

**Hannu Petäistö**

**RIKKIPÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMINEN HAAPAVEDEN  
TURVEVOIMALAITOKSELLA**

**Opinnäytetyö  
KESKI-POHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Tammikuu 2011**



## TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

<b>Yksikkö</b> Ylivieska	<b>Aika</b> joulukuu 2010	<b>Tekijä/tekijät</b> Hannu Petäistö
<b>Koulutusohjelma</b> Sähkötekniikka		
<b>Työn nimi</b> RIKKIPÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMINEN HAAPAVEDEN TURVEVOIMALAITOKSELLE		
<b>Työn ohjaaja</b> Tuntiopettaja Kari Pieniniemi		<b>Sivumäärä</b> 34 + 9
<b>Työelämäohjaaja</b> Käyttöinsinööri Jarkko Aakko		
<p>Työ toteutettiin Kanteleen Voima Oy:n toimeksiannosta syksyllä 2010. Tutkimuksen tarkoitus oli tuottaa tutkimusmateriaalia rikkipäästöjen vähentämiseksi Haapaveden turvevoimalaitoksella.</p> <p>Tutkimuksessa määritettiin rikkitaso vuodelle 2006 ja nykytilanteessa. Tasemäärittämisellä tutkittiin polttoaineen vaikutusta rikkivirtoihin. Samalla suoritettiin rikkidioksidimittauksia Gasmet Dx4000N FTIR -savukaasuanalysaattorilla.</p> <p>Tuloksista ilmeni nykytilanteessa voimalaitokselta lähtevän rikkimäärän olevan suurempi kuin saapuva rikkimäärä. Analyysissa huomattiin myös savukaasun kosteuden vaikuttavan rikkidioksidipäästöihin.</p> <p>Johtopäätöksenä todettiin, että polttoaineella ei ole suurta merkitystä rikin sitoutumiseen lentotuhkaan ja pohjakuonaan. Uusi LCP-asetus edellyttää päästöjen vähentämistä nykyisestä. Pölypolttolaitoksilla BAT-rikinpoistomenetelmä on merkämenetelmä, jolla saavutetaan yli 90 % rikinpoistoaste.</p>		
<b>Asiasanat</b>  Päästöt, rikki, savukaasu, tase, turve, voimalaitos		

**ABSTRACT**

<b>CENTRAL OSTROBOTHNIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES</b>	<b>Date</b> December 2010	<b>Author</b> Hannu Petäistö
<b>Degree programme</b> Electrical Engineering		
<b>Name of thesis</b> REDUCING SULFUR EMISSIONS IN HAAPAVESI PEAT POWER PLANT		
<b>Instructor</b> Kari Pieniniemi		<b>Pages</b> 34 + 9
<b>Supervisor</b> Jarkko Aakko		
<p>This thesis was commissioned by Kanteleen Voima Oy in autumn 2010. The main goal of the research was to produce information to reduce sulphur emissions in Haapavesi peat power plant.</p> <p>In the research the current sulphur balance as well as the sulphur balance in 2006 was defined. Through defining the sulphur balance it was possible to study how the fuel that is used affects the sulphur flows. At the same time sulphurdioxide measurements were carried out by using Gasmeter Dx4000N FTIR gas analyzer.</p> <p>As a result it was found out that there was more output sulphur than input sulphur in the power plant. In the analysis it was also noticed that the humidity of the flue gas influences the sulphur emissions.</p> <p>As a conclusion it was found out that fuel does not have a significant impact on how fly ash and grate slag bind sulphur. The new LCP-law will require lower sulphur emissions. BAT desulphurization method used in pulverized peat combustion plants is a wet scrubber desulphurization method with which it is possible to desulphurize 90 % of the sulphur.</p>		
<b>Key words</b> Balance sheet, emissions, flue gas, peat, power plant, sulfur		

## **ESIPUHE**

Kiitos kaikille opinnäytetyön teossa avustaneille. Erityiskiitoksen ansaitsevat kehitysinsinööri Hannu Snellman, lehtori Kari Pieniniemi, käyttöinsinööri Jarkko Aakko ja automaatiomestari Jukka Savolainen aineiston keräämisen avustamisesta.

Pyydän anteeksi prosessin aikaisilta sijaiskärsijöiltä ja erityisesti Aulilta, joka on uhrannut omaa aikaansa ja auttanut arkisissa asioissa eteenpäin kohti valmistamista.

