O_2	Paramagneettinen mittaus	H_2O	”
TOC	FID mittaus	SO_2	”
CO	NDIR mittaus	HCl, HF	”
p, T	Mittaus		

Referenssimenetelmällä saadut arvot ilmoitetaan aina samassa tilassa kuin automaattisen mittausjärjestelmän korjaamattomat tulokset ja näiden arvojen avulla muodostetaan kalibrointisuora. Vertailumittauksissa pyritään saamaan mahdollisimman monipuolisia tuloksia vaihtelemalla kuorman suuruutta. Saatujen referenssimittausten tulosten ja automaattisen mittausjärjestelmän tulosten perusteella lasketaan kalibrointisuora, jolla tarkistetaan automaattisen mittausjärjestelmän tulokset.

6.3.3

QAL 3 – Jatkuva käytönaikainen laadunvarmennus

QAL 3 osion suorittaa laitteen käyttäjä. Viikoittain tarkastetaan nolla- ja kalibrointipisteet ja vertaillaan saatuja tuloksia CUSUM seurantataulukoiden kanssa. Tarkoituksena on seurata laitteiden liukumista ja tarkkuuden huononemista. Säätöjä voidaan joutua tekemään riippuen seurannan tuloksista. Seuranta auttaa laitteen käyttäjää optimoimaan laitteen huolto- ja käyttöajat /23/.

6.3.4

AST – Vuosittainen valvonta

Vuosittaisen tarkastuksen suorittaa, kuten asennuksen laadunvarmennuksenkin, ulkopuolinen akreditoitu toimija. Vuosittaiseen tarkastukseen sisältyy näytteenottojärjestelmän fyysinen tarkastus, mittausjärjestelmän tiiveyden tarkistus, mittalaitteen dokumentoinnin tarkistus, mittalaitteen lineaarisuuden testaus kalibrointikaasuilla, tunnettujen interferenssien vaikutuksen tarkistus, nolla- ja kalibrointipisteen siirtymien tarkistus ja analysointi sekä vasteajan tarkistus /23/.

Myös vuosittaisessa tarkastuksessa suoritetaan referenssimittaukset, jotka tehdään samoilla metodeilla mutta ei niin kattavasti kuin laadunvarmennus mittauksissa. Päivittäin käytössä on 5 mittaparia kun laadunvarmennuksessa käytetään 15. Kalibrointisuora tarkistetaan tuloksien mukaan ja mikäli virheitä esiintyy, joudutaan suorittamaan QAL 2 –mittaus kokonaan. Muulloin tarkastuksista, mittauksista ja tuloksista raportoidaan normaalisti /23/.

6.4

Mittauksista aiheutuvat kustannukset

Savukaasun päästömittauksista voi aiheutua toiminnanharjoittajalle tilanteesta riippuen huomattavat lisäkustannukset. Kustannuksia määriteltäessä tulee ottaa huomioon mittausjärjestelmän investointi-, käyttö- ja kunnossapitokustannukset ja myös määräaikaisten mittausten aiheuttamat kustannukset. Eelektrowatt-Ekonon selvityksen mukaan jätteenpolttoasetuksen aiheuttamat investoinnit mittausjärjestelmään ovat luokkaa 140 000 - 160 000 €. Summaan kuuluu jatkuvatoimiset

analysaattorit, näytteenkäsittely, sondit, apusuureiden määrittämiseen tarvittavat laitteet, analysaattorikaappi, käyttöönotto, koulutus sekä muutosten teko tietojenkäsittelyjärjestelmään. Mittausjärjestelmän investointikustannuksien lisäksi laitokselle koituu myös vuosittaisia käyttökustannuksia, jotka on arvioitu Elektrowatt-Ekonon raportissa olevan 10 000 – 40 000 €/a. Jos valitaan takaisinmaksuajaksi 15 vuotta ja korkokannaksi 5 % saadaan vuotuisiksi kustannuksiksi jatkuvatoimiselle mittausjärjestelmälle noin 23 500 – 55 500 €/a /23/. Takaisinmaksuajan valinta on siinä mielessä järkevää, että laitteiden käyttöiät ovat 15 vuoden tasolla ja tämän jälkeen on tehtävä uudistuksia ja korjauksia.

Jatkuvatoimisen mittausjärjestelmän kustannusten lisäksi laitokselle koituu kustannuksia myös ulkopuolisen toimijan määräajoin suoritettavista mittauksista joihin kuuluu raskasmetallien ja PCDD/F –yhdisteiden mittaaminen. Näihin on arvioitu kuluvan noin 10 000 -12 000 €/kerta. Ensimmäisenä vuonna mittaukset on suoritettava 3 kk:n välein eli neljä kertaa ja tämän jälkeen kaksi kertaa vuodessa. Määräajoin suoritettavista mittauksista voidaan siis arvioida koituvan vuosittain 20 000 – 24 000 €/a kustannukset. Ensimmäisenä asetuksen vaikutusvuotena eli vuonna 2006 vanhoille laitoksille ja vuonna 2003 uusille, on määräajoin suoritettavien mittausten kustannukset 40 000 – 48 000 €/a /23/.

Näiden lisäksi toiminnanharjoittaja joutuu palkkaamaan ulkopuolisen toimijan tekemään myös vuosittaiset valvontamittaukset (AST) ja asennuksen laadunvalvontamittaukset (QAL2) kerran 3:ssa vuodessa. Vuosittaisten valvontamittausten kustannuksiksi on arvioitu 10 000 – 14 000 €/a ja laadunvalvontamittausten 19 000 – 27 000 €/3a /23/. Laadunvalvontamittausten vuosittaisiksi kustannuksiksi voidaan määritellä n. 6 333 – 9 000 €/a.

Yhteensä koko jätteenpolttoasetuksen aiheuttamat vuosittaiset mittauskustannukset asettuvat välille 59 833 – 102 500 €/a. Samoin oletuksin LCP –direktiivin vaatimat mittausvelvoitteet ovat välillä 28 500 – 46 500 €/a. Karkeasti voidaan todeta, että jätteenpolttoasetuksen mittausvelvoitteiden aiheuttamat kustannukset ovat kaksinkertaiset verrattuna LCP –direktiivin mittausvaateisiin.

Ominaista mittausjärjestelmän aiheuttamille kustannuksille on, että ne ovat suunnilleen samansuuruiset huolimatta laitoksen koosta. Lisäksi mittauskomponenttien määrällä ei ole suurta vaikutusta aiheutuviin kustannuksiin, koska määräaikais- ja valvonta- sekä laadunvalvontamittausten vuosittaisiksi kustannuksiksi koituu pienimmilläänkin 36 333 €/a. Mikäli laitoksella pystytään todentamaan, että HCl, HF ja SO_2-tasot ovat kaikissa olosuhteissa alle päästöraja-arvojen, voidaan nämä mittaukset suorittaa kahdesti vuodessa määräaikaismittausten yhteydessä. Tässä tapauksessa näistä mittauksista aiheutuvat lisäkustannukset olisivat arviolta 6 333 €/a /26/. Kiinteän mittausjärjestelmän, joka mittaisi muut tarvittavat komponentit, vuotuisiksi kustannuksiksi tulisi 15 vuoden takaisinmaksuajalla ja 5 %:in korolla n.15 000 € /a. Tällöin halvimmillaankin jätteenpolttoasetuksen mittausjärjestelmän kustannuksiksi koituu 57 666 €/a /26/.

Tarkastellaan tilannetta eri laitosten näkökulmasta. Otetaan esimerkiksi pieni lämpökattila, joka on polttanut syntypaikkalajiteltua jätettä pääpolttoaineen seassa sekä suurehko teollisuuden sähkön ja lämmön yhteistuotantoon suunniteltu kattila. Valitaan kattiloiksi:

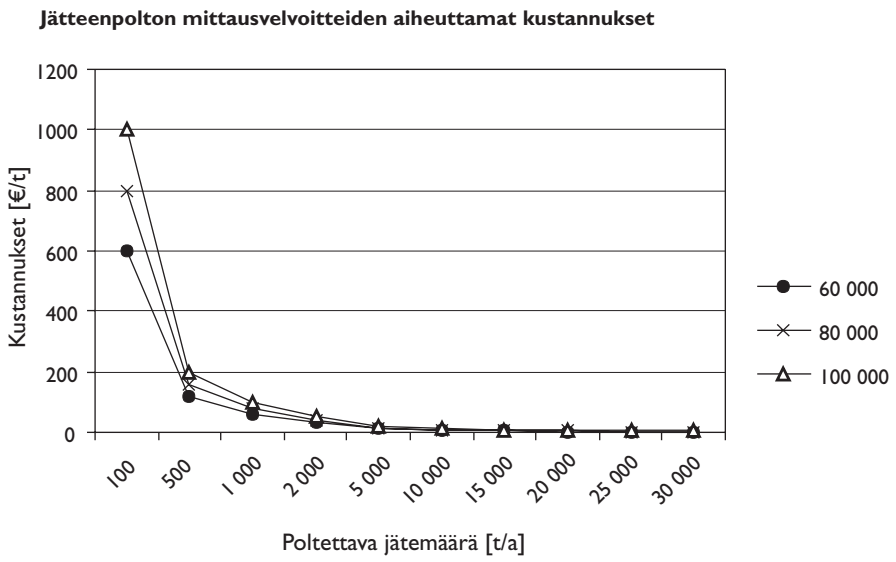
1. Vattenfall Jokilaakson lämpö Oy Konttilan lämpökeskus Oulainen
   (tiedot vuodelta 2004)
   Teho 6 MW, käyttöaika 7400h, tuotettu lämpö 28,8 GWh/a, polttanut jätettä 99,7 t
2. Kainuun voima Oy Kajaanin höyryvoimalaitos
   Teho 260 MW, käyttöaika 7954 h, tuotettu energia 1058 GWh, polttanut jätettä 29 793 t

Kuvassa 7 on esitetty jätteenpolttoasetuksen mittausvaatimusten kustannukset poltettavan jätemäärän suhteen.

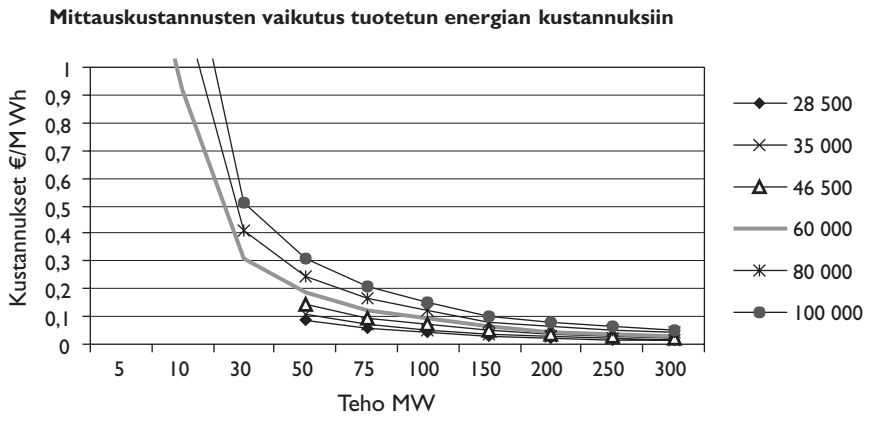
Kuvasta 7 voidaan nähdä, että pienen lämpökattilan kokemat lisäkustannukset ovat pienimmillääkin 600 €/t ja suurimmillaan 1000 €/t. Sen sijaan suuren sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksen lisäkustannukset ovat pienimmillään 2 €/t ja suurimmillaankin vain 3,33 €/t. Tässä voidaan havaita yksi jätteenpolttoasetuksen oleellisista vaikutuksista jätteen rinnakkaispolton alalle Suomessa. Pienissä rinnakkaispolttolaitoksissa toiminta muuttuu yksinkertaisesti liian kalliiksi. Jotta oltaisiin edes järkevällä kustannustasolla, tulisi laitoksen polttaa vuodessa noin 5000 tonnia jätepolttoainetta. Tällöin kustannukset olisivat 12-20 €/t. Esimerkin Oulaisten lämpökattilan tapauksessa tämä tarkoittaisi sitä, että REF –polttoaineesta tulisi pääpolttoaine ja sitä tulisi polttaa noin 50 % koko kattilaan menevästä energiasta. Jätteen polttomäärään vaikuttavat myös tekniset ja toiminnalliset riskit jotka luovat rajaarvoja poltolle. Tämän lisäksi jätepolttoaineen laatu on tärkeänä tekijänä ja myös jätepolttoaineen saatavuus. Käytännössä poltettavan jätteen määrä ei voi olla niin suuri ilman toiminnan teknisiä muutoksia ja savukaasunpuhdistusta.

Kuvasta voidaan edelleen todeta että jos pienillä, vähän jätepolttoaineita polttavilla kattiloilla mittausvaatimusten kustannukset koituvat erittäin suuriksi, niin suuremmilla, enemmän jätepolttoainetta polttavien laitosten kustannukset ovat kohtuullisia. Kun vuotuinen jätepolttoaineen polttomäärä on yli 10 000 tonnia, ei mittausvelvoitteiden lisäkustannuksista ole suurtakaan merkitystä. Tämä ohjaa siihen, että jätteen rinnakkaispoltto voi jatkua taloudellisesti kannattavana ainoastaan suuremmilla laitoksilla.

Mittauskustannuksia voidaan havainnollistaa vielä tuotetun energiankin mukaisesti. Kuvassa 8 on esitetty kustannusten vaikutus tuotettuun energiaan olettaen, että laitos on toiminnassa 6500 tuntia vuodessa täydellä kuormalla. Kuvassa katkoviivalla on merkitty LCP –direktiivin mittausvaatimuksista aiheutuvat kustannukset.



Kuva 7. Jätteenpolttoasetuksen mittausvelvoitteiden aiheuttamat kustannukset. Parametreina on mittausvelvoitteiden täyttämisen vuosittainen lisäkustannus [€/a].



Kuva 8. Mittauskustannusten vaikutus tuotetun energian kustannuksiin. Parametreina jätteenpolttoasetuksen mittausvelvoitteiden vuotuiset kustannukset ja katkoviivalla LCP –direktiivin mittausvelvoitteiden vuotuiset kustannukset.

Kuvasta 8 voidaan havaita, että pienillä laitoksilla jätteenpolttoasetuksen mittauskustannukset ovat erittäin suuret tuotettua MWh:ta kohti. 50 MW:n kohdalla vaihtoehtona on hankkia LCP -direktiivin vaatimat mittauslaitteet, joiden kustannukset on esitetty katkoviivalla. Voidaankin todeta kuvan perusteella, että laitoksilla ei ole juuri merkitystä mittausvelvoitekustannusten kannalta poltetaanko jätettä vai ei. Suurimmillaan kustannusero on noin 0,22 €/MWh, jonka voidaan todeta olevan merkityksetön. Suuremmilla laitoksilla mittauskustannusten ero vielä tasoittuu ja mittauskustannussyistä ei ole perusteltua lopettaa tai olla aloittamatta jätteen rinnakkaispolttoa. Tosin yli 100 MW:n laitoksilla on jo oltava LCP –direktiivin vaatimustason mittauslaitteet joten varsinainen valinta koskee 50-100 MW:n laitoksia.

Jos esimerkiksi 75 MW:n turvelaitos harkitsisi jätteen rinnakkaispolton aloitusta, voisi osana päätöstä olla mittausjärjestelmän kustannukset. LCP –direktiivi asettaa mittausvelvoitteet tämänkokoiselle laitokselle vuoden 2008 alusta. Kuvasta havaitaan, että suurimmillaan kustannusero mittalaitteiden hankinnassa on tuotettua energiaa kohti 15 snt/MWh ja pienimmillään 4 snt/MWh. Esimerkiksi kaukolämmöstä perittävät maksut ovat luokkaa 30 €/MWh ja sähkön 50 €/MWh. Näin ollen voidaan todeta että mittausvelvoitteiden kustannukset eivät ole jätteen rinnakkaispolton aloittamisen esteenä.

6.5

Savukaasun puhdistus

Savukaasun puhdistuksen kustannukset voivat koitua erittäin suuriksi ja sen takia savukaasun puhdistuksen tarve on olennainen tekijä tarkasteltaessa jätteen rinnakkaispolton kannattavuutta. Tarkemmin käsitellään savukaasujen komponenteista vain HCl, HF ja SO_2. Tämä siksi, että niiden päästöpitoisuuksia on helpointa arvioida ja toisaalta niiden perusteella yleensä valitaan kuitenkin koko puhdistusjärjestelmä. Lisäksi TOC:n, CO:n arvoihin ei voida vaikuttaa savukaasun puhdistuksella ja NO_x –pitoisuuksissa päästään yleensä riittävälle tasolle leijutekniikassa ilman typenpelkistystä. Toisaalta SNCR –menetelmä on helppo toteuttaa mihin tahansa järjestelmään. Hiukkasten kohdalla kaikissa järjestelmissä on hiukkasten erotuslaitteisto joka tapauksessa.

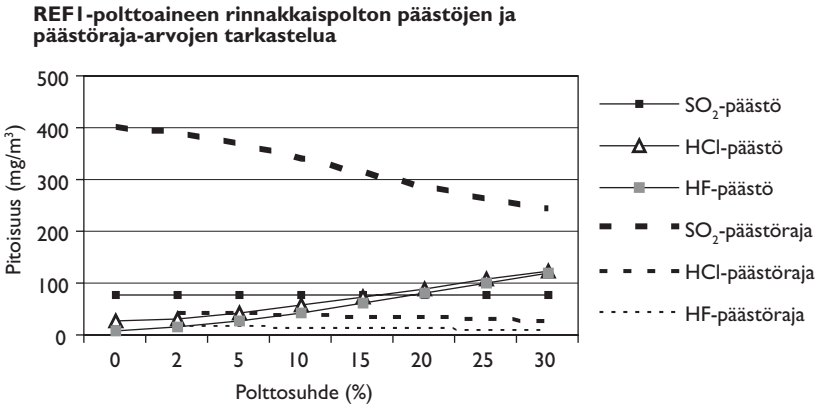
6.5.1

Savukaasujen puhdistusjärjestelmä

Käytännössä valittavia savukaasun puhdistusjärjestelmiä ei ole monta. Rikinpoistolaitteisto määrittelee suurelta osin laitoksen savukaasunpuhdistuksen. Tämän lisäksi voi typen pelkistyksen ja happamien yhdisteiden (HCl ja HF) takia järjestelmä vaatia lisäsovelluksia.

Puhdistusjärjestelmä voi yksinkertaisuudessaan olla pelkkä kalkin syöttö tulipesään, joka sitoo rikkiyhdisteet ja tämän jälkeen partikkelit kerätään sähkösuodattimessa. Kalkin syötöllä tulipesään ei kuitenkaan voida merkittävästi sitoa happamia yhdisteitä, joita muodostuu kloori- ja fluoripitoisesta jätepolttoaineesta. Tilanteet vaihtelevat kuitenkin tapauskohtaisesti ja ovat tietysti riippuvaisia jätepolttoaineen laadusta ja ominaisuuksista sekä polttotavasta. Kukaan laitetoimittaja ei kuitenkaan ole valmis antamaan päästötakuita pelkällä sähkösuodattimella poltettaessa jäteperäisiä polttoaineita. Tällaisten järjestelmien etuna ovat kuitenkin edulliset käyttökustannukset. Menetelmä on melko yleinen kohtalaisen suurien leijukerroskattiloiden puhdistusjärjestelmänä ja tästä syystä on mielenkiintoinen tarkastelun aihe. Vaikuttaisi siltä, että tällaisella savukaasunpuhdistuksella voitaisiin päästä hyvään erotuskykyyn vain hyvälaatuisilla teollisuuden ja kaupan REF I –polttoaineilla ja pienillä määrillä, mutta kuten edellä todettu, kattilavalmistajat eivät antaisi takuuarvoa pelkälle sähkösuodattimelle. Suuremmissa laitoksissa jäteperäisen polttoaineen poltto rinnalla pienillä määrillä voisi hyvinkin olla kannattavaa mikäli päästörajoitusten alle olisi mahdollista päästä. Hyvälaatuisen jätepolttoaineen ominaisuuksiin kuuluu korkea lämpöarvo ja kohtalaisen pieni tuhkapitoisuus ja polttoaine on edullista ominaisuuksiinsa nähden. Käyttökustannuksia kertyy lähinnä kalkin hankinnasta.

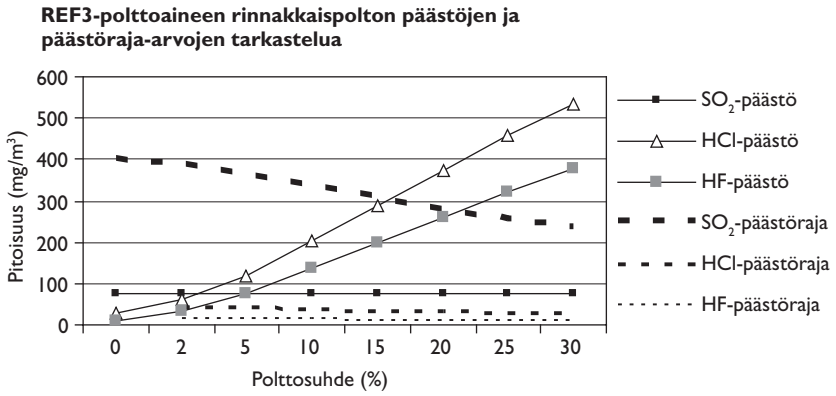
Menetelmällä päästään noin 90 %:n SO_2:n reduktioon ja 10-40 %:n reduktioon HCl:n ja HF:n osalla /22/. Valitaan HCl:n ja HF:n reduktioksi 25 % ja tarkastellaan seuraavassa kuvassa 9 puhdistusjärjestelmän vaikutusta päästöihin ja päästörajaarvojen alittamiseen.



Kuva 9. REF I rinnakkaispolton päästöjen vertailu päästöjen raja-arvoon kun käytössä on tulipesän kalkkisyöttö ja sähkösuodatin.

Kuvasta 9 huomataan, että rikkidioksidin reduktio on erinomainen ja päästörajat alitetaan selvästi. Sen sijaan HF –päästö ylittää raja-arvon jo 2 %:n polttosuhteella. Vetyfluoridipäästön perusteella ei kuitenkaan voi määritellä sopivaa polttosuhdetta, koska polttoaineen fluoripitoisuus on arvioitu. VTT:n polttoaineiden ominaisuuksien tiedoissa ei kerrottu jätepolttoaineen fluoripitoisuutta ja pitoisuus onkin arvioitu Kauttuan jätepolttoaineen fluoripitoisuuden perusteella. Pitoisuus voi kuitenkin muuttua paljon alueellisesti jätepolttoaineissa ja siitä syystä HCl:n mukaan mitoittaminen tuntuu luontevammalta. HCl –päästö ylittää päästöraja-arvon noin 4 %:n polttosuhteen kohdalla. HCl:n reduktioksi arvioitiin kuitenkin 25 %:ia mikä voisi olla hieman parempi tai huonompi ja tällä voi olla pieni vaikutus polttosuhteen raja-arvoon. Joka tapauksessa tämän tarkastelun mukaan REF I–polttoainetta voisi polttaa muutaman prosentin pääpolttoaineen rinnalla ilman uusia puhdistusjärjestelmähankintoja.

Kuvassa 10 on esitetty REF III–polttoaineen rinnakkaispolton päästöjen vertailu muodostuviin raja-arvoihin.



Kuva 10. REF III –polttoaineen rinnakkaispolton päästöt verrattuna päästöraja-arvoihin.

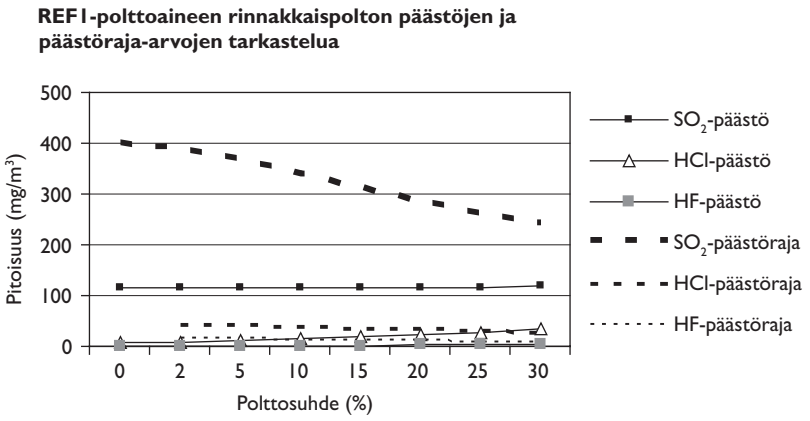
Kuten oletettavaa on, ei tämän tarkastelun mukaan ole REF III –polttoainetta järkevää polttaa pääpolttoaineen rinnalla tällaisella savukaasunpuhdistusjärjestelmällä päästörajoja ajatellen.

Asentamalla kalsiumhydroksidin (CaOH) syöttö kylmälle puolelle ja tämän perään letkusuodatin, voidaan poistaa rikkidioksidi ja muut happamat yhdisteet sekä hiukkaset. Myös raskasmetallit ja PCDD/F –yhdisteet voidaan poistaa tehokkaasti ja tarvittaessa voidaan käyttää aktiivihiiltä, jonka avulla raskasmetalli ja PCDD/F –yhdisteiden reduktiota voidaan merkittävästi parantaa. Kuiva menetelmä aiheuttaisi noin 3 M€ investoinnit keskisuurella teollisuuskattilalla. Tähän hintaan voidaan lisätä perustustöistä ja erilaisista liitännöistä aiheutuvat kustannukset. Lisäksi korvattaessa ESP letkusuodattimella painehäviö kasvaa, mikä aiheuttaa uusien puhaltimien hankintatarpeen. Tästä voidaan arvioida noin 300 000 € kustannukset. Tämän lisäksi savukaasukanavat joudutaan uusimaan ja niiden tukirakenteita ja eristyksiä joudutaan muuttamaan. Tästä voidaan arvioida kertyvän satojen tuhansien eurojen kustannukset. Yhteensä kuivan menetelmän investointikustannuksiksi voidaan karkeasti arvioida noin 3,6 M€. Tämäntyyppisen investoinnin jälkeen jäteperäisten polttoaineiden osuutta voidaan nostaa melko suureksi. Mikäli laatu on hyvää, voidaan se nostaa jopa pääpolttoaineeksi ilman mitään ongelmia savukaasujen päästöraja-arvojen alittamisessa.

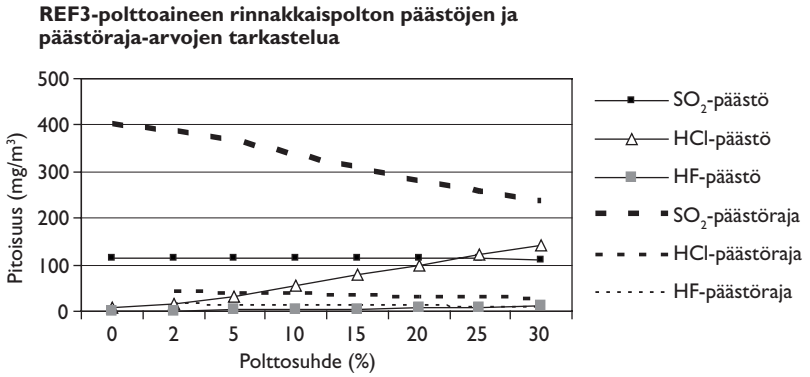
Arvioidaan kuivan menetelmän rikinpoistoasteeksi 85 % ja HCl:n reduktioksi 80 % ja HF:n reduktioksi 98 % /22/. Vertaillaan savukaasun pitoisuuksia puhdistuksen jälkeen päästöraja-arvojen kanssa. Kuvassa 11 on verrattu hyvälaatuisen REF 1 –polttoaineen rinnakkaispolton päästöjä päästöjen raja-arvoihin.

Kuvasta 11 voidaan havaita, että päästörajat alittuvat pienillä osuuksilla selvästi. Ainoastaan HCl- pitoisuus ylittää päästörajan, mutta tällöinkin rinnalla poltetaan jo yli 25 %:ia jätepolttoainetta. Käytettäessä huonompilaatuista jäteperäistä polttoainetta (kuva 12) HCl koituu ongelmaksi jo pienemmillä polttosuhteilla. Jo hieman yli 5 %:n polttosuhde aiheuttaa HCl:n raja-arvon ylityksen. Muut päästöt pysyvät raja-arvojen alapuolella suurillakin polttosuhteilla.

Puolikuivassa menetelmässä savukaasut sekoitetaan kalkkimaitoon suihkupesurissa ja johdetaan tämän jälkeen letkusuodattimelle. Menetelmään voidaan tarvittaessa lisätä aktiivihiilisyöttö. Menetelmässä ei synny jätevesiä, vaikka nimi siihen hieman viittaakin. Puolikuivan laitteiston investointikustannukseksi voidaan arvioida 5-6 M€ ja muiden aiheutuvien kustannusten voidaan arvioida olevan samoja kuin kuivassa menetelmässä. Näin ollen puolikuivan menetelmän investointikustannuksiksi saadaan n. 5,5–6 M€. Menetelmällä voidaan erottaa lähes kokonaan HCl (95 %) ja HF (99 %) pitoisuudet savukaasuista ja rikkidioksidinkin reduktio on 85 % /22/. Kuvassa 13 on esitetty REF1 –polttoaineen rinnakkaispolton päästöjen ja päästöraja-arvojen vertailu.



Kuva 11. REF I polttoaineen rinnakkaispolton päästöt verrattuna päästöjen raja-arvoihin.

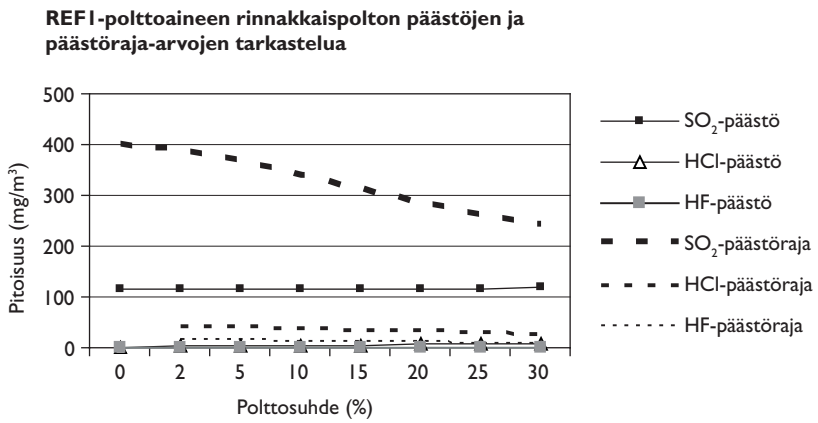


Kuva 12. REF III -polttoaineen rinnakkaispolton päästöt verrattuna päästöjen raja-arvoihin.

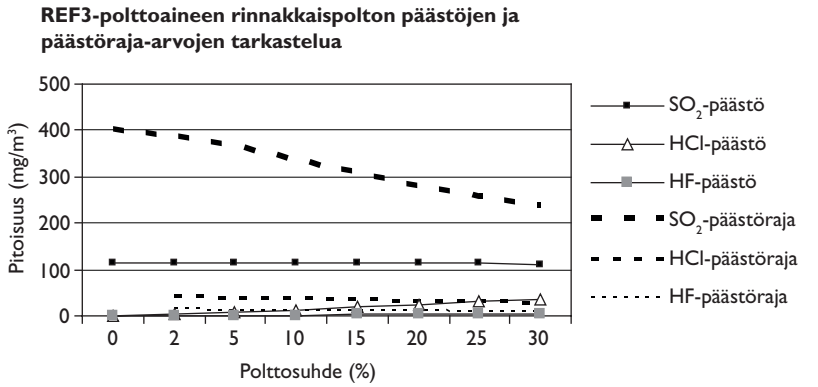
Rikkidioksidin reduktio on selvästi riittävä ja raja-arvot eivät ylity. Myös muiden komponenttien osalta voidaan todeta, että kaikkien raja-arvojen alle päästään.

Kuvasta 14 voidaan todeta että REF3 –polttoaineen tapauksessa raja-arvo HCl:n tapauksessa tulee olemaan noin 25 %:n polttosuhteen alueella.

Märän menetelmän tapausta ei tässä katsottu tarpeelliseksi tarkastella. Märkä menetelmä aiheuttaa huomattavat kustannukset investointi- ja käyttöpuolella ja lisäksi jätevesiä joudutaan mittaamaan ja analysoimaan. Reduktiossa päästään parempaan kuin puolikuivalla menetelmällä, mutta puolikuivankin menetelmän reduktio on jo hyvä. Tarkastelu on puhtaasti teoreettinen ja tästä syystä arvot lienevät konservatiivisia ja todellisuudessa on mahdollista päästä edellä mainittuja suurempiin polttosuhteisiin.



Kuva 13. REF I polttoaineen rinnakkaispolton päästöt verrattuna päästöjen raja-arvoihin.



Kuva 14. REF III polttoaineen rinnakkaispolton päästöt verrattuna päästöjen raja-arvoihin.

6.5.2

Savukaasujen puhdistuksesta aiheutuvat kustannukset

Savukaasun puhdistuslaiteinvestoinnit voidaan olettaa olevan samat laitoksille koosta huolimatta. Käyttö ja kunnossapidon kustannukset muuttuvat sen sijaan koon mukaan. Savukaasun puhdistusjärjestelmää uusittaessa kustannukset kohoavat lähes poikkeuksetta erittäin korkeiksi. Kuten edellisessä kappaleessa esitettiin, kuivan me-

netelmän investointikustannukset ovat luokkaa 3,6 miljoonaa euroa ja puolikuivan menetelmän 5,5 – 6 miljoonaa euroa. Tämän lisäksi kunnossapitokustannukset ovat merkittävät. Lienee selvää, että pienissä lämpölaitoksissa ei tämän kaltaisiin investointeihin ole mitään mahdollisuuksia. Periaatteessa savukaasun puhdistuslaitteiden uusinta ajaa polttamaan hyvälaatuista jätettä mahdollisimman paljon, jotta investoinneista hyödyttäisiin halvan polttoaineen avulla. Savukaasun puhdistusjärjestelmän käyttöikä on pitkä ja se tasoittaa vuotuisia kustannuksia, mutta silti investoinnit ovat niin suuria että poltettavan jätteen määrää on lisättävä. Fortumin Kauttuan voimalaitos on tästä hyvä esimerkki ja siitä enemmän kappaleessa 10.

6.6

Muut muutokset ja niiden kustannukset

Jätteenpolttoasetuksen voimaantulo saattaa aiheuttaa muitakin muutoksia jätteen rinnakkaispolttolaitoksilla. Polttoaineen syöttöjärjestelmiin vaaditaan siinä määrin automaatiota, että niiden uusiminen saattaa olla monella laitoksella edessä. Uusiin raja-arvoihin pääsyn takia voi uuden murskaimen hankkiminen tai ilman vaiheistuksen lisääminen tulla ajankohtaiseksi. Uusien kuljettimien ja uusien varastotilojen rakentaminen saattaa tulla eteen. Tämän lisäksi jätettä polttavassa laitoksessa tulistimia voidaan joutua uusimaan tai pinnoittamaan ja kattilaseinämiä muuttamaan mikäli jätepolttoaineen laatu on huono tai hyvälaatuisen jätepolttoaineen osuus kasvaa suureksi. Tämäntyyppisten korjausten tekeminen on aina erittäin kallista. Esimerkiksi tulistimien uusimisen kustannukset suurissa laitoksissa voivat kohota useisiin miljooniin euroihin.

7 Tuhkan jätehuolto jätteen rinnakkaispoltossa

Suomalainen jätteenpoltto tapahtuu pääosin rinnakkaispolttona, kun taas pääosa eurooppalaisesta jätteenpoltosta tapahtuu arinapolttona. Tuhkien kannalta tällä on suuri merkitys. Ensinnäkin sekajätteen tuhkapitoisuus vaihtelee välillä 20-35 %, kun kierrätyspolttoaineiden tuhkapitoisuus vaihtelee välillä 5-15 % laadusta riippuen. Massapolttolaitoksissa suurin osa tuhkasta otetaan talteen kattilan pohjatuhkana (noin 90 m- %) ja seulonnan ja magneettierotuksen jälkeen tuhka on usein soveliasta hyötykäyttöön. Tämä johtuu siitä, että korkean palamislämpötilan takia lähes kaikki raskasmetallit höyrystyvät ja kerääntyvät lentotuhkaan. Lentotuhkaan lasketaan myös savukaasun puhdistustuotteet ns. APC tuotteet. Vaikka lentotuhka käsitelläänkin ongelmajätteenä, ei sen kustannuksista kerään ny merkittävän suurta summaa arinapoltossa, koska määrä on niin pieni /27/.

Toisin on leijukerrospolton tapauksessa, missä suurin osa tuhkasta kulkeutuu lentotuhkaan. Näin ollen lentotuhkan määrä leijukerrospoltossa on huomattavasti suurempi kuin arinapoltossa. Rinnakkaispolton lentotuhkan haitallisuus ei kuitenkaan ole verrannollinen arinapolton lentotuhkaan, koska jäte poltetaan seoksena muun polttoaineen joukossa ja polttoaineen laatu on parempi ja kokonaistuhkapitoisuus on pienempi. Jätepolttoaineen sisältämät epäpuhtaudet kerääntyvät kuitenkin lentotuhkaan ja saattavat kontaminoida sen niin suuresti, että lentotuhkan hyötykäyttö tai jopa tavanomaiselle kaatopaikalle sijoitus on mahdotonta /27/.

7.1

Tuhkien haitta-aineet

Raskasmetallit höyrystyvät korkeassa lämpötilassa kattilassa ja kulkeutuvat lentotuhkan mukana. Hiukkaserottimella voidaan erottaa suurin osa lentotuhkaan kiinnittyneistä raskasmetalleista. Taulukossa 7 on esitetty VTT:n REF –seospolton tuhkien analyyseistä saatuja tuloksia. Lentotuhka on erotettu molemmissa tapauksissa sähkösuodattimella. Tutkimuksen kohteena oli Forssan energian kattila, jossa poltettiin yhdyskuntajäteperäistä REF polttoainetta sekä UPM-Kymmenen Tervasaaren kattila Valkeakoskella, jossa poltettiin paperiteollisuuden paperi- ja muovijätettä. Kummassakin tapauksessa pyrittiin käyttämään jäteperäistä polttoainetta noin 10 %:ia tehosta. Taulukossa 7 on myös turpeen poltossa tavanomaisesti syntyvän tuhkan koostumuksen arvot ja saastuneen maan raja-arvo ehdotus.

Taulukko 7.
Raskasmetallien analyysitulokset laitoksilla /27/.

	Tervasaari petihiekka (mg/kg)	Tervasaari lentotuhka (mg/kg)	Forssan petihiekkaa (mg/kg)	Forssan lentotuhka (mg/kg)	Turve-tuhka (mg/kg)	Raja-arvo ehdotus (mg/kg)
Antimoni (Sb)			27	94		40
Arseeni (As)	<30	<30	21	51	31-116	60
Kadmium (Cd)	<10	<10	0,05	15	0,5-5	10
Koboltti (Co)	41	26	12	32		200
Kromi (Cr)	22	63	120	230	43-130	500
Kupari (Cu)	29	120	1200	2200	60-160	400
Lyijy (Pb)	<40	55	55	790	160-970	300
Mangaani (Mn)	810	1700	1900	5000		
Molybdeeni (Mo)	<5	8	10	35	14-40	200
Nikkeli (Ni)	11	38	15	53	30-700	300
Seleeni (Se)			<10	<10	<10-26	10
Sinkki (Zn)	550	380	1100	3300	48-540	700
Tallium (Tl)			<3	<3		10
Tina (Sn)	3,1	9,6	28	80		300
Vanadiini (V)	23	56	36	100	18-590	500

Taulukosta 7 voidaan havaita, että Tervasaaren tapauksessa koholla ovat vain mangaani ja sinkki. Mangaani tuottaa usein ongelmia puuperäisiä polttoaineita poltettaessa. Korkeat sinkin arvot selittyvät rakennuspuun mukana kulkeneista sinkityistä nauloista. Myös Forssan tapauksessa mangaanin ja sinkin arvot ovat koholla ja syyt tähän ovat samat kuin Tervasaarenkin tapauksessa. Forssan tapauksessa myös kuparin ja lyijyn arvot ovat suuria. Tämä selittynee jätepolttoaineiden mukana tulleista johtimista ja elektroniikkaromusta sekä pinnoite- ja maalijätteistä. Tervasaaren petihiekka ja lentotuhka ovat kaikkien muiden paitsi kadmiumin osalta turvetuhkan rajojen sisäpuolella. Forssan tapauksessa lentotuhkan arvot poikkeavat tavanomaisen turvetuhkan arvoista kuparin, sinkin ja kromin osalta. Huomattavaa kuitenkin on, että turvetuhkankin arvot ylittävät joissakin tapauksissa saastuneen maan arvot arseenin, lyijyn, nikkelin, seleenin ja vanadiinin osalta.

Tuhkan hyötykäyttöä ja läjitystä tarkasteltaessa tärkein ominaisuus tuhkassa on kuitenkin haitta-aineiden liukoisuus. Taulukossa 8 on esitetty sekä Tervasaaren että Forssan tuhkien liukoisuudet ja lisäksi hyötykäytön liukoisuusraja-arvot. Raja-arvo 1 on päällystämättömälle rakenteelle ja raja-arvo 2 päällystetylle rakenteelle.

Aikaisempien tutkimusten perusteella on havaittu, että turvetuhkan osalta liukoisuusrajat ylittyvät molybdeenin ja seleenin liukoisuusarvoissa. Myös Tervasaaren petihiekassa ja lentotuhkassa sekä Forssan lentotuhkassa molybdeenin liukoisuus ylittää hyötykäytön raja-arvot. Huomattavaa on, että Forssan lentotuhkassa kohonneina olleet metallipitoisuudet eivät kuitenkaan ylitä liukoisuuden raja-arvoja mikä viittaa siihen, että ne ovat metallisessa muodossa. VTT:n tutkimuksen arvion mukaan Tervasaaren ja Forssan petihiekkaa ja lentotuhkaa voi sijoittaa tavanomaisen jätteen kaatopaikalle. Forssan tapauksessa tulisi kuitenkin järjestää tehokas seuranta liukoisuudesta, koska metallien ja suolojen pitoisuudet ovat korkeita tuhkassa /27/.

Vaikuttaisi siltä, että poltettaessa hyvälaatuista REF –polttoainetta rinnakkain pääpolttoaineen kanssa, tuhkan ominaisuudet eivät merkittävästi eroa pääpolttoaineen tuhkista. Huonompilaatuista jäteperäistä polttoainetta käytettäessä tuhkan ominaisuudet muuttuvat, mutta metallit ovat suurimmalta osin metallisessa muodossa ja liukoisuuden perusteella läjitys olisi mahdollista. Varsinkin, jos yhdyskuntajäteperäistä REF II polttoainetta poltetaan pääpolttoaineen rinnalla vain muutamia prosentteja,

Taulukko 8.
Tuhkien liukoisuudet /27/.

Näyte	Tervasaari petihiekka (mg/kg)	Tervasaari lentotuhka (mg/kg)	Forssan petihiekka (mg/kg)	Forssan lentotuhka (mg/kg)	Hyötykäytön raja-arvo 1 (mg/kg)	Hyötykäytön raja-arvo 2 (mg/kg)
	L/S 10	L/S 10	L/S 10	L/S 10	L/S 10	L/S 10
PH	11,1	11,7	11,8	11,5		
Johtokyky	39	138	195	290		
As				<0,2	0,14	0,85
Cd	<0,02	<0,02		<0,02	0,011	0,015
Cr				0,05	2	5,1
Cu	<0,1	<0,1	<0,05	<0,1	1,1	2
Mo	<1,5	3,6	<0,1	2,4	0,31	0,5
Pb	<0,1	<0,1	0,3		1	1,8
Sb				0,2	0,12	0,4
SO42-				340	1500	
Zn	<0,1	<0,1			1,5	2,7

on oletettavaa, ettei sen vaikutus kokonaistuhkan hyödyntämiseen tai läjitykseen ole merkittävä. Tavanomaistenkin polttoaineiden tuhkien ominaisuuksissa on huomattavia vaihteluja ja hyötykäytön raja-arvoja ei aina saavuteta.

7.2

Tuhkan käsittely

Tuhkan laadun parantamista varten on kehitetty useita eri tekniikoita, joiden avulla sen ominaisuuksia yritetään parantaa hyötykäyttöä tai läjitystä varten. Tärkeimmät menetelmät ovat varastointi, pesu- ja uuttotekniikat, kiinteytys- ja stabiliointitekniikat ja terminen loppukäsittely. Näiden lisäksi tuhkasta voidaan poistaa magneettiset metallit magneettierottimella ja ei-magneettiset metallit sekä muut epäpuhtaudet seulonnalla.

Tuhkien käsittelystä on käyttökokemuksia melko vähän ja erityisesti jätteen rinnakkaispolton tuhkien käsittelystä ei tietoa juuri ole. Seuraavassa on oletettu jätteen rinnakkaispolton tuhkien käsittelyn tapahtuvan tavanomaisen jätteenpolton tuhkien tapaan.

7.2.1

Varastointi

Varastoinnilla eli vanhentamisella pyritään parantamaan polttoprosessissa muodostuneiden, usein lähinnä kuonien, kemiallista stabiiliutta. Vanheneminen kestää usein 6-20 viikkoa ja tuhkaa on kasteltava ja sekoitettava vanhenemisen aikana. Vanhentamisen aikana tuhka karbonisoituu kun sen sisältämät alkaliset oksidit reagoivat kostutettuna ilman hiilidioksidin kanssa karbonaateiksi /1/. Karbonisoitumisreaktioiden kautta varastoitavan tuhkan PH –arvo laskee välille 8-9, jolloin monien kationeina esiintyvien metallien, kuten kuparin, lyijyn ja sinkin, liukoisuus on pienimmillään. Ikääntymistä voidaan kiihdyttää nostamalla lämpötilaa, kontrolloimalla

kosteusolosuhteita ja syöttämällä hiilidioksidia varastointitilaan. Menetelmä soveltuu tuhkan haitallisten aineiden liukoisuuden pienentämiseen /28/.

7.2.2
Pesu

Tuhkan pesulla pyritään poistamaan siinä olevat liukoiset aineet. Helposti liukenevat suolat, kuten kloridit ja bromidit voidaan yksinkertaisesti erottaa pienellä vesilisäyksellä. Sen sijaan niukkaliukoiset yhdisteet, kuten raskasmetallit, voidaan erottaa pesemällä vain osittain, minkä vuoksi normaalin vesipesumenetelmän tehokkuus metallien liukoisuuden edistämisessä jää yleensä melko heikoksi. Tuhkan PH -arvolla on suuri merkitys pesun tehokkuuteen. Emäksisyys vähentää vesipesutekniikan tehoa, sillä emäksisissä olosuhteissa poistuvat tavallisesti ainoastaan amfoteeriset metallit. Muiden metallien poistamiseksi tarvitaan usein merkittävää happolisäystä PH -arvon laskemiseksi. Pesutekniikan etuna ovat alhaiset käyttökustannukset, mutta ongelmia syntyy jätevesien käsittelystä ja niiden kustannuksista. Lisäksi pesun soveltuvuus tuhkan käsittelyyn on selvitettävä aina erikseen tuhkien heterogeenisyyden takia/28/.