Ylivieskassa 6.12.2010

Hannu Petäistö

## SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	
ABSTRACT	
ESIPUHE	
1 JOHDANTO .....	1
2 KIRISTYVÄT YMPÄRISTÖVAATIMUKSET .....	2
2.1 Yleistä.....	2
2.2 LCP -direktiivi.....	3
3 RIKKI VOIMALAITOKSISSA.....	5
3.1 Rikkiyhdisteiden syntyminen.....	5
3.2 Rikkidioksidin mittaamenetelmät.....	7
3.2.1 UV -fluoresenssi .....	7
3.2.2 Sähkökemialliset kennot.....	8
4 VERTAILUTASEMÄÄRITYS VUODELTA 2006.....	9
4.1 Polttoon tuleva rikki.....	9
4.2 Lentotuhka ja pohjakuona.....	10
4.3 Savukaasuina poistuva rikki.....	11
4.4 Tase ja tulokset.....	12
5 PÄÄSTÖJEN MITTAAMINEN SAVUKAASUISTA .....	13
5.1 Muuntokerroin ja mittausepävarmuudet.....	13
5.2 Voimalaitoksen omat mittaukset .....	14
5.3 Vertailumittaus Gasmet FTIR . analysaattorilla.....	16
5.4 Mittaukset .....	17
5.4.1 Calcmet . analyysi .....	18
5.4.2 Mittaustulokset 30.9.2010.....	19
5.4.3 Mittaustulokset 1.10.2010.....	20
5.4.4 Tulosten tarkastelu .....	22
6 TASEMÄÄRITYS 30.9. . 1.10.2010 .....	25
6.1 Näytteenotto .....	26
6.2 Analyysi .....	28
7 RIKINPOISTOTEKNIikka .....	30
7.1 Kuivamenetelmä.....	30
7.2 Puolikuivamenetelmä.....	30
7.3 Märkämenetelmä .....	30
8 PÄÄTELMÄT.....	32
LÄHTEET.....	33
LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Vuonna 1989 valmistuneen Haapaveden turvevoimalaitoksen omistaa nykyisin Kanteleen Voima Oy. Omistajat ovat pieniä ja keskisuuria sähkönjakelijoita.

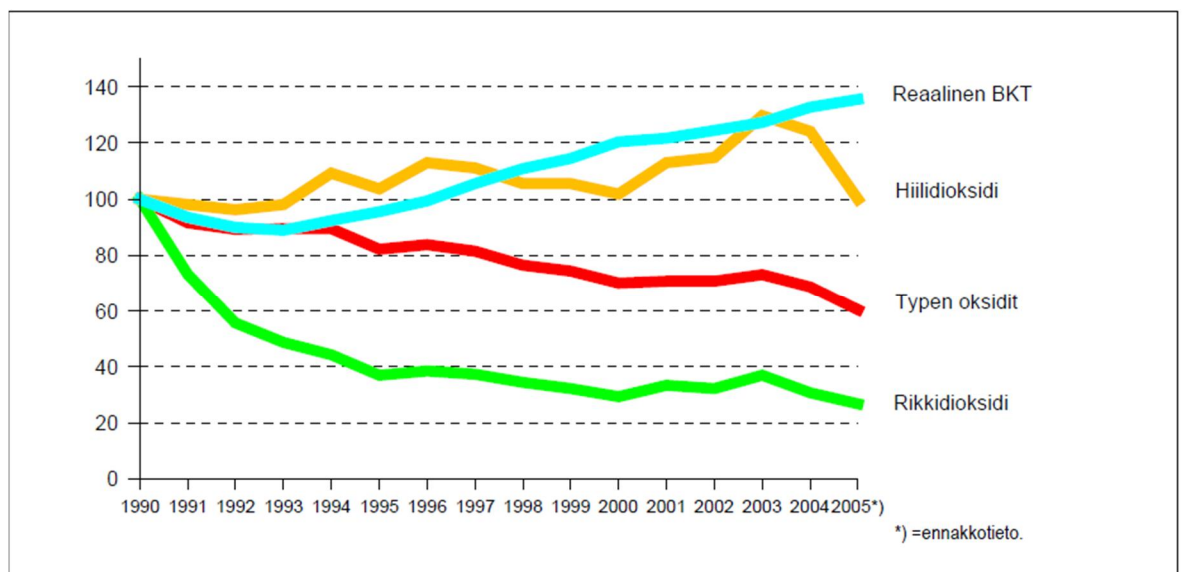
Laitoksella on 380 MW läpivirtauskattila, jolla tuotetaan lauhdesähköä valtakunnan verkkoon enimmillään 150 MW. Pääpolttoaineena kattilassa käytetään jrsinturvetta ja lisäksi sahanpurua ja ruokohelpeä. Vuonna 2009 valmistuneella biopolttoainelaitoksella voidaan syöttää sekundäärisenä polttoaineena metsähaketta 200 000 m<sup>3</sup> vuodessa, joka vastaa noin 20 % voimalaitoksen polttoainetehontarpeesta (Kanteleen Voima Oy 2010.). Turpeen päätoimittajana toimii Vapo Oy, mutta Kanteleen Voima Oy ostaa turvetta myös muualta ja on käynnistänyt omien turvesoiden hankinnan vuonna 2008 (Kanteleen Voima Oy 2010).