7.2.3
Kiinteytys- ja stabilointitekniikat

Kiinteytys- ja stabilointitekniikoita käytetään haitta-aineiden liukoisuuden pienentämiseksi tai hidastamiseksi. Kiinteytyksellä tarkoitetaan tekniikoita, joissa materiaali eristetään monoliittiseksi rakenteellisen kokonaisuuden omaavaksi kiinteäksi materiaaliksi esimerkiksi sementiksi. Stabiloinnissa taas muutetaan materiaalin kemiallisia ominaisuuksia vähemmän liukoiseen, liikkuvaan tai myrkylliseen muotoon. Menetelmiä on kehitetty erityisesti raskasmetallien sitomiseen. Kiinteytys voi tapahtua erilaisten sideaineiden avulla ja stabiloinnissa voidaan käyttää kemiallisia menetelmiä tai orgaanisia lisäaineita /28/.

7.2.4
Terminen käsittely

Termisellä käsittelyllä pyritään haitta-aineiden liukoisuuden pienentämiseen. Terminen käsittely voidaan jakaa kolmeen päämenetelmään: a) vitrifikaatio, b) fuusio ja c) sintraus tai terminen sitominen. Menetelmän valintaan vaikuttaa tuhkan ominaisuudet ja lopputuotteen vaatimukset /28/. Tuhka kuumennetaan 1200 – 1500 celsiuksen kuumuuteen, jolloin se sulaa tai sintraantuu ja muodostaa lasimaista ainetta /27/.

Vitrifikaatiolla tarkoitetaan kemiallista prosessia, jossa lasinmuodostajaa ja käsiteltävää materiaalia sulatetaan korkeassa lämpötilassa ja saadaan lasimainen inertti lopputuote. Fuusiossa käsiteltävää materiaalia sulatetaan sellaisenaan heterogeenisen tai kidemäisen tuotteen muodostamiseksi, mikä yksinkertaistaa prosessinohjausta huomattavasti verrattuna vitrifikaatioon. Sintrauksessa materiaalia lämmitetään kemiallisten faasien uudelleenjärjestämisen mahdollistamiseksi /28/. Termisillä käsittelyillä voidaan tehokkaasti hajottaa PCDD/F –yhdisteet ja raskasmetallit, mutta ainakin vielä niiden rasitteena on korkeat kustannukset energiatarpeen takia /27/.

7.3

Hyötykäyttömahdollisuudet

Tuhkan hyötykäyttömahdollisuudet riippuvat luonnollisesti tuhkan laadusta ja laadun tasaisuudesta. Seospolton hyötykäyttömahdollisuudet ovat kuitenkin heikommat kuin esimerkiksi kivihiilen tuhkien kohdalla tuhkan huonomman laadun takia. Turpeen ja puun tuhkien hyötykäyttö on muutenkin vähäistä ja rinnakkaispoltossa näiden tuhkien laatu heikkenee entisestään. Hyötykäyttömahdollisuuksia saattaa kuitenkin olla maanrakennuksessa ja betoniteollisuudessa. Yleisesti voidaan sanoa, että pohjatuhkan hyödyntäminen on eniten mahdollisuuksia tarjoava tuhkamuoto. Leijutekniikassa lentotuhkan määrä on kuitenkin paljon suurempi kuin pohjatuhkan ja se sisältää enemmän haitta-aineita /27/.

7.4

Aiheutuvat kustannukset

Tuhkan jätehuollosta aiheutuvat kustannukset riippuvat suuresti syntyvän tuhkan laadusta. Hyvälaatuinen tuhka voidaan jopa hyötykäyttää maanrakennuksessa tai maisemoinnissa. Tällöin kustannukset kertyvät ainoastaan kuljetuskustannuksista. Tavanomaisen jätteen kaatopaikalle sijoitettavan tuhkan kustannuksiksi voidaan arvioida 7 €/t + kuljetuskustannukset /10/. Mikäli tuhkaa ei voi sijoittaa tavanomaisen jätteen kaatopaikalle se tulee käsitellä ongelmajätteenä ja kustannukset tällaisessa tapauksessa nousisivat keskimäärin noin 50 euroon tonnilta. VTT:n tutkimuksen ”REF –seospolton tuhkat” perusteella voidaan REF –seospolton tuhkat sijoittaa tavanomaisen jätteen kaatopaikalle, kun rinnalla poltetaan noin 10 % jäteperäistä polttoainetta. Mikäli jätettä poltetaan rinnalla paljon, voi tuhkien laatu heiketä niin, että se käsitellään ongelmajätteenä. Leijutekniikassa tämä tarkoittaisi sitä, että suurin osa syntyvästä tuhkasta olisi ongelmajätettä ja aiheutuvat lisäkustannukset olisivat mittavat. Suuria määriä jätettä poltettaessa saattaakin olla viisasta erottaa lentotuhka ja APC –tuote toisistaan esimerkiksi käyttämällä sähkösuodatinta ennen varsinaista savukaasun puhdistusta. Tällöin suurin osa lentotuhkasta erottuu sähkösuodattimessa ja voidaan laatunsa puolesta todennäköisesti sijoittaa tavanomaisen jätteen kaatopaikalle. Tällaista menetelmää käytetään esimerkiksi Fortumin Kauttuan voimalaitoksella, jossa jäteperäinen polttoaine on pääpolttoaineena. Kauttuan voimalaitoksen toimintaa on esitelty tarkemmin kappaleessa 10.

8 Jätteen rinnakkaispolton aiheuttamat lisäkustannukset laitoksilla

Edellä on käyty läpi jätteenpolttoasetuksen aiheuttamia lisäkustannuksia laitoksille mittauslaitteiden, savukaasun puhdistuksen ja tuhkan jätehuollon takia. Tässä kappaleessa on tarkoitus käsitellä syntyviä yhteiskustannuksia ja pohtia millä tavoin laitokset voivat kustannuksista selvitä ja jatkaa toimintaansa. Kustannukset voivat koitua pakollisista kustannuksista (mittauslaitteet, raportointi, hälytysjärjestelmät, syöttöjärjestelmien automatisointi, tuhkan jätehuolto) ja niiden lisäksi toiminnan tehostamiseen liittyvistä kustannuksista (savukaasun puhdistus, palotilan muutokset, lämpöpintojen muutokset), joilla yleensä tähdätään jäteperäisen polttoaineen käytön lisäämiseen.

8.1

Erilaisia tukimenetelmiä

Erilaisia tukimenetelmiä on useita, joista tässä käydään läpi muutama sellainen, jolla saattaa olla merkitystä jätteen rinnakkaispolton kannalta. Näistä tärkeimpiä ovat vihreät sertifikaatit, investointituki, energiatuki ja valmistevero.

Vihreillä sertifikaateilla pyritään tukemaan uusiutuvilla energialähteillä tuotettua sähköä. Vihreät sertifikaatit ovat markkinapohjainen keino toisin kuin vero ja investointituet. Markkinapohjaisuus tarkoittaa sitä, että tuottaja, joka pystyy tuottamaan sertifikaattinsa edullisimmin, saa sertifikaattinsa parhaiten myytyä, jolloin uudet investoinnit kohdistuvat kustannustehokkaampiin hankkeisiin. Sertifikaatit ovat todistus siitä että tietty määrä sähköä on tuotettu uusiutuvilla energialähteillä. Myönnettyjen sertifikaattien määrä on yhtä suuri kuin tuotettu määrä sähköä eli yhdestä MWh:sta saa yhden sertifikaatin. Jos rinnakkaispolttolaitoksella tuotettu sähkö katsotaan tuotetun sertifikaattikelpoisella uusiutuvalla energialla, jota valmistetut kierrätyspolttoaineet edustavat, voitaisiin vihreitä sertifikaatteja myydä /10/. Suomessa ei tällä hetkellä ole pakotteita tai velvoitteita vihreiden sertifikaattien hankkimiseen. Esimerkiksi Ruotsissa on muodostettu kansallinen vihreiden sertifikaattien järjestelmä, jossa kuluttajien on hankittava vuodessa tietty määrä vihreitä sertifikaatteja. Käytännössä sähköyhtiöt hankkivat tarvittavat sertifikaatit ja laskuttavat niistä. Suomessa tämän tyyppinen järjestelmä saattaisi osaltaan edistää jätteen energiakäytön kannattavuutta. Kierrätyspolttoaine katsotaan uusiutuvaksi energialähteeksi ja sillä voi näin ollen kerätä vihreitä sertifikaatteja myyntiä varten. Tämä olisi mahdollista nimenomaan jätteen rinnakkaispoltossa, jossa usein tuotetaan sähköä ja lämpöä.

Investointitukea voidaan myöntää yritysten toimintaympäristön parantamista varten. Tuki suunnataan hankkeisiin jotka eivät toteutuisi ilman tukea, nopeutuvat aikataulultaan tuen saamisen takia tai voidaan toteuttaa korkeatasoisempana ja laajempana tuen kanssa. Mikäli hankkeessa on myönteisiä ympäristövaikutuksia, myös näiden katsotaan auttavan hankkeen hyväksymistä. Tukia koskevia asioita käsittelee kauppa- ja teollisuusministeriö sekä työvoima- ja elinkeinokeskukset /10/.

Energiatukea voidaan myöntää yrityksille ja kunnille sellaisiin hankkeisiin, jotka edistävät uusiutuvan energian tuotantoa tai käyttöä, edistävät energiansäästöä tai energiatuotannon tehostamista, vähentävät energiatuotannon tai käytön ympäristöhaittoja tai muutoin edistävät energiahuollon varmuutta ja monipuolisuutta. Tuen piiriin kuuluvat valmistelu- ja suunnittelukustannukset, rakennusten sekä koneiden ja laitteiden hankinnasta ja asennuksesta sekä niiden muutos- ja korjaustöistä aiheutuvat kustannukset sekä käyttöönotosta ja käyttöönoton vaatimasta käyttöhenkilökunnan koulutuksesta aiheutuvat kustannukset.

Valmisteverollisia polttoaineita ovat kivihiili, polttoturve, maakaasu ja mäntyöljy sekä POR ja POK. Kaikista polttoaineista ei makseta veroa ja näin eri polttoaineet ovat eri asemassa. Jätepolttoaineet ovat valmisteverottomia joten ne ovat tässä suhteessa kilpailukykyisempiä kuin tavanomaiset polttoaineet.

Edellisten lisäksi käytössä on erilaisia laina sekä korkotukimuotoja ja energiataloudellisia avustuksia. Näiden perusteella voitaisiin sanoa että jätteiden rinnakkaispolttolaitosten läpikäymät uudistukset eivät riittävän tuen kanssa tule olemaan aivan kohtuuttomat. Valtion tulisikin tarkkaan kartoittaa tarpeet ja toimet joilla jätehuoltoa voitaisiin parantaa energiakäytöllä ja tukea tällaisia hankkeita.

8.2

Kustannustarkastelua

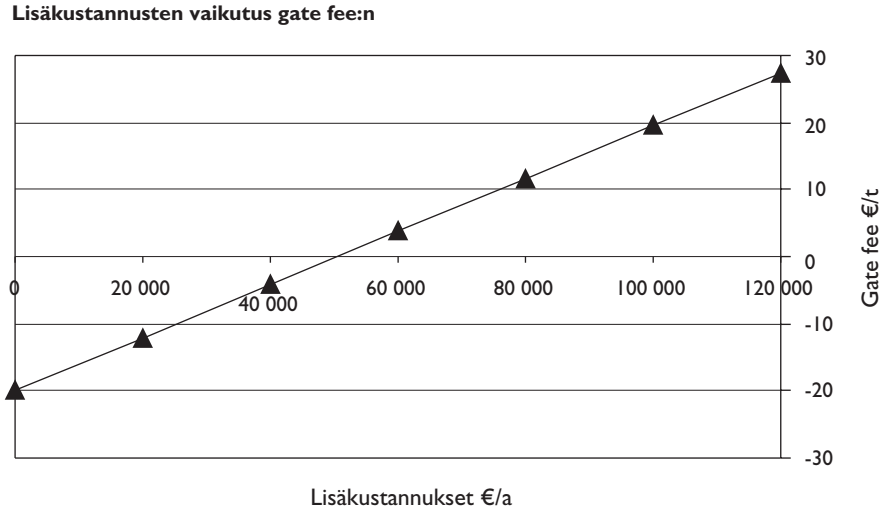
Mittalaitteiden kustannuksiksi arvioitiin edellä 57 666 €/a -102 500 €/a. Savukaasun puhdistusjärjestelmistä tarkasteltiin kuumaa kalkinsyöttöä, kuivaa menetelmää ja puolikuivaa menetelmää. Näistä kuivalle menetelmälle arvioitu investointikustannus on 3,6 M€, joka tarkoittaisi 15 vuoden takaisinmaksuajalla ja 5 %:n korkokannalla noin 347 000 euron vuotuisia kustannuksia. Puolikuivan menetelmän noin 6 M€:n investointikustannukset tarkoittaisivat vastaavalla tavalla laskettuna noin 578 000 euron vuotuisia kustannuksia. Käyttökustannukset lisääntyvät kalkinsyötössä kalkin määrän lisääntymisen takia riippuen kattilatehosta. Oletetaan lisääntyviksi käyttökustannuksiksi 200 €/MW kuuman kalkinsyötön puhdistusjärjestelmässä. Kuivan menetelmän käyttökustannukset ovat suuremmat kalkin ja aktiivihiilisyötön ja kunnossapitokustannusten takia ja suurenevat myös tehon kasvaessa. Oletetaan kuivalle järjestelmälle vuotuisiksi käyttökustannuksiksi 500 €/MW. Puolikuivan puhdistusmenetelmän käyttökustannukset ovat suurimmat ja arvioidaan niiden suuruudeksi 700 €/MW. Tuhkan osalta oletetaan, että kaikki tuhka voidaan sijoittaa tavanomaisen jätteen kaatopaikalle. Näin ollen tuhkan kustannukset voidaan jättää tässä huomioimatta, koska varsinaisia lisäkustannuksia ei koidu jätteen rinnakkaispolton takia.

Aikaisemman tiedon perusteella voidaan arvioida, että kalkinsyötöllä ja sähkösuodattimella voidaan savukaasun raja-arvoihin päästä jos jäteperäistä polttoainetta käytetään 4 % tehosta. Tällöin myös teknisten riskien osalta ei ongelmia vielä todennäköisesti ilmaantuisi ja kunnossapitokustannukset eivät poikkeaisi tavanomaisen jätteen käytöstä. Kuivalla menetelmällä voidaan arvioida, että savukaasupäästöjen raja-arvojen alle päästään vielä kun poltetaan jäteperäistä polttoainetta 25 %:ia tehosta. Tällöin kuitenkin kattilaan on tehtävä teknisiä muutoksia lämpöpintoihin ja kunnossapitokustannukset kasvavat verrattuna pelkän pääpolttoaineen käyttöön. 15 vuoden jaksolla voidaan olettaa, että vuotuiset kustannukset kasvaisivat noin 100 000 €. Puolikuivan menetelmän kohdalla voidaan olettaa vuotuisten kustannusten kasvavan saman verran samoista syistä.

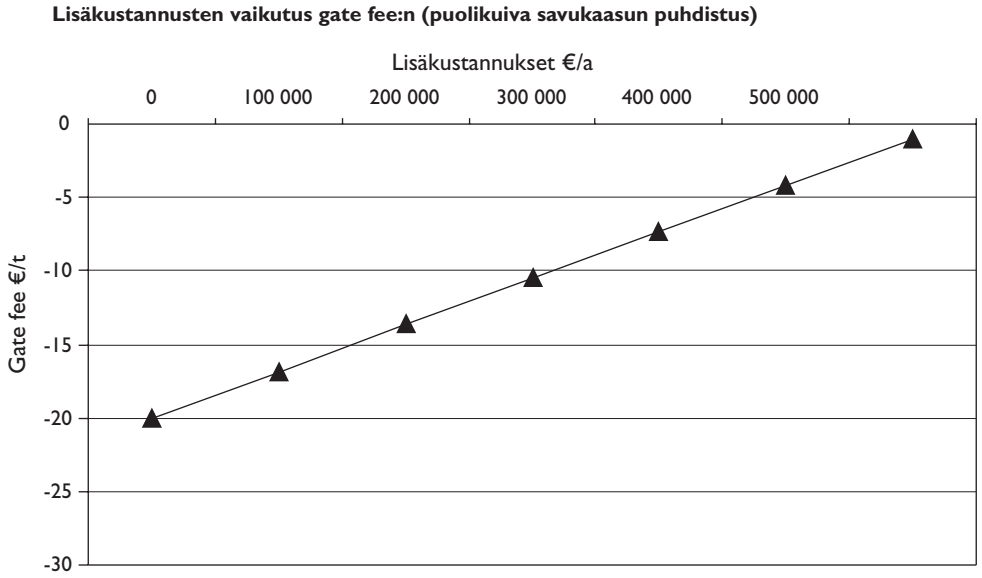
Kaiken kaikkiaan 100 MW:n laitoksen lisäkustannukset kohoaisivat vuodessa noin 80000 – 120 000 euroa, mikäli kalkinsyöttö ja sähkösuodatin ovat jo laitoksella olemassa, mikä on todennäköistä. Mikäli laitos haluaisi uusia savukaasunpuhdistuslaitteiston kuivaan menetelmään, muodostuisi vuotuisiksi lisäkustannuksiksi noin

550 000- 600 000 € ja puolikuivaan savukaasun puhdistukseen vaihdettaessa vuotuiset lisäkustannukset nousisivat 800 000- 850 000 euroon vuodessa.

Seuraavassa tarkastellaan jätteen rinnakkaispolton lisäkustannusten vaikutusta jätepolttoaineesta maksettavaan hintaan. Tarkastelussa on 100 MW:n laitos, joka on maksanut jätepolttoaineesta 20 €/t. Kuva 15 edustaa tilannetta, jossa savukaasunpuhdistus tapahtuu kalkinsyötöllä ja sähkösuotimella ja jätepolttoainetta poltetaan rinnalla 2 %:ia. Lisäkustannukset on piirretty 0 €:sta asti mahdollisten tukien toteutumisen takia.



Kuva 15. Lisäkustannusten vaikutus porttimaksuun.



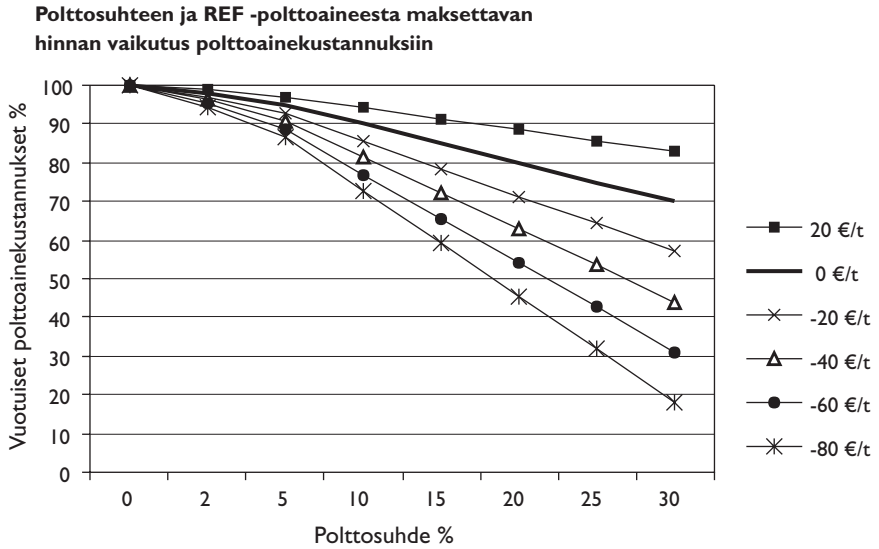
Kuva 16. Lisäkustannusten vaikutus porttimaksuun.

Kuvasta 15 voidaan havaita, että jätepolttoaineesta maksettava hinta on 0 €, kun lisäkustannukset laitokselle ovat noin 50 000 €/a. Mikäli tukijärjestelmistä ei olisi mitään hyötyä laitokselle, joutuisi laitos nostamaan kalleimmassa tapauksessa jätepolttoaineen vastaanottomaksun noin 27 euroon tonnilta. Tällöin jätepolttoaineen käytön aiheuttamat lisäkustannukset kompensoituisivat jätepolttoaineen porttimaksulla. Jätepolttoaineen toimittajan harkintaan jää tällöin onko kannattavaa maksaa polttoaineen valmistuksesta ja sen toimituksesta. Usein kuitenkin yhdyskuntajätteen sijoitusmaksut kaatopaikoille nousevat 90 euroon tonnilta ja jätepolttoaineen toimittajan on kannattavampaa valmistaa polttoainetta ja hyväksyä negatiivinen hinta kuin sijoittaa kaikki jäte kaatopaikalle.

Kuvan 16 tilanteessa 100 MW:n laitos on hankkinut kuivan savukaasunpudistusjärjestelmän ja polttaa jäteperäistä polttoainetta 25 %:ia tehosta. Oletettu käyntiaika vuodessa on 7000 h. Vuotuiset kustannukset nousevat kalleimmassa tapauksessa 600 000 euroon. Piirto on aloitettu 0 eurosta mahdollisten tukien toteutumisen takia.

Kuvasta voidaan havaita, että polttoaineesta voidaan kalleimmassakin tapauksessa maksaa jätepolttoaineen toimittajalle 1 euro tonnilta. Tällöin, mikäli laitoksella olisi saatavilla hyvälaatuista polttoainetta, olisi sen taloudellisesti kannattavaa hankkia savukaasunpuhdistusjärjestelmä ja tehdä tekniset muutokset. Tämä johtuu siitä, että poltettavan jätepolttoaineen määrää pystytään kasvattamaan ja täten polttoainekuluissa säästetään runsaasti. Maksettavissa oleva hinta jää positiiviseksi ja tällä saattaa olla merkitystä kilpailtaessa saatavista jätepolttoaineista tulevaisuudessa.

Korvattaessa turvetta jätepolttoaineella taloudellisia hyötyjä aiheutuu jätepolttoaineen ominaisuuksien takia verrattuna turpeeseen. Koska hyvälaatuisen jätepolttoaineen lämpöarvo on noin kaksinkertainen jyrsinturpeen lämpöarvoon verrattuna, tarvitaan jätepolttoainetta puolet vähemmän korvattaessa sama energiamäärä. Tällöin mikäli polttoaineiden kustannukset olisivat samat, kustannukset puolittuisivat korvattavan tehon osuudelta. Todellisuudessa jätepolttoaineesta ei makseta lainkaan hintaa tällä hetkellä ja joissain tapauksissa hinta voi olla jopa negatiivinen. Näin ollen polttoainekustannuksissa on mahdollista saavuttaa suuria säästöjä korvattaessa turvetta jätepolttoaineella ja sama pätee muidenkin tavanomaisten polttoaineiden tapauksessa. Kuvassa 17 on esitetty polttoainekustannusten muutos jätepolttoaineen osuuden kasvaessa.

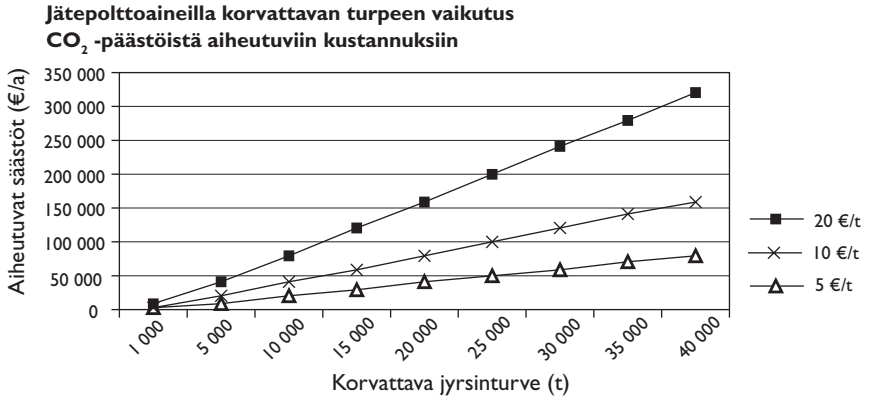


Kuva 17. Polttosuhteen vaikutus vuotuisiin polttoainekustannuksiin.

Kuvasta voidaan havaita, että korvattaessa turvetta jätepolttoaineella 30 %, polttoainekustannukset vähenevät 30 % kun jätepolttoaineesta ei makseta mitään. Tällä on suuri merkitys, sillä esimerkiksi 100 MW:n turvelaitoksen vuotuiset polttoainekustannukset olisivat noin 4 M€:n luokkaa, jos turpeesta oletetaan maksettavan 20 €/t. Tällöin vuotuiset säästöt polttoainekustannuksissa olisivat noin 1,3 M€. Perittäessä porttimaksua etu vain kasvaa.

Eräs varteen otettava seikka jätteen rinnakkaispoltossa kun tarkastellaan kustannuksia, on hiilidioksidipäästöjen muodostuminen. Yli 20 MW:n jätteen rinnakkaispolttolaitokset kuuluvat päästökaupan piiriin. Jätepolttoaineen päästökerroin määräytyy sen muoviosuuden mukaan ja asettuu tasolle 31 gCO_2/MJREF. Tällä on merkitystä, sillä turpeen päästökerroin on 106 gCO_2/MJturve. Näin ollen korvattaessa jätepolttoaineella 1 MJ turvetta tuotetaan hiilidioksidia 75 g vähemmän. Kuvassa 18 on tarkasteltu hiilidioksidipäästöjen vähenemisestä aiheutuvia säästöjä korvattaessa turvetta jätepolttoaineilla. Oletusarvoina ovat käyttöaika 7000 h ja turpeen lämpöarvo 9,6 MJ/kg ja REF II:n lämpöarvo 19,92 MJ/kg.

Kuvasta 18 nähdään, että riippuen hiilidioksiditonnin hinnasta tulevaisuudessa, kustannussäästöt voivat olla merkittäviä. Esimerkiksi korvattaessa jyrsinturvetta 30 000 t/a jätepolttoaineilla, koituisi vuotuisiksi säästöiksi hiilidioksiditonnin vallitsevasta markkinahinnasta riippuen 50 000–220 000 €. Jätepolttoaineen paremman lämpöarvon takia korvaava osuus olisi noin 15 000 tonnia jätepolttoaineita vuodessa. Tällä olisi jo vaikutusta arvioidessa jätteen rinnakkaispolton aloittamisesta aiheutuvia kustannuksia. Vuoden 2008 alkuun asti alkujaossa myönnettiin laitoksille päästöoikeuksia 95 %:ia ilmaiseksi. Huomattavaa on, että vuoden 2008 alusta alkaen seuraavalle 5 vuoden jaksolle oikeuksia myönnetään maksutta enää 90 %:ia /23/. Tämä saattaa aiheuttaa ongelmia joillekin laitoksille ja päästöoikeuksia joudutaan ostamaan. Tällöin jätteen rinnakkaispolton aloittaminen tarjoaa hyvän vaihtoehdon CO_2 –päästöjen vähentämiseksi. Jätepolttoaineilla on kuitenkin korvattava runsaasti hiiltä sisältäviä fossiilisia polttoaineita, jotta hyöty näkyisi.



Kuva 18. CO_2-päästöistä aiheutuva säästö korvattaessa turvetta jätepolttoaineilla.

Jätteenpolttoasetuksen aiheuttamat kustannukset voimalaitoksille koostuvat monista eri hankinnoista, joiden tarpeellisuus on aina tapauskohtaista. Mikäli hankittavaksi jäävät vain savukaasun mittauslaitteet, ei suuremmissa laitoksissa ole juuri kustannuksien kannalta merkitystä, jatketaanko tai aloitetaanko jätteenpoltto. Mikäli päästöjen raja-arvoja ei saavuteta ja joudutaan hankkimaan savukaasun puhdistuslaitteistoa, koituvat kustannukset usein suuriksi. Tällöin myös poltettavan jätteen määrä ja samalla halvan polttoaineen hyöty halutaan maksimoida. Kattilan lämpöpintoja ja rakenteita voidaan joutua myös uusimaan. Tällöin jätettä tulee polttaa melko paljon pääpolttoaineen rinnalla, jotta investoinnit ovat taloudellisesti kannattavia. Kustannustarkastelun perusteella voidaan kuitenkin todeta, että jätteen rinnakkaispoltto voi olla taloudellisesti erittäinkin kannattavaa laitoksille mikäli riskit ja uhat pystytään minimoimaan ja varmistamaan hyvälaatuisen jätepolttoaineen toimitus.

9 Tulevaisuuden visio

Tässä kappaleessa pyritään kartoittamaan rinnakkaispolton mahdollista roolia alueellisesti sekä valtakunnallisesti tulevaisuudessa.

9.1

Jätteen rinnakkaispolton rooli alueellisesti

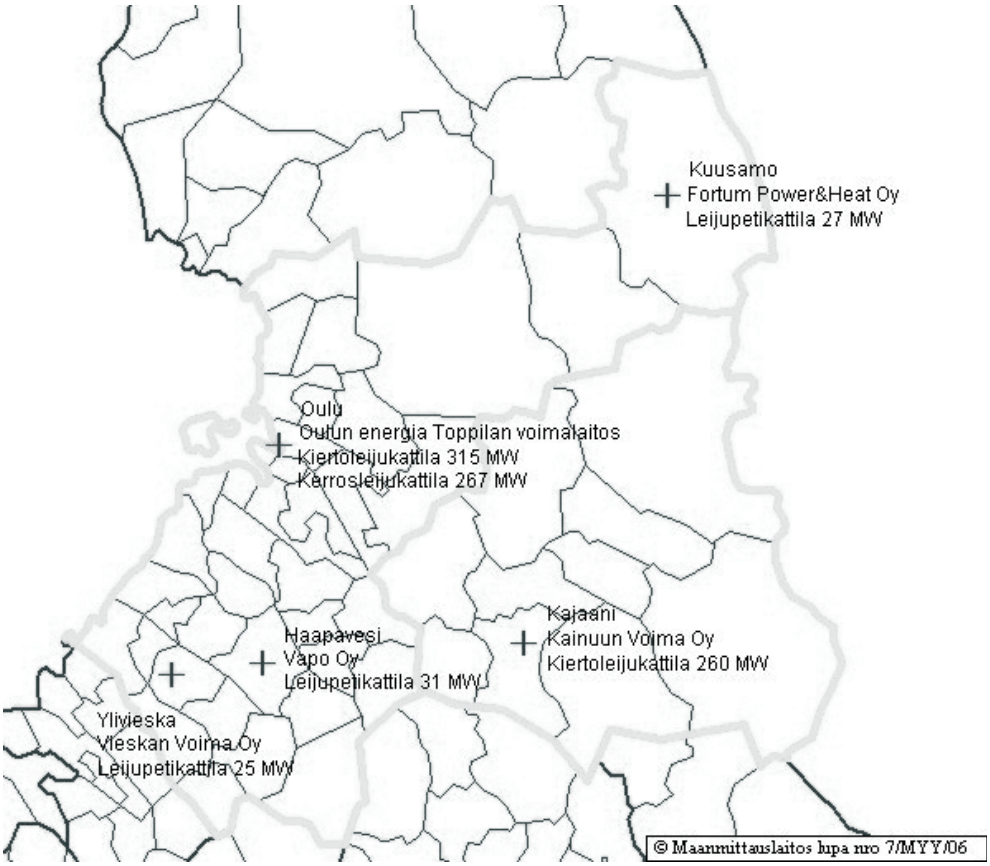
Tässä kappaleessa tarkastellaan jätteen rinnakkaispolton tulevaisuuden roolia Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan maakuntien alueella. Alueiden valinta perustuu alueellisen jätesuunnitelman valmisteluun, jossa Kainuu ja Pohjois-Pohjanmaa suunnittelevat yhteistä alueellista jätesuunnitelmaa. Lisäksi näillä alueilla törmätään Suomelle ominaisiin jätehuollon ongelmiin harvan asutuksen takia.

Alueella on asukkaita 452 942, joista suurin osa, 359 724 asuu Pohjois-Pohjanmaan alueella, ja 93 218 asuu Kainuun alueella /29/. Jos oletetaan että asukasta kohti syntyy 450 kg yhdyskuntajätettä vuodessa, niin tällöin Kainuussa syntyy yhdyskuntajätettä noin 42000 tonnia vuosittain ja Pohjois-Pohjanmaalla 162 000 tonnia vuosittain.

Pohjois-Pohjanmaan alueella aikaisemmin jätteen rinnakkaispolttoa on harrastanut Vattenfall Jokilaakson lämpö Oulaisissa, joka on polttanut yhdyskuntajäteperäistä REF II –polttoainetta vähäisiä määriä turpeen ja puupolttoaineiden rinnalla. Kainuussa jätettä on rinnakkaispolttanut, ja polttaa edelleen, Kainuun voima Oy:n Kajaanin höyryvoimalaitos, joka on polttanut yhdyskuntajäteperäistä REF II -polttoainetta noin 30 000 tonnia vuosittain turpeen ja puutähteen rinnalla. Lisäksi Kainuussa Suomussalmen lämpökattilassa on poltettu REF:iä rinnakkaispolttona pieniä määriä.

Edellä on todettu, että mittauskustannusten takia jätteen rinnakkaispolton kannattavuus heikkenee paljon pienissä lämpövoimalaitoksissa. Jotta mittauskustannukset tulisivat poltettua jätetonnia kohti merkityksettömiksi, tulisi kattilassa polttaa noin 5000 tonnia jätettä vuosittain. Tällöin jätepolttoaineesta ei maksettaisi hintaa lainkaan. Tämä tarkoittaa noin 4 MW:n tehoa ja tämän takia tässä alueellisessa rajauksessa ei keskitytä pieniin lämpökattiloihin vaan yli 20 MW:n kattiloihin. Kuvassa 19 on esitetty Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan kattilat, joilla olisi periaatteessa mahdollisuus polttaa yhdyskuntajätteestä valmistettua jätepolttoainetta.

Kainuun alueella tarkasteluun otetaan vain yksi kattila, joka polttaa jo tälläkin hetkellä jätepolttoainetta. Pohjois-Pohjanmaan tapauksessa tarkastellaan tilannetta siten, että Ouluun vietäisiin laajalta alueelta polttokelpoinen jäte poltettavaksi ja kaukaisimmat toimijat polttaisivat pieneltä lähialueelta tuodun jätteen. Tilannetta tarkastellaan seuraavien jätelajittelumenetelmien avulla. Taulukossa 9 kuvataan myös keskimääräiset saannot, jotka VTT on tekemissään tutkimuksissa saanut /5/.



Kuva 19. Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan REF –polttoaineen käyttöön soveltuvat kattilat.

Taulukko 9.
Tarkastelussa käytetyt lajittelumenetelmät /5/.

5 jakeen lajittelu "energiajäte"		5 jakeen lajittelu "kuivajäte"		2 jakeen lajittelu "kuivajäte"	
Jätejae	Osuus	Jätejae	Osuus	Jätejae	Osuus
Biojäte	27 %	Biojäte	20 %	Märkä jäte (biojäte, märät ja likaiset pakkaukset sekä paperi)	72 %
Pahvi- ja paperipakkausjäte	3 %	Metalli	1 %		
Keräyspaperi	24 %	Lasi	1 %		
Kaatopaikkajäte	32 %	Keräyspaperi	29 %		
Energiajäte	14 %	Kuivajäte	49 %	Kuiva jäte	28 %

Taulukon 9 arvot kuvaavat kotitalousjätteestä saatavan jätteen ominaisuuksia.

Seuraavassa taulukossa 10 on vielä esitetty edellä olevan taulukon mukaisten jätelajittelujärjestelmien avulla saatavien polttojakeiden avulla valmistettujen jätepolttoaineiden ominaisuudet.

Taulukko 10.
Kotitalousjätteestä valmistetun polttoaineen ominaisuuksia /5/.

Alkuaine/Ominaisuus	Yksikkö	Energiajäte (5 jaetta)	Kuivajäte (5 jaetta)	Kuivajäte (2 jaetta)
Kloori (Cl)	m-%	0,34	0,76	0,82
Rikki (S)	m-%	0,06	0,1	0,06
Typpi (N)	m-%	0,4	0,5	0,6
Kalium (K) + Natrium (Na)	m-%	0,17	0,38	0,37
Alumiini, metallinen (Al)	m-%	0,16	0,63	0,87
Elohopea (Hg)	mg/kg	<0,1	0,6	0,29
Kadmium (Cd)	mg/kg	0,33	1,3	0,43
Teh. Lämpöarvo saap. Tilassa Q	MJ/kg	19,92	16,66	16,44
Kosteus saapumistilassa M	m-%	11,8	23	24,2
Tuhkapitoisuus A	m-%	7,3	9,7	9,4

Taulukosta 10 nähdään, että energiajäte-lajittelujärjestelmällä saadaan valmistettua REF II –luokkaista polttoainetta. Sen sijaan kuivajätejakeista saadaan valmistettua REF III –luokkaista polttoainetta. Rinnakkaispolton tapauksessa keskitytään REF II polttoaineeseen, koska rinnakkaispoltossa laadun tulisi olla paras mahdollinen.

Yhdyskuntajätteestä voidaan arvioida olevan noin puolet peräisin kotitalouksista ja puolet toimipaikoilta. Toimipaikkajätteen palavan jakeen osuudeksi voidaan arvioida 20 % /30/. Näin ollen yhdyskuntajätteen keskimääräiseksi palavan energiajakeen osuudeksi voidaan arvioida noin 17 %. Yhdyskuntajätteestä valmistetun polttoaineen ominaisuudet eivät poikkea suuresti taulukossa 10 esitetyn kotitalousjätteestä valmistetun polttoaineen ominaisuuksista, joten tässä tarkastelussa on käytetty taulukon 10 ominaisuuksia mitoituksessa.

9.1.1

Kainuun tapaus

Kainuun alueella yhdyskuntajätettä syntyy siis noin 42 000 t/a. Mikäli käytettäisiin energiajätelajittelua, energiajaetta saataisiin 7140 tonnia vuodessa. Tästä määrästä voidaan arvioida saatavan valmista REF II –polttoainetta noin 5570 t/a. Muilla lajittelujärjestelmillä REF –polttoainetta saadaan enemmän, mutta sen laatu on heikompaa. 5 jakeen kuivajätelajittelulla REF III –polttoainetta saadaan noin 9000 t/a ja 2 jakeen kuivajätelajittelulla noin 7000 t/a /5/.

Kainuussa on lajiteltu energiajätettä monilla alueilla jo pitkään ja kokemukset ovat olleet hyviä. Lajitteluaktiivisuus ja saanto on saatu hyväksi pitkään tehdyn työn avulla. Tästä syystä energiajätelajittelu vaikuttaisi kaikkein luontevimmalta ratkaisulta Kainuun alueelle. Mikäli saanto saataisiin riittävän korkeaksi, voitaisiin päästä yhdyskuntajätteen 70 %:n hyötykäyttöasteeseen. Tämän lisäksi Kainuussa on suuri sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitos (Kainuun Voima Oy), joka jo polttaa jätettä.

Kainuun voima Oy:n ympäristöluvassa määrätään maksimimäärä vuorokausittain poltettavalle jäteperäiselle polttoaineelle. Kattilaan ei saa syöttää enempää kuin 7 %:ia kokonaisenergiasta REF –polttoainetta. Kattilan polttoaineteho on 260 MW ja käyttöaika noin 8000 h/a joten vuodessa polttoaine-energiaa tarvitaan 2080 GWh. Tästä jätepolttoaineilla voidaan tuottaa 7 %:ia eli 145 600 MWh. Yhdyskuntajätteestä valmistetun REF –polttoaineen lämpöarvo on taulukon 10 mukaan 19,92 MJ/kg mi-

kä vastaa 5,53 MWh/t. Näin ollen maksimaalinen mahdollinen jätteenpolttomäärä Kajaanin höyryvoimalassa on 26 330 tonnia vuodessa. Tosiasiassa voimalaitoksella poltetaan noin 3-5 %:ia jätepolttoaineita pääpolttoaineen rinnalla, koska häiriötapauksissa halutaan joustovaraa, jotta 7 %:n maksimiarvoa ei ylitetä. Tosin 3 %:n määrälläkin Kajaanin voimala tarvitsisi vuodessa yli 10 000 tonnia REF –polttoainetta ja edellä todettiin että Kainuun alueella yhdyskuntajätteestä valmistettavissa oleva määrä on noin 5570 t/a. Toisaalta suurin polttoaineen toimittaja laitokselle on Huurinainen Oy, jonka arvion mukaan he toimittavat 5 000 - 6 000 t/a REF –polttoainetta voimalaitokselle. Luvussa ei ole mukana edes koko Kainuun alue mutta siinä on toki muitakin jakeita kuin yhdyskuntajäte. Heidän mukaansa Kainuun alueella kuitenkin energiajätteen saanto on normaalia suurempi, koska lajittelua on harjoitettu pitkään ja ihmiset ovat pikkuhiljaa oppineet lajittelemaan. Joka tapauksessa voidaan todeta, että Kainuun Voima Oy:n höyryvoimalaitos pystyy polttamaan koko Kainuun alueelta kerätyn energiajätteestä valmistettavan jätepolttoaineen. Polttoaineen tulee olla REF II–luokkaista. Mielenkiintoinen seikka on, että Kajaanin voimala pystyisi teknisten rajojen puitteissa polttamaan jopa 13-14 %:ia yhdyskuntajäteperäistä polttoainetta. Laitokselle on asetettu kuitenkin raja poltettavalle määrälle (7 %) savukaasupäästöjen rajoittamiseksi.

Kainuun Voima Oy:n höyryvoimalaitos voi siis polttaa kaiken Kainuun alueelta saadun REF –polttoaineen. Polttoaine pitää kuitenkin valmistaa ja murskata. Tällä hetkellä suurimmaksi osaksi työn tekee Huurinainen Oy, joka sijaitsee Kajaanissa. Loogista olisi tietysti, että Huurinainen prosessoisi koko Kainuun alueen energiajätteen, koska jäte joka tapauksessa toimitetaan Kajaaniin poltettavaksi. Huurinainen Oy:n toimitusjohtajan mukaan heillä on kapasiteettia valmistaa koko Kainuun alueen energiajätteestä REF II –polttoainetta. Näin ollen tarvittaisiin yhteistyötä Kainuun alueen jätehuoltoyhtiöiden ja jätealan yrittäjien kanssa. Alueella olisi viisainta järjestää sama jätelajittelujärjestelmä kaikkialle ja ilmeisesti järjestelmät ovatkin jo tällä hetkellä melko samanlaisia kunnittain. Tällä hetkellä Huurinainen Oy kerää biojätteitä ja energiajätteitä joiltain omakotitaloalueiltakin pienillä astioilla, joten haja-asutustyyppiseen asutukseen haetaan myös toimivia jätehuoltoratkaisuja.

Kuntien etäisyys Kajaanista vaikuttaa energiajätteen kuljetusmatkoihin ja tätä kautta kuljetuskustannuksiin vahvasti. Tarkastellaan paikkakuntia Vaala ja Paltamo. Paikkakuntien asukasluku on lähes samansuuruinen (Vaala 4322 ja Paltamo 4653), mutta niiden etäisyydessä Kajaaniin on huomattava ero (Vaala 93 km ja Paltamo 37 km). Käyttämällä kappaleen alussa mainittua 450 kg yhdyskuntajätettä per asukas vuodessa ja 17 %:n energiajätteen saantoa, saadaan energiajätteen määräksi Vaalalle 330 t/a ja Paltamolle 356 t/a. Kun käytetään kuljetuksista aiheutuville kustannuksille arvoa 0,18 €/t/km, saadaan kuljetuskustannuksiksi Vaalalle noin 5500 €/a ja Paltamolle noin 2 000 €/a. Vaalalaisesta energiajätteestä koituu siis miltei kolminkertaiset kuljetuskustannukset. Energiajätteen kuljetuksesta saattaakin nousta kriittinen kysymys jätehuollon toiminnassa.

Heikko puoli energiajätteen keruujärjestelmässä on, että siinä syntyy vielä kaatopaikkajätettä. Taulukon 9 mukaan kotitalousjätteestä syntyy kaatopaikkajätettä jopa 32 % ja tähän täytyy lisätä vielä jätepolttoaineen valmistuksesta jäävä rejekti, jonka voidaan arvioida olevan noin 3 %:ia alkuperäisen jätteen kokonaismäärästä joten kaatopaikalle sijoitettavaa jätettä kerätään silti 35 %:ia. Koko yhdyskuntajätteen määrästä osuus lienee hieman pienempi, mutta kuitenkin yli 30 %:ia. Hyötykäyttöastetta voidaan varmasti parantaa hyvällä syntypistelajittelulla ja Kainuussa kauan käytössä ollut energiajätteen keräys voi antaa parempia tuloksia. Kuitenkin kaatopaikkajätettäkin lajittelussa ja polttoaineen valmistuksessa syntyy ja se voidaan ohjata kaatopaikalle tai massapolttoon. Kaatopaikalle läjitys on hankaloitunut, koska monessa pienessä kunnassa kunnan kaatopaikka on suljettu tai sitä suljetaan. Näin on ainakin Paltamossa, Ristijärvellä, Vuolijoella, Vaalassa, Puolangalla ja Hyrynsalmella.

Kaatopaikkajätekin saatetaan joutua kuljettamaan siis pitkälle läjitettäväksi, mikä toisaalta lisää sen kuljetuskustannuksia ja ohjaa näin parempaan lajitteluun.

Kainuussa 5 jakeen energiajätteen keruujärjestelmä on paras vaihtoehto jätehuollolle. Ongelmia saattaa syntyä harvaan asuttujen kuntien kohdalla energiajätteen keruusta ja kuljetuksista eikä välttämättä olekaan järkevää kerätä energiajätettä jokaisesta taloudesta. Kuitenkin Kainuussa on periaatteessa jo olemassa oleva kapasiteetti kaiken syntyvän jätteen prosessointiin ja polttoon joten siksi muita keruujärjestelmiä ei Kainuun tapauksessa tarvitse edes harkita.