Tutkimus voimalaitokselle käsittelee rikkipäästöjen hallintaa. Huomion kohteena olivat rikkipäästöjen alentamismahdollisuudet ilman rikinpoistolaitosta. Tutkimus tehtiin nelivaiheisena. Ensimmäiseksi määritettiin rikkitaso vuodelle 2006 mittaus-tietojen pohjalta aiemman tilanteen kartoittamiseksi. Toisessa vaiheessa suunniteltiin savukaasujen mittaaminen ja koeajojakson näytteenotot. Kolmannessa eli suorittavassa vaiheessa tehtiin koeajojakson mittaukset, analysoitiin näytteet ja kerättiin tarvittavat tiedot. Viimeisenä tulokset analysoitiin ja yhdistettiin toisiinsa sekä tehtiin päätelmät tulosten pohjalta.

## 2 KIRISTYVÄT YMPÄRISTÖVAATIMUKSET

### 2.1 Yleistä

Rikkipäästöt ovat Suomessa vähentyneet 87 % vuodesta 1980 vuoteen 2000 (Herranen 2009, 7). Muut päästöinä mitattavat yhdisteet eivät ole vähentyneet yhtä merkittävästi (KUVIO 1.). Rikkidioksidi päästöjen väheneminen on saavutettu suurilta osin erilaisissa rikkittömän polttoaineen ansiosta ja suodattimilla teollisuudessa.

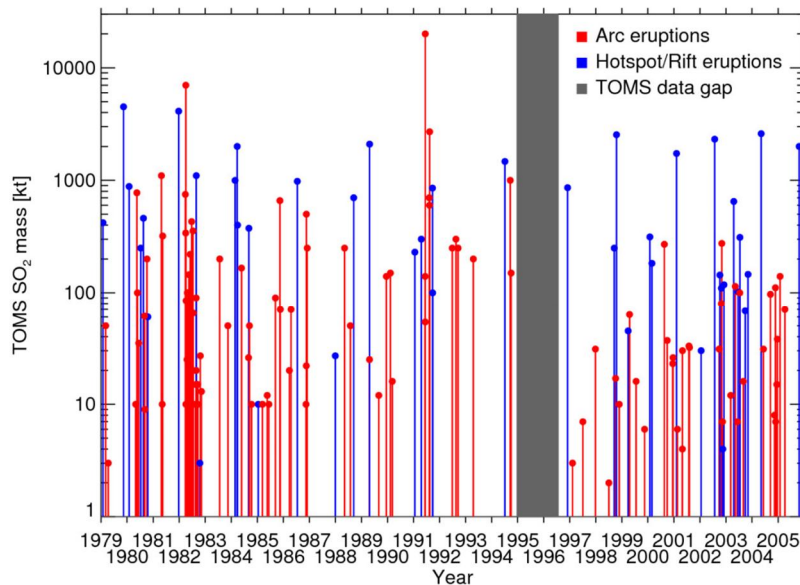


KUVIO 1. Päästöjen muuttuminen 15 vuoden aikana (Tilastokeskus 2006)

Mittakaavaa yhden voimalaitoksen rikkipäästöistä ilmakehään saa vertaamalla päästöjä luonnonmullistuksiin. Tulivuoret vapauttavat purkautuessaan suuria määriä rikkidioksidia ilmaan. Esimerkiksi vuoden 2006 alun laavapurkaus (KUVIO 2.) vapautti ilmakehään 2 000 000 tonnia rikkidioksidia, kun samana vuonna Haapaveden turvevoimalaitokselta vapautui ilmakehään koko vuoden aikana 1 750 tonnia rikkidioksidia. Voidaan todeta, että yhden tulivuoren muutaman viikon purkautuminen vastaa 1 000 vuoden ajoa tutkimuksen kohteena olevalla turvevoimalaitoksella.