9.1.2
Pohjois-Pohjanmaan tapaus

Pohjois-Pohjanmaalla tilanne on Kainuusta poikkeava. Maakunta on huomattavasti suurempi pinta-alaltaan ja asukasmäärältään kuin Kainuu. Asutus on voimakkaasti keskittynyt Oulun alapuolelle ja rannikolle ja maakunnan pohjoisosassa on suuria ja harvaan asuttuja kuntia. Maakunnan kohdalla tarkastellaan kolmea eri vaihtoehtoa:

1. Oulussa sijaitsisi 2 suurta rinnakkaispolttolaitosta ja hajautettuna sijaitsisi 3 pienempää rinnakkaispolttolaitosta Ylivieskassa, Haapavedellä ja Kuusamossa kuvan 19 mukaisesti.
2. Ouluun sijoitetaan massapolttolaitos ja rinnakkaispolttoa harrastettaisiin Oulussa kahdessa rinnakkaispolttolaitoksessa.
3. Ouluun sijoitetaan massapolttolaitos, joka polttaa kaiken sekajätteen maakunnassa.

9.1.2.1
Skenaario 1

Tarkastelussa on 5 rinnakkaispolttolaitosta ja niiden polttokapasiteetti. Mitään kattiloista ei ole suunniteltu jätteiden polttoon joten rinnakkaispoltto-osuudet tulee olla pieniä vain muutamia prosentteja. Oletuksena lisäksi on, että jokaisessa kunnassa, jossa jätteitä poltetaan, on oma jätteenkäsittelylaitoksensa.

Oletetaan Ylivieskan Vieskan Voima Oy:n kattilan polttavan Alavieskan, Haapajärven, Kalajoen, Merijärven, Oulaisten, Pyhäjoen, Pyhäjärven, Reisjärven, Sievin ja Ylivieskan energiajätteestä valmistetun polttoaineen. Kuntien yhteenlaskettu asukasmäärä on 63 291 . Jos yhdyskuntajätettä syntyy vuodessa 450 kg:aa asukasta kohti ja energiajätteen saanto on 17 % ja polttoaineen valmistuksessa syntyvän rejektin määrä on noin 22 % polttoaineesta, voidaan Ylivieskan kattilaan arvioida poltettavan REF II –polttoaineen määräksi noin 3800 tonnia vuodessa. Tästä saatava energia on vuodessa 21 000 MWh:ta ja Vieskan Voiman 25 MW:n kattilassa se tarkoittaisi 7000 h:n vuotuisella käyttöajalla noin 12 %:ia tehosta. Näin suuri osuus vaikuttaisi jo merkittävästi savukaasupäästöihin ja savukaasunpuhdistuslaitteistoa voitaisiin joutua uusimaan. Lisäksi tuhkan ominaisuudet saattaisivat heiketä jonkin verran. Korroosion ja likaantumisen osalta ongelmia saattaa myös esiintyä.

Haapaveden Vapo Oy:n kattilassa voitaisiin polttaa Kestilässä, Kärsämäellä, Piippolassa, Pulkkilassa ja Haapavedellä kerätystä energiajätteestä valmistettua polttoainetta. Yhteensä näissä kunnissa asukkaita on 16 864 ja yhdyskuntajätettä syntyy vuodessa noin 7 600 tonnia, josta polttoainetta voitaisiin valmistaa noin 1 000 t/a. Haapaveden 31 MW:n kattilassa tuo määrä tarkoittaisi 7000 h:n käyttöajalla noin 2,5 %:ia tehosta. Tämän määrän polttaminen muun polttoaineen rinnalla ei todennäköisesti aiheuttaisi merkittävää haitta-aineiden lisääntymistä savukaasuissa tai tuhkassa. Lisäksi korroosion ja likaantumisen uhkaa ei ole. Kunnat ovat tällä alueella asukasmäärältään pieniä ja keruujärjestelmän toimivuus voi olla hankalaa toteuttaa.

Fortumin Kuusamon kattilassa poltettaisiin Kuusamossa ja Taivalkoskella kerätystä energiajätteestä valmistettu REF polttoaine. Yhteensä kunnissa on asukkaita 23 890 ja yhdyskuntajätettä syntyy vuodessa noin 10 700 tonnia, josta polttoainetta voitaisiin valmistaa noin 1 400 t/a. Fortumin Kuusamon 27 MW:n kattilassa tuon määrän poltto vastaisi noin 4 %:in tehoa. Tämän määrän polttaminen muun polttoaineen rinnalla ei todennäköisesti aiheuttaisi merkittävää haitta-aineiden lisääntymistä savukaasuissa tai tuhkassa. Korroosion ja likaantumisen riskin lisääntyminen on myös pieni.

Loput Pohjois-Pohjanmaan maakunnan yhdyskuntajätteistä poltettaisiin Oulun energian Toppilan suurissa turpeen ja puun leijukattiloissa. Toppilan kattila 1 on polttoaineteholtaan 267 MW ja kattila 2 on 315 MW polttoaineteholtaan. Asukkaita Oulussa ja sen ympäryskunnissa on 258 418 ja vuodessa yhdyskuntajätettä syntyy 116 300 tonnia, josta voidaan valmistaa polttoainetta noin 15 400 t/a. Toppilan kattilassa 1 tämä vastaisi reilua 4,5 %:ia ja kattilassa 2 vajaata 4 %:ia. Toki on myös mahdollista, että molemmissa kattiloissa poltetaan jätettä samanaikaisesti, jolloin polttosuhde on kutakuinkin puolet pienempi edellä mainituista.

Hajautetun mallin etuna ovat pienet kuljetuskustannukset. Jätteet kerätään pääasiassa 50 km:n säteellä polttolaitoksesta. Kuljetuskustannuksissa voitaisiin parhaassa tapauksessa säästää jopa n. 20 €/t jos verrataan Reisjärveltä kerätyn jätteen polttoa Ylivieskassa tai vaihtoehtoisesti Oulussa. Oletuksena on kuljetuskustannuksiksi 0,18 €/t. Tämän lisäksi työpaikkojen määrä jätealalla lisääntyisi jätteenkäsittelylaitosten ja jätteenpolton myötä. Kuitenkin pienissä kattiloissa poltettavan jätteen vuotuinen määrä on verraten pieni ja kustannukset mittalaitteistosta ja muista lisäkustannuksista koituvat suuriksi polttoaineesta saatavaan hyötyyn nähden. Hajautetun mallin toteutuminen vaatisi tukijärjestelmiä jätehuollolle, koska polttolaitosten ja jätehuoltoyritysten resurssit eivät riitä tämänkaltaisen jätehuoltosysteemin ylläpitoon.

9.1.2.2
Skenaario 2

Tässä tapauksessa tarkastellaan tilannetta, jossa koko Pohjois-Pohjanmaan alueen energiajäte poltettaisiin Oulussa Toppilan kattiloissa. Tämän lisäksi kaatopaikkajäte ja rejekti koko Pohjanmaan alueelta poltettaisiin Ouluun sijoitettavassa massapolttolaitoksessa.

Pohjois-Pohjanmaan alueella voidaan arvioida syntyvän vuodessa yhdyskuntajätettä 162 000 tonnia, josta energiajätettä saataisiin kerättyä noin 27 500 tonnia. Tästä voitaisiin valmistaa 21 500 tonnia REF polttoainetta vuodessa mikä vastaisi energiana 114 595 MWh. Toppilan kattiloiden yhteisteho on 582 MW. Jos vuosittaiseksi kattilan käyttöajaksi arvioidaan 7 000 tuntia, saadaan vuosittaiseksi energiatarpeeksi 4 074 000 MWh. Koko Pohjois-Pohjanmaan alueelta kerätystä energiajätteestä valmistettu REF II polttoaine vastaisi Oulun energian Toppilan kattiloiden 1 ja 2 tehoista noin 2,8 %:ia. Tulos on sikäli mielenkiintoinen, että 2-3 %:in polttosuhteella savukaasun ja likaantumisen ongelmat saattavat olla vielä olemattomat ja näin jätepolttoainetta voitaisiin polttaa käytännössä pelkillä mittalaitteiden kustannuksilla. Huomioitavaa kuitenkin on, että Oulun alueella teollisuuden ja yritysten hyvälaatuista jätettä ei tällä hetkellä käytetä hyödyksi energiana. Mikäli jätteen energiahyötykäyttöä aletaan tarkastella vaihtoehtona, hyödynnetään rinnakkaispoltossa todennäköisesti ensisijaisesti hyvälaatuinen jäte ja sen jälkeen yhdyskuntajäteperäinen polttoaine, jota normaalisti halutaan välttää poltossa sen epätasaisten ominaisuuksien takia.

5 jakeen energialajittelujärjestelmällä kaatopaikkajätettä syntyy n. 30 % eli Pohjois-Pohjanmaan alueella kaatopaikkajätettä syntyisi noin 48 600 tonnia vuodessa. Tämän lisäksi jätepolttoaineen valmistuksessa syntyy rejektiä noin 22 %:ia polttoaineen määrästä. Rejekti on kuitenkin suurimmaksi osaksi polttoon kelpaamatonta jätettä, joten sen osuutta ei tässä tarkastella. Kaatopaikkajäte voitaisiin polttaa massapolttolaitoksessa.

Sijoittamalla Ouluun kapasiteetiltaan 50 000 t/a jätteitä polttava laitos ja käyttämällä Oulun energian Toppilan turve- ja puukattiloita jätteen rinnakkaispolttoon saataisiin Pohjois-Pohjanmaan alueelle hyvä yhdyskuntajätteen hyötykäyttöaste. Hyvälaatuinen jäte käytettäisiin korkean hyötysuhteen sähkön ja lämmön yhteistuotantoon ja huonolaatuinen jäte poltettaisiin lauhdevoimalaitoksella. Ongelmina olisivat kuljetukset ja niiden lisääntymisistä aiheutuvat terveys- ja ympäristöhaitat. Toisaalta keskitetyn ratkaisun etuna on se, että jätepolttoaineen valmistus saadaan yhteen paikkaan ja näin ollen laatu ja toimitus saadaan yhtenäiseksi. Tässä tarkastelussa on kuitenkin otettu huomioon vain yhdyskuntajätteen osuus ja todellisuudessa teollisuuden ja yritysten jätteillä voi olla merkittävä osuus jätteistä.

9.1.2.3
Skenaario 3

Tässä tapauksessa Ouluun rakennettaisiin massapolttolaitos, joka polttaisi kaiken Pohjois-Pohjanmaan jätteen. Lajittelujärjestelmänä tarkastellaan 5 jakeen kuivajätettä, joka esitellään taulukossa 9.

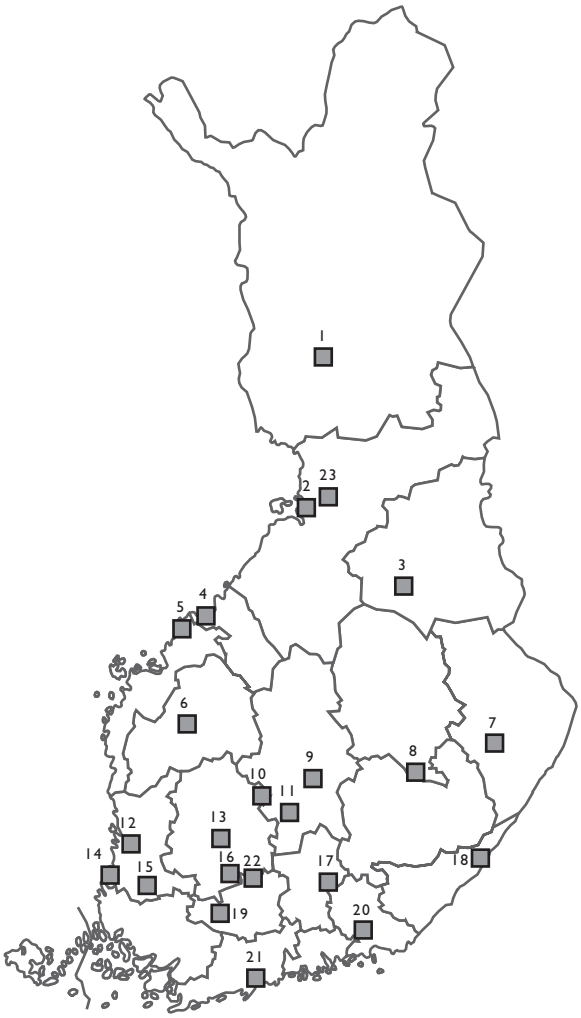
Kun yhdyskuntajätettä syntyy Pohjois-Pohjanmaalla 162 000 tonnia vuodessa, saadaan kuivajätettä kerättyä noin 79 380 tonnia, kun saanto on 49 %. Massapolton tapauksessa jätettä ei tarvitse enää jalostaa vaan se voidaan viedä sellaisenaan polttolaitokselle ja polttaa. Tässä tapauksessa yhdyskuntajätteen hyötykäyttöaste olisi todella korkea. Massapolton heikkoutena rinnakkaispolttoon nähden on kuitenkin heikompi hyötysuhde. Lauhdevoimalaitoksissa suuri osa energiasta johdetaan lämpimänä lauhdutusvetenä vesistöön. Toisaalta Suomen kaukolämpöverkon ollessa jo täynnä ei uusia lämmöntuotantolaitoksia ole välttämättä järkevää rakentaa ja tällä perusteella lauhdesähkövoimala olisi järkevä ratkaisu. Lisäksi ongelmia keskitetyssä systeemissä koituisi myös kuljetuksista ja niihin liittyvistä ympäristö- ja terveyshaitoista.

9.2
Rinnakkaispolton rooli valtakunnallisesti

Rinnakkaispolton roolia valtakunnallisesti voidaan arvioida kartoittamalla kaikki kattilat, jotka periaatteessa voisivat polttaa jätepolttoainetta pääpolttoaineen rinnalla. Seuraavassa kuvassa on esitetty kartalla Suomen suurimmat leijutekniikkaa käyttävät kattilat. Osassa kattiloista on poltettu ja poltetaan edelleen jätettä ja osassa ei jätettä ole poltettu koskaan. Kartan alueet on rajattu siten, että maakunnista Pohjanmaa, Etelä-Pohjanmaa ja Keski-Pohjanmaa on yhdistetty. Samoin Satakunta ja Varsinaissuomi on yhdistetty. Päijät-Hämeen ja Kanta-Hämeen maakunnat on yhdistetty samoin kun Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan sekä Kymenlaakson ja Etelä-Karjalan.

Kuvaan 20 on merkitty energiayhtiöiden sekä metsäteollisuuden kattiloita. Kaikissa tapauksissa tuotetaan sähköä ja lämpöä, joten poltettavan jätteen laatu on oltava hyvä korkean höyryn lämpötilan takia. Tämän takia yhdyskuntajätteen polton potentiaalia on tässä arvioitu energiajätteen lajittelujärjestelmällä, josta pystytään myöhemmin jalostamaan REF II polttoainetta. Teollisuuden ja kaupan hyvälaatuista jätettä, joka sisältää pääasiassa muovia, paperia ja puuta poltetaan jo nyt suuriakin määriä joissain laitoksissa. Näitä hyvälaatuisia jätteitä suositaankin rinnakkaispoltossa ensisijaisesti ja monet toimijat suhtautuvat epäilevästi yhdyskuntajätteestä valmistetun jätepolttoaineen käyttöön. Teollisuuden kattiloiden toiminnasta riippuu myös muut prosessit ja tästä syystä riskien ottaminen polttoaineen valinnalla halutaan varmasti välttää.

Tarkastellaan rinnakkaispolton tilannetta valtakunnallisesti nimenomaan yhdyskuntajätteen energiahyödyntämisen kannalta. Yhteensä kuvan 20 kattiloiden teho on 4378 MW. Jos yhdyskuntajätteestä valmistettua REF II polttoainetta voitaisiin polttaa



1. Rovaniemen energia, Suosiolan voimalaitos 120 MW
2. Oulun energia, Toppilan voimalaitos 267 + 315 MW
3. Kainuun voima, Kajaanin voimalaitos 260 MW
4. Fortum Power & Heat, Kokkolan voimalaitos 108 MW
5. Alholmens Kraft, Pietarsaaren voimalaitos 590 MW
6. Vaskiluodon voima, Seinäjoen voimalaitos 325 MW
7. Joensuun energia, Joensuun voimalaitos 180 MW
8. Stora Enso, Varkauden tehtaat 150 MW
9. Fortum Power & Heat, Jyväskylän voimalaitos 295 MW
10. Mäntän energia, Mäntän voimalaitos 105 MW
11. UPM Kymmene, Jämsänkosken tehtaat 104 + 71 + 60 MW
12. Porin lämpövoima, Aittaluodon voimalaitos 90 + 116 MW
13. Tampereen sähkölaitos, Naistenlahti 200 MW
14. UPM-Kymmene, Rauman tehtaat 160 MW
15. Fortum Power & Heat, Kauttuan voimalaitos 65 MW
16. UPM Kymmene, Valkeakosken tehtaat 85 MW
17. Stora Enso, Heinolan tehtaat 120 MW
18. M-Real, Simpeleen tehtaat 113 MW
19. Forssan energia, Kiimassuon voimalaitos 66 MW
20. Stora Enso, Anjalankosken tehtaat 218 MW
21. Espoon sähkö, Suomenojan voimalaitos 89 MW
22. Fortum Service, Säterin voimalaitos 57 MW
23. Kemira Chemicals, Oulun tehtaat 49 MW

Maanmittauslaitos lupa nro 7/MYY/06
SYKE/Ympäristö-lehti nro 6/2006

Kuva 20. Rinnakkaispolttoon soveltuvat kattilat.

jokaisessa kattilassa 2 % polttoainetehosta, saataisiin potentiaaliksi 87,56 MW mikä vastaisi keskimääräisellä 7000 tunnin vuotuisella käyttöajalla noin 612,9 GWh. Energiajätteestä valmistetun jätepolttoaineen lämpöarvo on keskimäärin 5,53 MWh/t, joten energiamäärään tarvittaisiin polttoainetta noin 110 800 t/a, mikä vastaisi aiemmin oletetulla 17 %:n saannoilla ja olettaen, että yhdyskuntajätettä syntyy 450 kg/hlö*a, noin 1 856880 ihmisen vuotuista energiajätettä. Siis noin yksi kolmasosa syntyvän yhdyskuntajätteen energiajakeesta voitaisiin hyötykäyttää jo olemassa olevilla laitoksilla, mikäli sitä käytettäisiin 2 %:ia tehosta. Alueellisesti energiakäyttömahdollisuus jakautuu epätasaisesti. Esimerkiksi Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan alueilla voisi rinnakkaispolttoa harrastaa vain Espoon Sähkön Suomenojan voimalaitos ja kuitenkin alueella yhdyskuntajätteestä valmistettua jätettä syntyisi eniten. Muita ongelma-alueita ovat Pohjois-Karjala ja Pohjois- ja Etelä-Savo, joissa laitoskapasiteetti ei riitä kattamaan syntyvän yhdyskuntajätteen energiajakeen hyötykäyttöä.

Tarkastelu antaa kuvan siitä, että jo olemassa olevalla laitoskapasiteetilla Suomessa olisi mahdollisuus hyödyntää yhdyskuntajätteen energiajaetta. Jos poltettaisiin 5 %:n osuudella tehosta, näillä laitoksilla pystyttäisiin kattamaan lähes kaikki syntyvän yhdyskuntajätteen energiajakeen polttaminen. Prosenttiosuuden nostaminen tuo mukanaan kuitenkin korroosio- ja likaantumisriskejä ja tilanteen, jossa savukaasupäästöt voivat ylittää raja-arvot. Kahden prosentin osuudella voidaan vielä välttää suuret

tekniset ongelmat ja savukaasujen epäpuhtaudet. Polttosuhteen kasvaessa myös kustannukset kasvavat nopeasti. Huomioitavaa on myös että tarkastelu on puhtaasti teoreettinen ja oletuksia on tehty runsaasti. Todennäköisesti ei ole taloudellisesti järkevää kerätä yhdyskuntajätettä jokaiselta kiinteistöltä vaan kannattavuus on arvioitava etäisyyksien ja käyttömahdollisuuksien valossa. Lisäksi monet laitoksista suhtautuvat epäilevästi yhdyskuntajätteestä valmistetun polttoaineen polttoon. Kuitenkin tulos on mielenkiintoinen ja herättää ajatuksia siitä, kannattaisiko suuria laitoksia alkaa ”valjastamaan” jätteenpolttoasetuksen vaatimusten alaisiksi. Alueellisesti eroja on paljon ja tarve ja mahdollisuudet tuleekin pohtia alueellisesti. Toiminta vaatii toimivan energiajätteen lajittelujärjestelmän sekä riittävästi jätepolttoaineen valmistuslaitoksia, jotka on sijoitettu järkevästi polton ja jätteen keräyksen kannalta.

10 Kauttuan voimalaitoksen tarkastelu

Tässä kappaleessa tutkitaan Fortum Power & Heat:in Kauttuan voimalaitoksen tapausta. Tarkoitus on käsitellä muutoksia ja kustannuksia, joita Kauttuan voimalaitokselle koitui jätteenpolttoasetuksen voimaantulon takia ja niiden vaikutusta laitoksen kannattavuuteen.

Fortum Power & Heat:n omistama Kauttuan voimalaitos tuottaa prosessihöyryä, sähköä ja kaukolämpöä. Voimalaitos sijaitsee Kauttuan teollisuusalueella samalla toiminta-alueella Ahlström Kauttua Oy:n ja Jujo Thermal Oy:n paperitehtaiden kanssa /16/. Kaukolämpöä tuotetaan Euran kunnan alueelle ja tuotetusta sähköstä käytetään omakäyttösähkönä ja pääosa syötetään valtakunnan verkkoon. Myös prosessihöyry toimitetaan paperitehtaille. Kauttuan voimalaitos on tyypillinen vastapainevoimalaitos, jossa sähkö on lisätuote, jota saadaan tuotettua kohtuullisen pienillä lisäinvestoinneilla. Voimalaitos mitoitetaan kuitenkin prosessin höyryntarpeen mukaan /31/. Lauhdevoimaa käytetään harvoin ja ajankohdat sijoittuvat kesään, jolloin lämmöntarve on pieni.

Kauttuan voimalaitoksella on peruskuormatuotantoon 65 MW:n Pyroflow-kiertoleijukattila, jossa poltetaan turvetta, kivihiiltä, puuta sekä jätepolttoaineita. Varakattilana toimii raskasta polttoöljyä käyttävä 49 MW:n Termoflow-öljykattila.

Voimalaitos toimii läpi vuoden ympärivuorokautisesti. Vuosina 2000 – 2003 tuotantotunteja on pääkattilalla ollut 7 032 – 7 752 h/a ja varakattilalla 1 152 – 1 824 h/a. Varakattilaa käytetään pääasiassa seisokkien aikana. Laitoksen energiantuotantomäärä riippuu lämpöenergiaa käyttävien asiakkaiden tarpeesta. Sähköä tuotetaan käytännössä lämmöntuotannosta riippuen /16/. Alla olevassa taulukossa 11 on esitetty kattiloiden tuottama energia vuosina 2000-2003 ja tulevaisuuden ennuste.

Taulukko 11.
Energiantuotanto 2000-2003 ja ennuste (GWh) /16/.

	2000	2001	2002	2003	Ennuste
Kiertoleijukattila					
- lämpö	181,1	197,9	195,5	210,1	245
- sähkö	36,5	41,8	44,9	48,9	45
Varakattila					
- lämpö	32,6	20,0	34,1	41,6	27
- sähkö	-	-	-	-	-

Tuotetusta sähköenergiasta laitoksen oma käyttö on ollut viime vuosina 7 – 9 GWh/a. Sähköä on myös ostettu laitoksen seisokkien aikana noin 1 GWh/a. Suunnitelmissa on, että voimalaitoksen energiantuotantoa nostetaan jonkin verran /16/.

10.1

Käytetyt polttoaineet

Taulukossa 12 on esitetty voimalaitoksella käytetyt polttoaineet vuosina 2002-2004 ja ennuste tuleville vuosille /16/.

Taulukko 12.
Polttoaineiden käyttö vuosina 2000 – 2003 ja ennusteen mukainen /16/.

		2000 - 2003	Ennuste
Kiertoleijukattila			
Kivihiili	t/a TJ/a	5 148 – 8 286 125 - 202	9 800 (3 700 – 15 900) 235 (90 – 380)
Jyrsinturve	t/a TJ/a	15 275 – 53 132 152 - 576	24 900 (9 500 – 40 300) 235 (90 – 800)
Raskas polttoöljy	t/a TJ/a	119 – 521 5 - 21	320 (170 – 440) 13 (7 – 18)
Kevyt polttoöljy	t/a TJ/a	56 – 94 2 - 4	125 (80 – 220) 5 (3 – 18)
Puhdas puu	t/a TJ/a	13 553 – 49 521 184 - 459	0 (0 – 5 800) 0 (0 – 75)
Paperi ja muut jätepoltto-aineet	t/a TJ/a	10 313 – 16 365 173 - 283	42 000 (35 000–70 000) 845 (720 – 980)
Varakattila			
Raskas polttoöljy	t/a TJ/a	1 928 – 4 116 79 – 169	2 700 110

Tällä hetkellä jätepolttoaineen käyttöä on nostettu ja sitä käytetään n. 50 000-60 000 tonnia vuodessa ja sillä korvataan pääasiassa turvetta. Jätepolttoaine koostuu REF I ja REF II –polttoaineista, jotka sisältävät teollisuuden ja kaupan muovia, paperia, pahvia ja puuta. Todellisuudessa yli 90 %:ia käytetystä jäteperäisestä polttoaineesta on luokkaa REF I. Tämän lisäksi voimalaitoksella on lupa polttaa 10 000 tonnia lihaluujauhoa vuodessa sekä meijeriteollisuuden jätevesilietteitä 2 000 t/a ja muualta tuotuja jäteöljyjä 10 t/a. Tällä hetkellä ei lihaluujauhoa tai meijeriteollisuuden jätevesilietteitä kuitenkaan polteta ja ainoat poltettavat jäteöljyt ovat omassa toiminnassa syntyviä. Optio halutaan kuitenkin säilyttää tulevaisuudessakin näiden jätteiden polttamiseen, vaikka lähinäköpiirissä ei näiden hyödyntäminen olekaan. Kevyttä ja raskasta polttoöljyä käytetään tulevaisuudessakin kattilan ylös- ja alasajoon, sekä seisokin aikana varakattilan polttoaineena.

Kauttuan voimalaitoksen ympäristölupa ei salli yhdyskuntajätteestä valmistetun kierrätyspolttoaineen polttoa. Tällä hetkellä käytettävän polttoaineen laatu on hyvää ja kapasiteetti on lähes kokonaan käytössä, joten tarvetta polttoaineen muutoksiin ei ole.

10.2

Jätepolttoaineen toimitus

Tällä hetkellä jätepuun Kauttualle toimittaa L&T ja Pirkanmaan jätehuolto. Kaupan ja teollisuuden muovi-, paperi- ja pahvijätteen toimittaa porilainen Veikko Lehti Oy. Tulevaisuudessa Veikko Lehti Oy tulee toimittamaan myös jätepuun laitokselle. Kauttualla halutaan siirtyä yhteen jätepolttoaineen toimittajaan, koska näin säästetään paljon vaivaa ja resursseja. Polttoaineen toimitussopimus on Veikko Lehti Oy:n kanssa 10 vuoden mittainen. Tämä johtuu siitä, että prosessihöyryn ja kaukolämmön

toimitussopimukset ovat myös 10 vuoden mittaisia. Luotettava toimitus on yksi avainasioista jätteenpolttoa tarkasteltaessa.

Kierrätyspolttoaineen hinta määräytyy markkinahinnan mukaisesti. Kesäaikana polttoainetta voi kerääntyä varastoon pienen lämmöntarpeen takia. Toisaalta kesällä polttoaineen toimituskin on vähäisempää ja joskus kuljetusten välissä voi olla jopa päivien taukoja. Talvella polttoaineen tarve on suurempi ja kuormia tuodaan 4-5 päivässä.

10.3

Polttoaineen käsittely

Jätepolttoainetta varastoidaan pihalle varastorakennuksiin. Jätepolttoaine kuljetetaan kauhakuormaajalla murskaimelle ja magneettierottimelle. Murskattu jäte sekoitetaan turpeen sekaan ja kuljetetaan kolakuljettimella polttoainesyöttöön. Jätettä voidaan polttaa myös suoraan ilman sekoitusta turpeen kanssa. Kivihiili syötetään suoraan siilosta omalla syöttöjärjestelmällä.

Tällä hetkellä ongelmia aiheuttaa murskaimen huono toiminta. Leijupoltossa tärkeimpiä ominaisuuksia on tasainen palakoko. Kauttuan murskaimelta saattaa päästä läpi isojakin palasia, jotka taas saattavat aiheuttaa kuljettimien suurempaa kulumista tai jumiutumista sekä palamisen heikkenemistä. Ensimmäisenä hankintalistalla onkin uusi murskain sekä lisäkuljettimia, jotta jätepolttoainetta ei tarvitse kuljettaa varastosta kauhakuormaajalla murskaimelle, koska tämä roskaa ympäristöä jonkin verran.

10.4

Palaminen

Esikäsitelty polttoaine syötetään kiertoleijukattilaan eri syöttöjärjestelmiä pitkin. Jätepolttoaine pyritään sekoittamaan turpeen ja puun kanssa. Kivihiilellä, POK:lla ja POR:lla on omat syöttöjärjestelmänsä. Polttoaineen joutuessa kattilaan se palaa välittömästi. Petihiekan suuren lämpökapasiteetin takia leijutekniikka sopii hyvin myös märempien polttoaineiden polttamiseen. Kiertopetitekniikassa suuren leijutusnopeuden takia ominaista on voimakas pyörteisyys ja hyvä hiukkasten sekoittuminen ja näin ollen myös hyvä palaminen. Kattilan tulipesän jälkeen savukaasut ohjataan sykloniin, jossa petihiekkaa erotetaan savukaasuista ja palautetaan takaisin kattilaan. Palautettavan hiekan mukana on myös palamattomia aineksia, jotka näin ohjataan takaisin polttoon. Myös tästä syystä kiertopetitekniikka mahdollistaa hyvän palamisen asteen ja sen takia ominaista kiertopetitekniikalle ovat pienet CO ja CxHy sekä NO_x –pitoisuudet /31/.

Kattilan teho on 65 MW ja hyötysuhde noin 90 %. Tuotetun tuorehöyryn arvot ovat /32/:

- Massavirta 90 t/h
- Paine 84 bar
- Lämpötila 500

Lämpötila tulipesässä ylittää lähes kaikissa tilanteissa 850. Toisaalta Kauttuan ympäristöluvassa on vedottu jätteenpolttoasetuksen kohtaan 11 ja muutettu 2 sekunnin viipymän vaatima lämpötila vähintään 750 celsiukseksi. Näin ollen palamisolosuhteiden vaatimusten täytössä ei Kauttualla ole mitään ongelmia. Märillä polttoaineilla tulipesän lämpötila voi laskea alle 850, mutta ei missään olosuhteissa alle 750.

10.5

Päästörajat

Kauttuan voimalaitoksen päästörajat on määrittänyt ympäristöluvan myöntäjä eli Länsi-Suomen ympäristölupavirasto (LSY). Päästöjen raja-arvot on laskettu siten, että HCl:n ja HF:n Cprosessi – arvoina on käytetty turpeen ja kivihiilen massapitoisuuksia. Turve tuodaan laitokselle lähialueilta ja sen ominaisuudet tunnetaan hyvin. Samoin kivihiili toimitetaan Fortumin Naantalin tehtaiden kautta ja sen ominaisuudet tunnetaan hyvin. TOC:n raja-arvona turpeelle ja kivihiilelle on käytetty kirjallisuuden metaanipäästökertoimia 11,1 - 22,4 mg/MJ tavanomaisia polttoaineita seospolttona polttaville. Asiantuntija-arvion mukaan metaanipäästöt kattavat suurimman osan orgaanisten yhdisteiden päästöistä. Turpeen ja hiilen osalta CO:n prosessiarvot perustuvat aiempiin mittaustuloksiin laitoksella.

Raja-arvoja määritettäessä on arvioitu jätepolttoaineilla tuotettavan tehon olevan 41,6 MW ja turpeella ja kivihiilellä 11,7 MW. Liitteessä II on LSY:stä saatu raja-arvon määritys laskelma HCl:lle, josta selviää raja-arvon määräämiseen tarvittavat suureet. Pitoisuus, jota verrataan raja-arvoihin, on laskettu tämän työn kohdassa 4.2 esitetyllä tavalla. Taulukossa 13 on esitetty Kauttuan voimalaitoksen päästörajat.

Taulukko 13.
Kauttuan voimalaitoksen päästöraja-arvot (O_2-pit 6 %).

Hiukkaset	30 mg/m^3(n)	Vuorokausikeskiarvo
Orgaaninen hiili, TOC	20 mg/m^3(n)	Vuorokausikeskiarvo
Suolahappo, HCl	40 mg/m^3(n)	Vuorokausikeskiarvo
Fluorivety, HF	5 mg/m^3(n)	Vuorokausikeskiarvo
Rikkidioksidi, SO_2	280 mg/m^3(n)	Vuorokausikeskiarvo
Typenoksidit, NOx - 1.1.2010 asti - 2.1.2010 alkaen	 520 mg NO_2/m^3(n) 340 mg NO_2/m^3(n)	 Vuorokausikeskiarvo Vuorokausikeskiarvo
Hiilimonoksidi, CO	100 mg/m^3(n)	24 tunnin jakson k-a
Cd, Tl	Yht. 0,05 mg/m^3(n)	Kertamittausten k-a
Hg	0,05 mg/m^3(n)	Kertamittausten k-a
Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V	Yht. 0,5mg/m^3(n)	Kertamittausten k-a
Dioksiinit ja furaanit	Yht. 0,1 ng/m^3(n)	Kertamittausten k-a

Kattilan käynnistys- ja alasajojaksoja sekä häiriötilanteita ei oteta huomioon päästöraja-arvojen noudattamisen tarkastelussa, jos niiden aikana ei polteta jätepolttoaineita. Voimalaitoksen raskasöljykäyttöisen varakattilan savukaasujen hiukkaspitoisuus saa olla enintään 100 mg/m^3(n) ja typenoksidipitoisuus enintään 1 000 mg NO_2/m^3(n) muunnettuina 3 %:n jäännöshappipitoisuuteen kuivaa savukaasua /16/.

10.6

Päästöt ja niiden vähennyskeinot

Savukaasupäästöjä ei ole tarvinnut mitata niin tarkasti ja perusteellisesti kuin asetuksen voimaantulon jälkeen ja tästä syystä vertailupohjaa aikaisempien päästöjen perusteella on vaikea arvioida. Laitoksella kuitenkin arvioidaan, että pelkällä sähkösuodattimella ei olisi mitään mahdollisuuksia päästä päästörajojen alapuolelle. Voimalaitos polttaa kuitenkin jätettä n. 60 % tehosta, joten HCl, HF, raskasmetalli ja PCDD/F –päästöt voivat kohota korkeiksi. Jätteenpolton osuuden kasvulla ei kuitenkaan arvioida olleen suurta vaikutusta muihin päästöihin kuin hiilimonoksidiin.

Savukaasupäästöissä ei tällä hetkellä ole vaikeuksia alittaa päästörajoja. Ongelmia on ollut CO:n kanssa, mutta viimeaikaisten polttoaineen syöttöjärjestelmän ja palamisilman syötön tehostus on auttanut ongelmaan. Kuitenkin todelliset tulokset nähdään vasta talven kulutushuipun aikana, mutta tällä hetkellä vaikuttaa siltä että CO ei ole enää ongelma. Savukaasupäästöistä ainoastaan NO_x –päästöt ovat suuret. Kohdan 10.5 taulukosta 13 voidaan kuitenkin nähdä, että Kauttualla on lupa vuoden 2010 ensimmäiseen päivään asti päästää 520 mg/m^3 ja tämän alle laitoksella päästään. Muut raja-arvoon verrattavat päästöt ovat Kauttualla pieniä, jopa negatiivisia. Tämä johtuu juuri siitä, että raja-arvoihin verrattavissa päästöissä tulee ensin huomioida mittausten 95 %:in luottamusvälit, jotka on esitetty taulukossa 1. Asiaa on käsitelty tarkemmin kohdassa 4.2.

Ainakin näillä näkymin uuden savukaasunpuhdistusjärjestelmän avulla päästään vaadittuun tasoon kaikilla muilla paitsi typenoksideilla. Voimalaitos onkin suunnitellut ensisijaisesti ilman vaiheistusta ja uuden murskaimen hankintaa, joilla voidaan olettaa olevan vaikutusta typenoksidipäästöihin. Mikäli nämä toimet eivät riitä, hankitaan SNCR –menetelmään perustuva puhdistusjärjestelmä.

10.6.1
Savukaasun puhdistusjärjestelmä

Savukaasupäästöjen hallintaan on investoitu laitoksella paljon. Ennen käytössä oli vain sähkösuodatin, mutta kesällä 2005 sähkösuodattimen perään asennettiin kuiva menetelmä, joka sisältää kalkin- sekä aktiivihiilisyötön, reaktorin ja letkusuodattimen. Uutta puhdistusjärjestelmää varten on koko savukaasukanava jouduttu uusimaan sähkösuodattimen jälkeen. Tämän lisäksi on jouduttu hankkimaan uusi savukaasupuhallin, koska letkusuodattimen takia painehäviö kasvaa. Aktiivihiilellä ja kalkilla on omat siilonsa ja ne sekoitetaan ruuvissa ennen niiden syöttöä reaktoriin. Reaktoriin palautetaan myös reagoimaton aines, joka on erotettu letkusuodattimelta saatavasta reaktiotuotteesta. Reagoimaton aines syötetään reaktoriin vesisuihkutuksen kanssa. Savukaasu syötetään reaktoriin aktiivihiili-kalkkiseoksen päälle ja se sekoittuu sorbentteihin reaktorin rummussa, jonka jälkeen savukaasu jatkaa letkusuodattimelle. Letku suodatin on 6 -osainen ja savukaasu jaetaan siihen tasaisesti. Savukaasupuhallin sijaitsee letkusuodattimen perässä jossa se aiheuttaa imun, jonka avulla savukaasu kulkeutuu suodatinletkujen läpi. Pölykakuksi kankaan pinnalle kertyvä aines poistetaan mekaanisella ravistimella säännöllisesti ja otetaan talteen. Puhdistunut savukaasu puhalletaan piippuun puhaltimella.

Puhdistusjärjestelmän toimitti saksalainen LÜHR "avaimet käteen" periaatteella. Laitteiston investointikustannuksiksi muodostui noin 3 000 000 €. Voimalaitospäällikön mukaan voidaan käyttö- ja kunnossapitokustannuksiksi laskea noin 10 000 €/a. Nämä koostuvat erilaisista huoltotöistä ja letkusuodattimen materiaalivaihdoista. Laitetoimittajan mukaan letkusuodattimien pussien vaihto olisi 4-5 vuoden välein. Näiden lisäksi puhdistuskustannuksiin on otettava huomioon kuluvasta kalkista ja aktiivihiilestä aiheutuvat kustannukset. Kalkkia kuluu vuodessa 1 000 tonnia ja aktiivihiiltä kuluu vuodessa 300 tonnia.

10.7
Kauttuan laitoksen mittaukset

Laitoksella tehtävät mittaukset koostuvat jatkuvatoimisista mittauksista ja määräaikaisista mittauksista. Tämän lisäksi suoritetaan vielä laadunvarmennusmittauksista AST ja QAL2 –mittaukset.

10.7.1

Jatkuvatoimiset mittaukset

Kauttuan voimalaitoksen jatkuvatoimisen mittalaitteiston toimitti Temet instruments Oy. Mittausjärjestelmänä toimii GASMET CEMS, joka perustuu FTIR -tekniikkaan, missä näytekaasu mitataan kuumana ja kosteana ilman näytekaasun laimennusta tai kuivaamista. Näytekaasu pumpataan mittauspisteestä lämmitettyjä linjoja pitkin mittausjärjestelmään analysoitavaksi. Järjestelmään kuuluu GASMET FTIR –analysaattori, GASMET PC ja GASMET näytteenottojärjestelmä. Hiukkaspitoisuutta mittaamaan asennettiin Dr. Födiksen pölyanalysaattori ja virtausta mittaamaan virtausanalysaattori. Jatkuvatoimisen puhdistusjärjestelmän kustannuksia ei haluttu tarkemmin kertoa laitetoimittajan toimesta. Investointikustannusten mainittiin kuitenkin lähtevän 75 000 €:sta GASMET CEMS –järjestelmälle ja 22 000 € :sta pöly ja virtausanalysaattoreille. Näiden tietojen perusteella vuotuiset kustannukset asettuvat kuitenkin tässä työssä arvioidulle välille.

10.7.2

Määräaikaiset ja vertailu mittaukset

Määräaikaiset mittaukset ja vertailumittaukset on Kauttualla hoidettu insinööritoimisto Paavo Ristola Oy:n toimesta. Ensimmäiset mittaukset suoritettiin 31.1 -1.2.2006. Mittaukset ja näytteenotot tehtiin Enprima Oy:n laatiman takuukoeohjelman mukaan. Ensimmäisenä mittauspäivänä mitattiin savukaasun pitoisuuksia ennen ja jälkeen kuitusuodattimen poltettaessa lajiteltua jätettä turpeen ja hiilen kanssa. Toisena mittauspäivänä mitattiin savukaasun hiukkaspitoisuuksia puhdistinlaitoksella poltettaessa pääosin turvetta ja sen laadusta johtuen myös vähän hiiltä. Takuupisteessä mitattiin kuitusuodattimen molemmilta puolilta jatkuvatoimisesti savukaasujen SO_2-, O_2-, CO- ja CO_2 -pitoisuudet. Lisäksi tehtiin näytteenottoja manuaalisilla menetelmillä hiukkaspitoisuuden, SO_2:n, dioksiinien ja furaanien, raskasmetallien, HCl- ja HF-pitoisuuksien määrittämiseksi. NO_x- ja TOC- pitoisuudet mitattiin jatkuvatoimisesti kuitusuodattimen jälkeen /33/.

Päästömittauksissa mitattiin rikkidioksidi (SO_2) jatkuvatoimisesti UV-fluoresenssiin perustuvalla menetelmällä ja typen oksidit (NO_x) vastaavasti kemiluminesenssiin perustuvalla analysaattorilla. Happi (O_2)-, hiilimonoksidi (CO)- ja hiilidioksidi (CO_2)-pitoisuudet mitattiin kuitusuodattimen jälkeen analysaattorilla, joka mittaa hapen kemiallisen kennon avulla ja hiilimonoksidin ja hiilidioksidin perustuen IR-tekniikkaan. Happipitoisuus ennen kuitusuodatinta mitattiin hapen paramagneettisuuteen perustuvalla menetelmällä. Hiilivetypitoisuus (TOC) mitattiin jatkuvatoimisesti liekki-ionisaatioon perustuvalla analysaattorilla /33/.

Raskasmetallien näytteenotto tehtiin standardin SFS-EN 14385 ja elohopean standardin EN 13211 mukaan jaksottaisella menetelmällä. HCl- ja HF -pitoisuudet määritettiin jaksottaiseen näytteenottoon perustuvalla laitteistolla ja menetelmällä standardien SFS-EN1911 ja SFS 5789 mukaisesti. SO_2 pitoisuudet mitattiin myös jaksottaisella menetelmällä standardin ISO 7935 mukaan. Orgaanisten yhdisteiden näytteenotossa käytettiin standardissa SFS-EN 1948-1 kuvattua menetelmää. Näytteiden analysointi tapahtui Paavo Ristola Oy:n laboratoriossa /33/.

Vertailu- ja määräaikaismittausten tuloksista voitiin havaita, että savukaasun puhdistusjärjestelmä toimii loistavasti ja haitta-ainepitoisuudet jäävät raja-arvojen alle selvästi /33/.

Vertailu- ja määräaikaismittauksista aiheutuvista kustannuksista ei saatu arvioita, mutta voidaan todeta, että kustannukset jäävät kohdassa 6.4 mainitulle välille.

10.8

Jätteenpoltosta aiheutuvat ongelmat

Fortumin Kauttuan voimalaitoksella on poltettu jätettä rinnakkaispolttona jo 10 vuoden ajan joten heillä on pitkä kokemus ja tieto käytännön ongelmista. Suurimmat kunnossapitokustannukset arvioidaankin Kauttualla muodostuvan korroosion, eroosion ja likaantumisen aiheuttamien ongelmien ehkäisemiseen ja korjaamiseen. Kattilan tulistinputket on uusittu kertaalleen noin 5 vuotta sitten toiminnan heikentymisen takia. Kesällä 2005 uusittiin kattilan yhden seinämän putkisto kokonaan ja tämän lisäksi suunnitellaan lämpöpintojen pinnoittamista korroosiota suojaavilla aineilla. Verrattuna pelkän kivihiilen ja turpeen polttoon, on jätteen rinnakkaispoltolla suuria vaikutuksia korroosio, eroosio ja likaantumisongelmiin, vaikka Kauttuallakin poltetaan pääasiassa erittäin hyvälaatuista jätettä.

10.9

Tuhkan jätehuolto

Voimalaitoksella syntyvä pohjatuhka sisältää pääasiassa petimateriaalia ja polttoaineen mukana tulleita epäpuhtauksia kuten esimerkiksi nauloja ja kiviä. Tuhka läjitetään Ahlströmin kaatopaikalle, joka sijaitsee noin 3 kilometrin päässä laitokselta. Pohjatuhkaa syntyy vuodessa noin 2000t. Sähkösuodattimella erottuu suurin osa tuhkasta (n. 95 %). Lentotuhkaa syntyy vuodessa 4 000-5 000t. Näiden lisäksi syntyy reaktiotuotetta letkusuodattimilta. Reaktiotuote voi sisältää runsaasti raskasmetalleja ja PCDD/F –yhdisteitä ja se luokitellaankin ongelmajätteeksi. Reaktiotuote viedään Ekokemin Kellahden kaatopaikalle, jossa siitä peritään erillinen käsittelymaksu. Voimalaitospäällikön mukaan voidaan arvioida, että reaktiotuotteita syntyy letkusuodattimelta vuodessa 1500 tonnia.

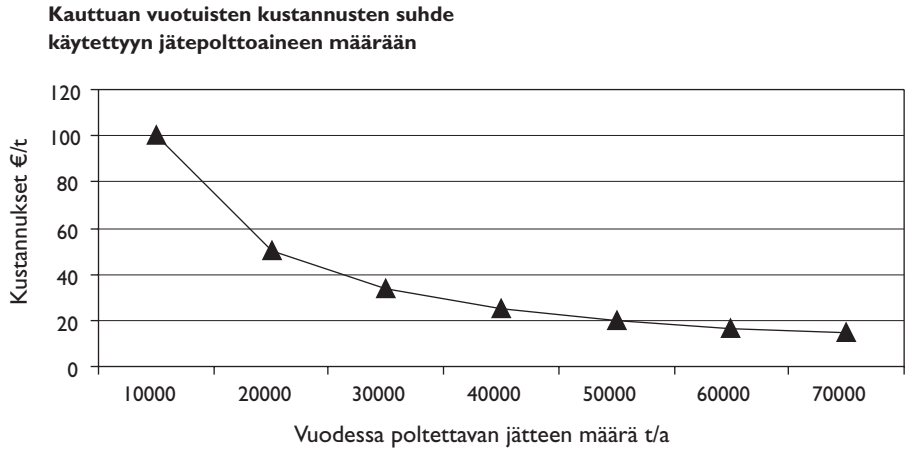
Tällä hetkellä Kauttualla mietitään ratkaisuja tuhkan sijoituspaikaksi. Ahlströmin kaatopaikalle sijoitus loppuu vuonna 2007. Tämän jälkeen vaihtoehtona on sijoittaa pohjatuhka ja ESP:llä erotettu tuhka joko Kellahden tavanomaisen jätteen kaatopaikalle tai Satakierto Oy:n Köyliön kaatopaikalle. Pohjatuhkan tapauksessa voi hyötykäyttökin olla mahdollista ja mahdollisuuksia tutkitaan. ESP:llä erotettu lentotuhka todennäköisesti sisältää liikaa epäpuhtauksia hyötykäyttöä varten, mutta saattaa olla sijoitettavissa tavanomaisen jätteen kaatopaikalle. Jos se on mahdollista, on laitos tehnyt oikean ratkaisun jättäessään ESP:n erottamaan lentotuhkaa ennen letkusuodatinta. Letkusuodatin voisi erottaa kaiken yksinäänkin mutta koko tuhkamäärä voisi olla pahemmin kontaminoitunut ja sijoitus voisi tulla ongelmalliseksi. Huomioitavaa on, että tuhkista aiheutuvat kustannukset tulevat Kauttualla luultavasti kasvamaan paljonkin vuoden 2007 jälkeen. Kuljetuskustannukset tulevat varmasti kasvamaan ja tavanomaiselle kaatopaikallekin sijoitus voi tulla kalliiksi.

10.10

Toiminnan kannattavuus

Kauttuan tapauksessa kustannuksia tarkastellaan 10 vuoden takaisinmaksuajalla, koska lämpösopimukset ja polttoaineen toimitus on sovittu 10 vuoden aikajaksolle. Jätteenpolttoasetuksen myötä tulleet kustannukset ovat olleet Kauttuan tapauksessa merkittävät uuden savukaasunpuhdistusyksikön ja käyttö- ja kunnossapitokustannusten kasvamisen johdosta. Kalkkia kuluisi todennäköisesti joka tapauksessa rikkidioksidin pelkistyksessä, vaikka jätettä ei poltettaisikaan, mutta seikkaa ei tässä huomioida. Kokonaiskustannukset kierrätyspolttoaineen käytöstä tulevat olemaan

n. 700 - 1 000 k€/a muodostuen pääasiassa lisäainekustannuksista, käyttö- ja kunnossapitokustannuksista, tuhkien käsittelykustannuksista sekä päästöjen valvonta- ja mittauskustannuksista. Seuraavassa kuvassa 21 on Kauttuan voimalaitoksen kustannuksia verrattu käytettyyn polttoainemäärään.



Kuva 21. Kauttuan voimalaitoksen vuotuiset kustannukset suhteessa poltettavan jätepolttoaineen määrään.

Kuvasta voidaan havaita, että poltettaessa noin 50 000 tonnia vuodessa jätepolttoaineita, koituu kustannuksiksi noin 20 €/t. Syynä ovat suuret kustannukset, jotka maksavat itsensä takaisin vasta poltettaessa jätettä n. 50 000 tonnia vuodessa olettaen, että jätepolttoaineen hinta oli nolla.

Kauttuan voimalaitoksella katsottiin, että jätteen rinnakkaispolttoa oli kannattavampi jatkaa uuden asetuksen vaatimuksista huolimatta. Suurien investointienkin jälkeen jätteen rinnakkaispoltto on taloudellisesti kannattavaa. He pystyvät pitämään höyryn hinnan kilpailukykyisenä osittain edullisen polttoaineen takia. Yksi suuri syy siihen että Kauttualla ei haluttu siirtyä takaisin pelkän kivihiilen ja turpeen seospolttoon oli päästökaupan luomat rajoitukset CO_2 -päästöihin. Kauttuan päästöoikeuksien referenssivuotena poltettiin paljon puuta ja tämän takia heille myönnettiin vähän päästöoikeuksia. REF –polttoaineen päästökerroin CO_2 :lle on pienempi kuin turpeelle ja kivihiilelle ja osittain tämän takia REF:n osuutta haluttiin lisätä. Viime vuosina Kauttualla on jääty ostopuolelle noin 4 000 t/a, mutta jäteosuuden lisääminen on tuonut heidät lähemmäs tavoitetta.

11 Johtopäätökset

Tässä työssä tarkasteltiin jätteen rinnakkaispolttoa ja sen kannattavuutta uuden jätteenpolttoasetuksen voimaan astumisen jälkeen. Tarkoitus oli selvittää rinnakkaispolton rooli jätehuollon kannalta Suomessa. Johtopäätöksissä käydään läpi tärkeimmät työssä käydyt asiat ja pohditaan niiden vaikutusta rinnakkaispolton tulevaisuuteen.

Suomessa rinnakkaispoltolla on ollut merkittävä asema jätteen poltossa. Pääosin turpeen ja puun rinnalla on poltettu teollisuuden ja kaupan hyvälaatuisesta jätteestä valmistettua polttoainetta ja tämän polttoa jatketaan edelleen joillain laitoksilla. Jätteenpolttoasetuksen voimaantulo vanhoille laitoksille 29.12.2005 aiheutti kuitenkin sen, että jätteenpolton kannattavuus pienissä laitoksissa heikentyi. Tämä johtuu siitä, että mittauskustannukset ovat kaiken kokoisille laitoksille suurin piirtein samoja ja näin ollen rasittavat pieniä toimijoita erityisesti. Toinen syy pienten laitosten jätteenpolton lopettamiseen on, että laitoksilla päästöjä ei ole tarvinnut mitata lainkaan ennen. Nyt jätteenpolttoasetuksen alaisena kun päästöjä joudutaan mittaamaan, on todennäköistä, että rinnakkaispolton raja-arvojen alle ei päästä, mikäli laitoksilla ei ole kunnollista savukaasunpuhdistusta. Laitoksen tulisi hankkia savukaasun puhdistuslaitteistoa lisää ja kustannukset kasvavat rajusti. Suurten laitosten kannattavuuteen ei mittausvaateiden täyttämisellä ole niin suurta vaikutusta. Tässä työssä saatujen tulosten mukaan poltettaessa jätettä 5 000 tonnia vuodessa olisi varaa maksaa jätepolttoaineesta noin 0 € ja 10 000 tonnin vuotuisen polttomäärän kohdalla kulkee raja-arvo, jonka jälkeen suuremmilla vuotuisilla polttomäärillä jätepolttoaineesta voidaan maksaa lähes vanha hinta (n. 20 €/t). Myöskään suurilla laitoksilla ei ole juuri merkitystä mittausvelvoitekustannusten kannalta poltetaanko jätettä vai ei, koska LCP –direktiivin mittausvaatimukset tulevat voimaan joka tapauksessa viimeistään vuoden 2008 alussa ja koskevat yli 50 MW:n laitoksia. Tämän kokoisissa laitoksissa LCP –direktiivin ja jätteenpolttodirektiivin määräämien mittausvaatimusten kustannusten välillä ei ole suurta merkitystä.

Poltettaessa jätettä suuria määriä päästörajoitusten alapuolelle ei päästä ilman hyvää savukaasunpuhdistuslaitteistoa. Laitteiston kustannukset kasvavat usein niin suuriksi, että niitä pyritään kompensoimaan halvan jätepolttoaineen polttokapasiteetin kasvattamisella. Jäteosuuden kasvaessa teknisten riskien todennäköisyys kuitenkin kasvaa. Tällöin joudutaan sijoittamaan enemmän kunnossapitoon ja jäteosuuden kasvulla saatu taloudellinen etu heikkenee. Jätteenpolttoasetus tekee jätteenpolton taloudellisesti mahdolliseksi vain suurissa rinnakkaispolttolaitoksissa: koska vaatimusten täyttäminen voi koitua kalliiksi, täytyy löytyä potentiaalia polttaa jätepolttoaineita paljon vuodessa.

Tuhkan jätehuolto saattaa nousta yhdeksi kriittiseksi tekijäksi rinnakkaispolton kannattavuutta arvioidessa. Tämä johtuu siitä että lentotuhkaa syntyy leijutekniikassa paljon ja lähes kaikki epäpuhtaudet kuitenkin höyrystyvät ja kerääntyvät siihen. Pienillä polttosuhteilla voidaan arvioida, että jätteen rinnakkaispoltto ei aiheuta

muutoksia tuhkan laatuun. Tällöin polttoaineen laadun tulee olla hyvä. Turpeen ja puun tuhkien hyötykäyttömahdollisuuksia on rajallisesti, ja ne sijoitetaan tavallisesti kaatopaikalle. Jotta rinnakkaispoltto vaikuttaisi kaatopaikkaläjityksen, tulisi huonolaatuista jätettä polttaa rinnalla melko paljon. Toisaalta, jos laitoksella syntyvää lentotuhkaa hyötykäytetään, saattaa jätteen rinnakkaispolton aloittamiseen vaikuttavaan päätökseen keskeinen tekijä olla tuhkan kontaminoituminen hyötykäyttökelvottomaksi.

Tässä työssä saatujen tulosten perusteella rinnakkaispolttoa voitaisiin harrastaa pienillä polttosuhteilla melko edullisesti. Jos polttosuhde on 2 %:ia, päästään savukaasupäästöissä rajoitusten alle kalkin syötöllä ja sähkösuodattimella mikäli jätepolttoaine on hyvälaatuista. Tämän lisäksi tuhkan ominaisuudet eivät juuri heikkene ja teknisten riskien kuten korroosion ja likaantumisen mahdollisuus on pieni. Kustannuksia kertyy vain mittalaitteista ja mahdollisesta petihiekan ja kalkin lisäkulutuksesta. Mielenkiintoisena seikkana on, voisiko tuo osuus olla yhdyskuntajätteestä valmistettua polttoainetta. Valtakunnallisesti rinnakkaispoltolla on potentiaalia melko paljon jo olemassa olevalla laitoskapasiteetilla jos oletetaan, että kaikissa laitoksissa voitaisiin vähäisillä kustannuksilla aloittaa pienimuotoinen rinnakkaispoltto. Jos näissä laitoksissa voitaisiin polttaa 2 %:ia tehosta yhdyskuntajätteestä valmistettua kierrätyspolttoainetta, saataisiin yksi kolmasosa Suomessa syntyvästä yhdyskuntajätteen energiajakeesta käytettyä hyödyksi. Tulos on täysin laskennallinen ja osa laitoksista polttaa jo jätepolttoainetta, mutta antaa kuvan mahdollisesta potentiaalista. Laitokset ovat kuitenkin jakautuneet epätasaisesti maahan ja kaikilla alueilla rinnakkaispoltto ei tarjoa suurta mahdollisuutta jätehuollon ratkaisuun. Sen sijaan esimerkiksi Kainuussa energiajätteen lajittelu, jalostus ja rinnakkaispoltto on järkevin vaihtoehto, koska Kainuun Voiman voimalaitos pystyy polttamaan kaiken yhdyskuntajätteen energiajakeen ja Huurinainen Oy pystyy sen jalostamaan.

Rinnakkaispolttolaitosten rooli yhdyskuntajätteen poltossa on kuitenkin kyseenalainen. Periaatteessa yhdyskuntajätteestä valmistetusta polttoaineesta voidaan saada REF II luokkaista. Tällöin tulisi kuitenkin olla toimiva energiajätteen keruujärjestelmä. Yhdyskuntajätteen epätasainen laatu tuottaa kuitenkin suuria ongelmia rinnakkaispoltossa. Rinnakkaispoltto tapahtuu sähköä ja lämpöä tuottavilla laitoksilla. Hyvän rakennussuhteen saamiseksi on höyryn lämpötila pidettävä yli 500 asteessa. Näissä lämpötiloissa jätepolttoaineen sisältämät kloori ja raskasmetallit aiheuttavat kuitenkin voimakkaasti likaantumista ja korroosiota. Tästä syystä laitokset käyttävät mielellään teollisuuden ja kaupan jätejakeita, koska niiden sisältö on varmuudella tiedossa ja haitta-ainepitoisuudet pieniä. Yhdyskuntajätteessä voi olla epäpuhtauksia, jotka saattavat aiheuttaa jopa seisokin laitokselle ja tästä johtuen valtavat kustannukset. Alumiini, sinkki, lyijy ja tina aiheuttavat herkästi kerrostumia lämpöpintoihin. Näistä vain alumiini on mainittu laadunvalvontajärjestelmässä ja sille on asetettu raja-arvot erilaatuisille jätepolttoaineille. Laadunvalvontastandardia tulisikin uusia ja huomioida kaikki haitalliset komponentit ja asettaa raja-arvot näille, jotta jätepolttoaineesta saataisiin houkuttelevaa huolimatta sen alkuperästä.

Jätepolttoaineen laadun takaamiseksi olisi löydettävä keinoja siten, että yhdyskuntajätteestä valmistettu polttoaine saataisiin haluttavammaksi polttoaineeksi. Kaikki lähtee hyvästä ja toimivasta lajittelujärjestelmästä. Mielestäni yksi tärkeimmistä seikoista olisi selvittää kuluttajalle hänen vastuunsa systeemin toimivuudesta. Kuluttajan olisi tärkeää tietää miksi lajitellaan ja mitä lajitellulle jätteelle tapahtuu ja mitä tapahtuu jos lajittelee väärin. Näin saataisiin sitoutuminen systeemiin heti ketjun alkupäästä.

Jätteenpolton imago olisi myös saatava paremmaksi. Osa energiantuotantolaitoksista ei välttämättä halua polttaa jätettä, koska kuluttajien silmissä ne muuttuvat likaisiksi jätteenpolttolaitoksiksi. Imagon parantaminen lähtee asian tiedottamisesta ja selvittämisestä. Varauksellinen suhtautuminen liittyy usein epätietoisuuteen

asiasta. Jätteen polttamisesta pitäisi saada luotua vihreä ja ympäristöystävällinen mielikuva.

Eräs ongelma on myös jätteenpolton kokema jatkuva vastarinta. Ympäristölupaprosessit pitkittyvät ja hankaloituvat kun hankkeista jätetään valituksia. Tämä saattaa aiheuttaa haluttomuutta laitoksissa edes aloittaa toimintaa. Rinnakkaispolton etuna verrattuna massapolttoon on, että se toimii suuremmalla hyötysuhteella ja näin jätteestä saadaan parempi hyöty. Lisäksi kapasiteettia on jo olemassa ja Suomessa on ammattitaitoa ja kokemusta alalta runsaasti. Koska rinnakkaispoltto vaatii mahdollisimman puhtaita jätepolttoaineita, pystytään lajittelusysteemiä kehittämään ja käyttämään jätteet ensisijaisesti materiaalina ja ohjata polttoon vain materiaalikierrätykseen kelpaamattomat jakeet. Rinnakkaispolttolaitoksissa jätteen synnyn ehkäisyn vaikutuksetkaan eivät haittaa, sillä niissä voidaan polttaa useita eri polttoaineita ja siirtyä vaikka kokonaan pois jätejakeesta. Rinnakkaispoltto ei siis sido jätemääriä samalla tavalla kuin massapoltto. Rinnakkaispolton vastustus on siis järjenvastaista ainakin ympäristönsuojelun näkökulmasta.

Yksi mielenkiintoinen seikka jätteen polttoaineeksi muuntumisen tulevaisuudessa on jätteistä käytävä kilpailu. Kilpailua käydään jätehuoltoyritysten välillä mutta myös jätettä polttavien laitosten välillä. Jo nyt on tehty sopimuksia eri kuntien ja jätteen toimittajien kanssa valtavista jätteiden käsittelymääristä. On haettu kapasiteetiltaan jopa 500 000 t/a jätteen käsittelylaitoksille lupia. Ilmeisesti kuljetuksista aiheutuvia kustannuksia ei ole otettu huomioon millään tavalla. Jätettä polttavat laitokset haluavat taata luotettavan ja hyvälaatuisen jätteen toimituksen tietylle määräajalle. Suuremman kapasiteetin omaavilla laitoksilla on etua tässä tapauksessa, koska ne voivat maksaa jätepolttoaineesta suuremman summan ja saavat näin ollen parempilaatuisen polttoaineen.

Jätteenpolttoasetuksessa on rinnakkaispolttoa ajatellen joitakin kohtia, jotka ovat epäkäytännöllisiä. Rinnakkaispoltto ei ole Euroopassa kovinkaan yleistä, vaan pääosa jätteestä poltetaan arinatekniikalla massapolttona. Suomessa pääosa jätteistä on poltettu rinnakkaispolttona leijutekniikalla. Tosin suurin osa Suomessa poltetusta jätteestä on ollut teollisuuden ja kaupan hyvälaatuista jätettä. Sen sijaan yhdyskuntajätettä on poltettu rinnakkaispolttona melko vähän. Jätteenpolttoasetuksen artiklassa 8 säädetään polton olosuhteista. Lämpötilan tulee nousta yli 850 asteen vähintään 2 sekunnin ajaksi. Tämä ei ole leijutekniikassa aina taloudellisesti järkevää, koska toimintalämpötila voi olla alhaisempi. Ongelmia saattaa aiheutua varsinkin osakuormalla esimerkiksi kesäaikana, jolloin joudutaan tehoa pitämään tietyllä tasolla, jotta 850 asteen lämpötila saavutetaan. Artiklassa 11 mainitaan kuitenkin että käytettäessä tiettyä tekniikkaa ja tiettyyn jakeeseen kuuluvaa polttoainetta, voidaan säätää poikkeava palamislämpötilavaatimus. Palamisolosuhteiden määrääminen laissa on yleisesti hieman kummallista jos kuitenkin asetetaan päästörajat. Palamisolosuhteiden määräämisestä ei ole varsinaisesti enää mitään hyötyä, kun PCDD/F – yhdisteiden pitoisuuksia pystytään mittaamaan.

Sallitut raskasmetallipitoisuudet ovat rinnakkaispoltolle samat kuin jätteenpoltollekin, mutta ne tulee muuntaa 6 %:n happipitoisuuteen, jolloin ne ovat tiukemmat kuin pelkälle jätteenpoltolle. Pääpolttoaineen ominaisuudet ovat kuitenkin yleensä paljon puhtaammat raskasmetallien osalta kuin jätteen ja näin ollen tällä määräyksellä ei mielestäni ole merkitystä eikä se ole epäreilu rinnakkaispolttoa kohtaan. Kuitenkin esimerkiksi kuorta poltettaessa mangaanin pitoisuudet voivat nousta korkeiksi. Tämän tyyppisissä tapauksissa ympäristöluvassa on myönnetty helpotuksia.

Yhtenä ongelmakohtana jätteenpolttoasetuksessa on savukaasunpuhdistuksesta aiheutuvien jätevesien mittaukset ja lähinnä se, kuuluvatko lauhdutuslaitoksen vedet tämän mittausvelvoitteen piiriin. Tästä seikasta on paljon epäselvyyttä ja jäteveden mittauskustannukset ovat kuitenkin suuruudeltaan merkittävät vuodessa. Asia tulisi esittää selkeämmin asetuksessa.

Puhtaan puun määrityksessä on epäselvyyksiä. Tähän on tulossa kuitenkin lisäselvitystä syksyllä 2006.

Myös päästörajojen muodostuminen aiheuttaa epäselvyyttä asetuksessa. Rinnakkaispolton tapauksessa päästörajat määritetään asetuksen kaavan 2 avulla. Ongelmakohtana on $C_{prosessi}$-arvojen määritys HCl:lle, HF:lle, TOC:lle ja CO:lle. Suomen laissa ei ole mitään arvoja tämäntyyppisille pitoisuuskertoimille, joten ne on määritettävä massapitoisuuksien mukaan. Massapitoisuudet määritetään laitoksilla ja ilmoitetaan viranomaisille, jotka laskevat päästörajat niiden mukaisesti. Ongelmana on se, että menetelmä ei ole yhdenmukainen kaikille toimijoille vaan muuttuu tapauksen ja alueen mukaan. Mikäli toiminnan harjoittajan toimittamat massapitoisuusarvot ovat todenmukaisia, tulevat päästörajat varmuudella olemaan näitä pitoisuuksia alemmat koska jätteenpolttoasetuksesta saatavat pitoisuusrajat jäteosuudelle ovat hyvin pieniä. Mikäli toiminnanharjoittajan arvot ovat suuret esimerkiksi korkeakloorisen kivihiilen käytön takia, muodostuu raja-arvosta melko suuri. Tämän jälkeen olisi mahdollista vaihtaa esimerkiksi vähäkloorisempaan kivihiileen ja raja-arvot voitaisiin alittaa ilman savukaasun puhdistusinvestointeja. Päästörajojen määritykseen olisi hyvä saada jonkinlainen yleisempi järjestelmä esimerkiksi siten, että $C_{prosessi}$ – arvot olisivat tietyn maan kivihiilelle tietyn suuruiset ja tietyn alueen turpeelle tietyn suuruiset. Toiminnan harjoittajan olisi myös helpompi suunnitella omaa toimintaansa edeltä, jos pystyisi itse määrittämään suunnilleen tulevat päästörajat.

Päästörajoja määritettäessä olisi mielestäni myös hyvä säilyttää yhdenmukaisuutta. Joissain tapauksissa on määrätty rajoitukset samoiksi kuin jätteenpoltossa, mutta muutettuna vain happipitoisuuteen 6 %, eikä siis ole käytetty kaavaa jätteen rinnakkaispolton päästörajojen laskemiseen. Näissä tapauksissa on kuitenkin arvioitu savukaasunpuhdistuslaitteiston olevan niin hyvä, että päästörajat alittuvat joka tapauksessa. Mielestäni menetelmä sotkee kuitenkin yhdenmukaisuutta ja aiheuttaa toiminnan harjoittajille epäselvyyttä siitä miten päästörajat määräytyvät. Asetuksessa mainitaan päästörajojen määrityksen tapahtuvan asetuksen liitteen 2 kaavan avulla rinnakkaispoltolle ja silloin se pitäisi myös sillä määrittää.

Yleisesti jätteen rinnakkaispoltolla on potentiaalia Suomessa hyvälaatuiselle jätteelle. Tämän työn mukaan potentiaalia voisi olla mahdollisesti myös yhdyskuntajätteestä valmistetulle hyvälaatuiselle polttoaineelle. Tätä mahdollisuutta tulisi ainakin selvittää lisää. Jätehuollon kannalta rinnakkaispoltto tarjoaisi energiajätelajittelujärjestelmällä oivan keinon päästä parempaan jätteen hyödyntämisosuuteen. Todennäköistä on, että suurimpiin kaupunkeihin on järkevintä rakentaa massapolttolaitokset. Rinnakkaispoltto ja massapoltto eivät kilpaile samoista jätejakeista, mutta molemmat menetelmät vaativat omanlaisensa lajittelujärjestelmän ja tästä syystä niiden yhdistäminen samalle alueelle on ongelmallista. Viisainta olisikin kartoittaa kaikki jätteen rinnakkaispolttoon kykenevät laitokset ja mitoittaa niiden kapasiteettia alueittain ja järjestää asianmukainen keräysjärjestelmä tältä pohjalta.

Jätteen rinnakkaispolttoa, varsinkin yhdyskuntajätteen, tulisi saada houkuttelevammaksi vaihtoehdoksi laitoksille. Porkkanoina voisivat toimia erityiset tuet ja avustukset. Tulevaisuudessa ainakin päästökauppa ja vihreät sertifikaatit saattavat edistää halukkuutta aloittaa jätteiden rinnakkaispoltto. Sen sijaan mikäli jätepolttoaineen muoviosuutta aletaan rankaista, menettää se etuaan tavanomaisiin polttoaineisiin nähden. Kuitenkin voidaan sanoa, että jätteen rinnakkaispoltolla on hyvät edellytykset Suomessa. Nähtäväksi jää kuinka laaja-alaisesti turve- ja puupolttolaitoksia aletaan valjastaa jätteen rinnakkaispolttoon sopivaksi.

LÄHDELUETTELO

1. Jätteenpolton BREF. Parhaan käytettävissä olevan tekniikan vertailuasiakirjan käyttö jätteenpolton suunnittelussa ja luvituksessa.
2. Suomen ympäristökeskus 2005 [verkkodokumentti]. Luettu 18.04.2006. Saatavissa http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=25648&#a3
3. Valtioneuvoston päätös yhdyskuntajätettä polttavien laitosten aiheuttaman ilman pilaantumisen ehkäisemisestä 1994 (VNp 626/1994).
4. Kierrätyspolttoaineiden energiakäyttöselvitys Pohjois-Savossa (KELPO) 2002 loppuraportti. Saatavissa: http://kokoeko.pspt.fi/data/KELPO-loppuraportti.pdf
5. Tekes julkaisut 2003. Jätteiden energiakäyttö teknologiaohjelma 1998-2001 loppuraportti. Saatavissa: http://www.tekes.fi/julkaisut/jatteiden_energiakaytto.pdf
6. Lohiniva, Sipilä, Mäkinen & Hietanen 2002. VTT tiedotteita. Jätteiden energiakäytön vaikutus kasvihuonepäästöihin
7. Tilastokeskus 2005 [verkkodokumentti]. Luettu 18.04.2006. Saatavissa: http://www.stat.fi/ajk/tiedotteet/v2005/tiedote_071_2005-12-13.html
8. Jätealan neuvottelupäivät 5-6.4.2006 Lahti.
9. YTV:n julkaisu 2006. Jätteiden energiakäytön mahdollisuudet pääkaupunkiseudulla ja sen lähialueilla
10. Eriksson, Niko & Horttanainen, Mika & Marttila, Esa & Koski, Antti & Peltola, Päivi & Määttä, Kalle & Aatamila, Marjaleena & Ruuskanen, Juhani Paikallisten sivuainevirtojen hyödyntäminen hajautetuissa energiajärjestelmissä, LTY, Enerhiatekniikan osasto, 2004, EN B-158, 1459-2630.
11. Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta 2003 (362/2003).
12. Alueellisten ympäristöluvittajien kokous 23.3.2006 Turku.
13. Valtioneuvoston asetus polttoaineteholtaan vähintään 50 megawatin polttolaitosten ja kaasuturbiinien rikkidioksidi-, typenoksidi- ja hiukkaspäästöjen rajoittamisesta 2002 (1017/2002)
14. Suomen ympäristökeskus 2005 [verkkodokumentti]. Uusi valtakunnallinen jätesuunnitelma. Luettu 20.04.2006. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=152603&lan=fi
15. SFS 5875 Jätteen jalostaminen kiinteäksi polttoaineeksi. Laadunvalvontajärjestelmä.
16. Länsi-Suomen ympäristölupavirasto, lupapäätös LSY-2004-Y-208
17. Alakangas 2000. VTT tiedotteita. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia.
18. Ympäristöhallinto 2005, Päästötietojen tuottamismenetelmät. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=46599&lan=fi
19. Kiiski, Harri Polttolaitosten päästöjen viranomaisraportoinnin uusiminen 2004, diplomityö LTY Saatavissa: http://edu.lut.fi/LutPub/web/nbnfi-fe20041520.pdf
20. Raiko, R. Kurki-Suonio, L. Saastamoinen, J. Hupa, M. Poltto ja palaminen. IFRF –Suomen kansallinen osasto. ISBN 951-666-448-2. Jyväskylä 1995.
21. Nieminen R, Jätteenpolttolaitosten materiaali- ja ympäristöongelmat. Tampereen teknillinen korkeakoulu/Materiaaliopin laitos, 1993.
22. Zevenhoven & Kilpinen. Control of pollutants in fuel and flue gases. ISBN 951-22-5527-8, Saatavissa: http://www.abo.fi/^rzevenho/gasbook.html
23. Elektrowatt-Ekono 2003. Uusien säädösten vaikutus savukaasupäästöjen mittauksiin.
24. Ilmansuojeluyhdistys 2004. Päästömittauksen käsikirja osa 1
25. Ilmansuojeluyhdistys 2004. Päästömittauksen käsikirja osa 2
26. Holmström, Martti Savukaasujen mittausjärjestelmän kehittäminen jätteen rinnakkaispolttolaitoksessa 2000, diplomityö LTY
27. Ranta & Wahlström. Tuhkien laatu REF-seospoltossa VTT tiedotteita 2002
28. Jutta Laine-Ylijoki, Ulla-Maija Mroueh, Pasi Vahanne, Margareta Wahlström Elina Vestola, Sakari Salonen & Jorma Havukainen. Yhdyskuntajätteiden termisenkäsittelyn kuonista ja tuhkista hyötykäytettäviä ja loppusijoitettavia tuotteita. VTT tiedotteita 2005
29. Suomi internetissä. Tietoa suomen maakunnista. Luettu 27.6.2006 Saatavilla http://fennica.net/a/3fc/k3fc.htm
30. Tanskanen Juha-Heikki, Valtakunnallisten yhdyskuntajätteen hyödyntämistavoitteiden saavutettavuus Päijät-Hämeessä, SY 151, 1997, ISBN 952-11-0174-1.
31. Huhtinen, Kettunen, Nurminen, Pakkanen. Höyrykattilatekniikka 2000 ISBN 951-37-3360-2
32. Fortum Power & Heat. Kauttuan voimalaitoksen esite.
33. Fortum Power & Heat Kauttuan voimalaitoksen takuukokeet. Alustava raportti

Tero Mäkinen tarkastaja Länsi-Suomen ympäristövirasto, sähköpostihaastattelu
Eljas Hietamäki tarkastaja Länsi-Suomen ympäristövirasto, puhelinhaastattelu
Heikki Savolainen voimalaitospäällikkö Kainuun Voima Oy Kajaanin voimalaitos, puhelinhaastattelu
Jarkko Ahtikari voimalaitospäällikkö Fortum Power & Heat Kauttuan voimalaitos, laitostapaaminen
Jani Leikas export manager Temet Instruments Oy, sähköpostihaastattelu
Hannu Hietikko voimalaitospäällikkö Forssan Energia Kiimassuon voimalaitos, puhelinhaastattelu
Matti Huurinainen toimitusjohtaja Huurinainen Oy, puhelinhaastattelu

Liite 1. Jätteenpolttoasetuksen rinnakkaispolttoa koskevien päästörajojen taulukot.

Taulukko 1.
Polttolaitosten ilmaan johdettavien päästöjen raja-arvojen vuorokausikeskiarvot.

Hiukkasten kokonaismäärä	10 mg/m^3
Kaasumaiset ja höyrymäiset orgaaniset aineet orgaanisen hiilen kokonaismääränä (TOC)	10 mg/m^3
Suolahappo (HCl)	10 mg/m^3
Fluorivety (HF)	1 mg/m^3
Rikkidioksidi (SO_2)	50 mg/m^3
Typpimonoksidi (NO) ja typpidioksidi (NO_2) typpidioksidina; koskee käytössä olevia polttolaitoksia, joiden nimelliskapasiteetti on yli 6 tonnia/tunti, sekä muita kuin käytössä olevia polttolaitoksia	200 mg/m^3 (*
Typpimonoksidi (NO) ja typpidioksidi (NO_2) typpidioksidina; koskee käytössä olevia polttolaitoksia, joiden nimelliskapasiteetti on enintään 6 tonnia/tunti	400 mg/m^3 (*

(* Tammikuun 1 päivään 2007 saakka NO_x –päästöjen raja-arvoa ei sovelleta laitokseen, jossa poltetaan ainoastaan ongelmajätteitä.

Ympäristöluvassa voidaan käytössä olevan polttolaitoksen NO_x –päästöjen raja-arvojen osalta määrätä, että

- nimelliskapasiteetiltaan enintään 6 tonnia tunnissa olevien laitosten vuorokausikeskiarvojen raja-arvo on enintään 500 mg/m^3 päivään tammikuuta 2008 saakka,
- nimelliskapasiteetiltaan yli 6 tonnia mutta enintään 16 tonnia tunnissa olevien laitosten vuorokausikeskiarvojen raja-arvo on enintään 400 mg/m^3 1 päivään tammikuuta 2010 saakka ja
- nimelliskapasiteetiltaan yli 16 tonnia mutta alle 25 tonnia tunnissa olevien laitosten, jotka eivät aiheuta päästöjä veteen, vuorokausikeskiarvojen raja-arvo on enintään 400 mg/m^3 1 päivään tammikuuta 2008 saakka

Käytössä olevan polttolaitoksen ympäristöluvassa voidaan määrittää, että hiukkaspäästö on enintään 20 mg/m^3 vuosikeskiarvona 1 päivään tammikuuta 2008 saakka.

Taulukko 2.
$C_{prosessi}$-arvot kiinteiden polttoaineiden osalta mg/m^3(n):ssa (happipitoisuus 6 %).

Epäpuhtaus	<50 MW	50-100 MW	100-300 MW	>300 MW
SO_2				
Kiinteät polttoaineet yhteensä		850	200	200
Turve		400	400-200 (lineaarinen vähennys 100:sta 300 MW:iin)	
No_x		400	200	150
Hiukkaset	50	50	30	30

Ympäristöluvassa voidaan määrätä, että 1 päivään tammikuuta 2008 saakka leijukerrosteknologiaa ja kiinteitä polttoaineita käyttävässä käytössä olevassa 100-300 MW:n rinnakkaispolttolaitoksessa käytetään seuraavia $C_{prosessi}$-arvoja raja-arvojen laskemisessa: NO_x –päästöjen osalta enintään 350 mg/m^3 (n) ja SO_2 –päästöjen osalta enintään 850-400 mg/m^3 (n) (lineaarinen vähennys 100:sta 300 MW:iin).

Taulukko 3.
$C_{prosessi}$ -arvot biomassan osalta mg/m^3 (n):ssa (happipitoisuus 6 %).

Epäpuhtaus	<50 MW	50-100 MW	100-300 MW	>300 MW
SO_2		200	200	200
No_x		350	300	150
Hiukkaset	50	50	30	30

Ympäristöluvassa voidaan määrätä, että 1 päivään tammikuuta 2008 saakka leijukerrosteknologiaa ja biomassaa polttoaineena käyttävässä käytössä olevassa 100-300 MW:n rinnakkaispolttolaitoksessa käytetään NO_x –päästöjen raja-arvoa laskettaessa $C_{prosessi}$-arvoa, joka on enintään 359 mg/m^3(n).

Taulukko 4.
$C_{prosessi}$ -arvot nestemäisten polttoaineiden osalta mg/m^3 (n):ssa (happipitoisuus 3 %).

Epäpuhtaus	<50 MW	50-100 MW	100-300 MW	>300 MW
SO_2		850	400-200 (lineaarinen vähennys 100:sta 300 MW:iin)	200
No_x		400	200	175
Hiukkaset	50	50	30	30

Kokonaispäästöjen raja-arvot ilmaistaan mg/m^3 (n):ssa (happipitoisuus 6 %). Vähintään kuuden ja enintään kahdeksan tunnin näytteenottoajan kuluessa mitattavat kaikki keskiarvot ovat seuraavat:

Taulukko 5.
Kokonaispäästöjen raja-arvo raskasmetallien osalta (happipitoisuus 6 %).

Epäpuhtaus	C
Cd+Tl	0,05
Hg	0,05
Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V	0,5

Kokonaispäästöjen raja—arvoit ilmaistaan ng/m^3(n):ssa (happipitoisuus 6 %). Vähintään kuuden ja enintään kahdeksan tunnin näytteenottoajan kuluessa mitattavat kaikki keskiarvot ovat seuraavat:

Taulukko 6.
Kokonaispäästöjen raja-arvodioksiinien ja furaanien osalta (happipitoisuus 6 %).

Epäpuhtaus	C
Dioksiinit ja furaanit	0,1

Taulukko 7.
Savukaasujen puhdistuksesta syntyvään jäteveteen sovellettavat päästöjen raja-arvot.

Epäpuhtaudet	Päästöjen raja-arvot massapitoisuuksina suodattamattomissa näytteissä	
1.Kiintoaineksen kokonaismäärä [1] [2]	95% 30 mg/l	100% 45mg/l
2. Elohopea ja sen yhdisteet elohopeana (Hg)	0,03 mg/l	
3. Kadmium ja sen yhdisteet kadmiumina	0,05 mg/l	
4. Tallium ja sen yhdisteet talliumina (Tl)	0,05mg/l	
5. Arseeni ja sen yhdisteet arseenina (As)	0,15 mg/l	
6. Lyijy ja sen yhdisteet lyijynä (Pb)	0,2 mg/l	
7. Kromi ja sen yhdisteet kromina (C)	0,5 mg/l	
8. Kupari ja sen yhdisteet kuparina (Cu)	0,5 mg/l	
9. Nikkeli ja sen yhdisteet nikkelinä (Ni)	0,5 mg/l	
10. Sinkki ja sen yhdisteet sinkkinä (Zn)	1,5 mg/l	
11. Dioksiinit ja furaanit liitteen I mukaisesti määritettyjen yksittäisten dioksiinien ja furaanien summana	0,3 ng/l	

[1] Kiintoaineksella tarkoitetaan yleisistä viemäreistä ja eräiltä teollisuudenaloilta vesiin johdettavien jätevesien sekä teollisuudesta yleiseen viemäriin johdettavien jätevesien käsittelystä annetussa valtioneuvoston päätöksessä (365/1994) tarkoitettua kiintoainesta.

[2] Käytössä olevan polttolaitoksen ympäristöluvassa voidaan määrätä kiintoaineksen kokonaismäärän raja-arvoksi 1 päivään tammikuuta 2008 saakka raja-arvo, jonka mukaan kiintoaineksen kokonaismäärän mitatuista arvoista 80 prosenttia on enintään 30 mg/l eikä mikään arvoista saa olla suurempi kuin 45 mg/l.

Liite 2. Kauttuan voimalaitoksen päästörajojen määräytyminen HCl:lle.

OHJE! Syötä jokaisesta poltettavasta materiaalista lämpöarvo, käyttömäärä sekunnissa, raja-arvo ja happipitoisuus!

Kaasumäärän laskenta

polttoainemäärä kuivana! puussa voi olla ½ kosteutta!

jäte liite V
polttoaine liite II

Teho MW	palava aine	lämpö-arvo MJ/kg	määrä kg/s	yli-ilma-kerroin	**savukaasu-määrä m³/MJ**	kaasumäärä m³/s	**m³/s**
41,6	jäte	23,4	1,778	2,111111	**0,23**	21,9583	**20,19911**
11,7	turve	19,5	0,6	1,402685	**0,27**	4,102852	**4,431081**
11,7	kivihiili	28,5	0,411	1,402685	**0,25**	4,107586	**4,102852**
65					yhteensä	30,16874	**28,73304**

palava aine	raja-arvo HCl	happi-pitoisuus
jäte	10	11
turve	47	6
kivihiili	127	6

Rinnakkaispolton raja-arvo	30,96187	**32,41265**	mg/m³(n)
O_2-pit.	9,639247	**9,514962**	%

Raja-arvo				Suurin mitattavissa oleva pitoisuus			
				Epävarmuus			
6 % O_2	41	**42**	mg/m³(n)	30	%	53	mg/m³(n) kun happipitoisuus on 6 %!
11 % O_2	27	**28**	mg/m³(n)				

KUVAILULEHTI

Julkaisija	Suomen ympäristökeskus			*Julkaisuaika* Marraskuu 2006
Tekijä(t)	Joni Koskinen			
Julkaisun nimi	**Jätteen rinnakkaispolton rooli ja rajaehdot Suomen jätestrategiassa** Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2016, Taustaselvitys, Osa I			
Julkaisusarjan nimi ja numero	Suomen ympäristökeskuksen raportteja 15/2006			
Julkaisun teema				
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut	Julkaisu on saatavana myös internetissä: http://www.ymparisto.fi/julkaisut Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2016, Taustaselvitys. Osa II. SYKEra 9/2006: Materiaalitehokkuuden edistämisen vaikutusten arviointi Osa III. SYKEra 12/2006: Ympäristönäkökulmat jätteen hyödyntämisessä energiana ja materiaalina			
Tiivistelmä	Tässä työssä pyritään selvittämään jätteen rinnakkaispolton rooli ja rajaehdot Suomen jätestrategiassa nyt kun jätehuolto on muuttunut uusien direktiivien voimaan astumisen myötä. Työssä käsitellään rinnakkaispolttoa koskevaa lainsäädäntöä ja sen vaikutusta polton tulevaisuuteen. Rajaehtoja on tarkasteltu savukaasupäästöjen, päästörajojen ja tuhkan ominaisuuksien muuttumisen avulla polttosuhteen muuttuessa. Lisäksi työssä on arvioitu jätteenpolttoa koskevan lainsäädännön aiheuttamat lisäkustannukset jätettä polttaville voimalaitoksille ja pohdittu, miten kustannukset ovat kompensoitavissa. Työn perusteella vaikuttaa siltä, että jätteen rinnakkaispoltolla voi tulevaisuudessakin olla merkittävä rooli Suomen jätehuollossa.			
Asiasanat	rinnakkaispoltto, kierrätyspolttoaine, jätteenpolttodirektiivi, jätehuolto, jätteenpoltto			
Rahoittaja/ toimeksiantaja	Ympäristöministeriö			
	ISBN 952-11-2433-4 (nid.)	ISBN 952-11-2434-2 (PDF)	ISSN 1796-1718 (pain.)	ISSN 1796-1726 (verkkoj.)
	Sivuja 82	*Kieli* suomi	*Luottamuksellisuus* julkinen	*Hinta (sis.alv 8 %)* -
Julkaisun myynti/ jakaja	Suomen ympäristökeskus (SYKE), asiakaspalvelu, PL 140, 00251 Helsinki puh. 020 490 123, faksi 020 490 2190 e-mail: neuvonta.syke@ymparisto.fi			
Julkaisun kustantaja	Suomen ympäristökeskus (SYKE), PL 140, 00251 Helsinki puh. 020 490 123			
Painopaikka ja -aika	Edita Prima Oy, Helsinki 2006			

PRESENTATIONSBLAD

Utgivare	Finlands miljöcentral			*Datum* November 2006
Författare	Joni Koskinen			
Publikationens titel	**Jätteen rinnakkaispolton rooli ja rajaehdot Suomen jätestrategiassa** Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2016, Taustaselvitys Osa I (Roller och gränsvillkor för samförbränningen av avfall i Finlands avfallsstrategi. Nationell avfallsplan för Finland till år 2016, Bakgrundsrapport Del I)			
Publikationsserie och nummer	Finlands miljöcentrals raporter 15/2006			
Publikationens tema				
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt	Publikationen finns tillgänglig på internet: http://www.ymparisto.fi/julkaisut Nationell avfallsplan för Finland till år 2016. Bakgrundsrapport. Del II. SYKEra 9/2006: Utvärdering av effekterna av befrämjande av materialeffektivitet Del III. SYKEra 12/2006: Miljöaspekter inom energi- och materialutnyttjande av avfall			
Sammandrag	Syftet med detta diplomarbete är att utreda rollerna och gränsvillkoren för samförbränningen av avfall i Finlands avfallsstrategi, nu när avfallshanteringen förändrats i och med att de nya direktiven trätt i kraft. I examensarbetet behandlas lagstiftningen gällande samförbränning och dess effekt på förbränningen i framtiden. Gränsvillkoren har analyserats med hjälp av variationer i rökgasutsläpp, utsläppsgränsvärden och askegenskaper vid ändrade förbränningsförhållanden. Dessutom har man uppskattat de extra kostnader som förordningen om avfallsförbränning medför för de kraftverk som bränner avfall samt dryftat hur kostnaderna kunde kompenseras. Utifrån diplomarbetet verkar det som om samförbränning av avfall också framöver kunde ha en betydande roll i avfallshanteringen i Finland.			
Nyckelord	samförbränning, REF, direktivet om avfallsförbränning, avfallshantering, avfallsförbränning,			
Finansiär/ uppdragsgivare	Miljöministeriet			
	ISBN 952-11-2433-4 (hft.)	ISBN 952-11-2434-2 (PDF)	ISSN 1796-1718 (print)	ISSN 1796-1726 (online)
	Sidantal 82	*Språk* Finska	*Offentlighet* offentlig	*Pris (inneh. moms 8 %)* -
Beställningar/ distribution	Finlands miljöcentral (SYKE), kundservice, PB 140, 00251 Helsingfors Tel. +358 20 490 123, Fax +358 20 490 2190 e-mail: neuvonta.syke@ymparisto.fi			
Förläggare	Finlands miljöcentral (SYKE), PB 140, 00251 Helsingfors Tel. +358 20 490 123			
Tryckeri/tryckningsort och -år	Edita Prima Ab, Helsingfors 2006			

DOCUMENTATION PAGE

Publisher	Finnish Environment Institute (SYKE)			*Date* November 2006
Author(s)	Joni Koskinen			
Title of publication	**Jätteen rinnakkaispolton rooli ja rajaehdot Suomen jätestrategiassa** Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2016, Taustaselvitys, Osa I (The role and critical limits of waste co-combustion in Finland's waste disposal strategy Finnish national waste plan 2016, Background document Part I)			
Publication series and number	Reports of Finnish Environment Institute 15/2006			
Theme of publication				
Parts of publication/ other project publications	The publication is available on the internet: www.ymparisto.fi/julkaisut Finnish national waste plan 2016, Background document. Part II. SYKEra 9/2006: Evaluation of the effects of improving the material efficiency Part III. SYKEra 12/2006: Environmental aspects of energy and material recovery of wastes			
Abstract	This study aims to establish the role and critical limits of waste co-combustion in Finland, following the introduction of new EU directives. The paper considers the new legislation and its possible effects on waste co-combustion. Critical limits are examined by considering variation in the ratio of the Recycled Fuel (REF) and the primary fuel. The paper also estimates additional costs arising from the new legislation and considers ways in which power plants might compensate for these costs. The results of the study show that waste co-combustion could still play a major role in Finland's waste strategy as the new legislation prohibits disposal of waste in landfills.			
Keywords	co-combustion, REF, directive on the incineration of waste			
Financier/ commissioner	Ministry of Environment			
	ISBN 952-11-2433-4 (pbk.)	ISBN 952-11-2434-2 (PDF)	ISSN 1796-1718 (print)	ISSN 1796-1726 (online)
	No. of pages 82	*Language* Finnish	*Restrictions* Public	*Price (incl. tax 8 %)* -
For sale at/ distributor	Finnish Environment Institute, Custom service, P.O. Box 140, FIN-00251 Helsinki, Finland Tel. +358 20 490 123, Fax +358 020 490 2190 e-mail: neuvonta.syke@ymparisto.fi			
Financier of publication	Finnish Environment Institute (SYKE), P.O.Box 140, FIN-00251 Helsinki, Finland Phone +358 20 490 123			
Printing place and year	Edita Prima Ltd., Helsinki 2006			

JÄTTEEN RINNAKKAISPOLTON ROOLI JA RAJAEHDOT SUOMEN JÄTESTRATEGIASSA

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUS

SYKE

ISBN 952-11-2433-4 (nid.)
ISBN 952-11-2434-2 (PDF)
ISSN 1796-1718 (pain.)
ISSN 1796-1726 (verkkoj.)