Vuoden 1982 aikana sattui noin 20 purkausta, jolloin kuormitus ilmakehässä oli huomattavasti viime vuosia suurempi. Vuonna 1991 sattunut Mt. Pinatubon pur-

kaus oli valtava. Vapautunut 20 000 000 tonnin rikkipäästö vastaa yli 10 000 vuoden päästöä Haapaveden turvevoimalaitoksella. (TOMS Volcanic Emissions Group 2010)



KUVIO 2. Tulivuorien tuhka- ja laavapurkauksista syntynyt rikkidioksidi

## 2.2 LCP-direktiivi

Euroopan parlamentti ja neuvosto antoivat 2001 direktiivin (2001/80/EY), jota yleisesti kutsutaan LCP-direktiiviksi. Direktiivi on annettu tiettyjen suurista polttolaitoksista ilmaan joutuvien epäpuhtauspäästöjen rajoittamisesta+(EUR-LEX 2002).

Direktiivi edellyttää jatkuvatoimista päästöjen tarkkailua suurissa polttolaitoksissa hyväksytyillä (QAL 1) ja vähintään viiden vuoden välein kalibroiduilla mittalaitteilla (QAL 2). Lisäksi mittalaitteille tulee tehdä vuosittain tarkastus (AST) laadun varmistamiseksi. Päästörajat ilmoitetaan direktiivissä yksikössä mg/m<sup>3</sup>. Lisäksi päästöt on muutettava vertailukelpoisiksi samoihin olosuhteisiin poistamalla laskennallisesti paineen (1,013 bar), lämpötilan (273 K), kosteuden (kuiva) ja happipitoisuuden (6 %) vaikutukset mittaustulokseen.

Suomessa LCP-direktiivi astui voimaan 2002 valtioneuvoston asetuksena (1017/2002) nimellä +Valtioneuvoston asetus polttoaineteholtaan vähintään 50 megawatin polttolaitosten ja kaasuturbiinien rikkidioksidi-, typenoksidi- ja hiukkas- päästöjen rajoittamisesta+. Asetus velvoittaa olemassa olevat pölypolttolaitokset polttoaineteholtaan 100-400 megawattia 1.1.2008 lukien nuodattamaan turpeella 800-600 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>(n) päästörajaa lineaarisella vähentämisellä. Biomassa, joka on lähes rikitöntä, sai päästörajaksi 400 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> (n). päästö (Finlex 2002).

Edellä mainitut päästörajat ovat alittuneet Haapaveden turvevoimalaitoksella ilman erillistä rikinpoistolaitosta. Nykyinen ympäristölupa edellyttää 607 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> (n) päästörajaa.

Suunnitteilla on kuitenkin uusi LCP-direktiivi, jonka oletetaan edellyttävän myös olemassa oleville laitoksille LCP-asetuksessa uusille polttolaitoksille määriteltyjä päästörajoja. Tällöin turpeelle ja biomassalle tulisi 200 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>(n) päästöraja. Jos turpeen ominaisuudet estävät päästöraja-arvon toteutumisen, 92 % rikinpoistoaste on pakollinen tai 300 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>(n) raja-arvo (EURLEX 2002).

Uusi LCP-direktiivi oletettavasti pohjaa Best Available Technology (BAT) asiakirjoihin, jolloin rikinpoistolaitos on hankittava päästörajan saavuttamiseksi. Vaihtoehtoisia ratkaisuja on jäljellä olevaan käyntiaikaan (20 000 tuntia) sitoutuminen 2016 alkaen tai alle 1000 tunnin käyntijaksot vuoden aikana. Kumpikaan edellä mainittu ei ilmeisimmin toteudu Haapaveden turvevoimalaitoksella, jossa on investoitu biopolttoon viime vuosina.

### 3 RIKKI VOIMALAITOKSISSA

#### 3.1 Rikkiyhdisteiden syntyminen

Turve sisältää rikkiä 0,05-0,5 p - % (Raiko, Saastamoinen, Hupa & Kurki-Suonio 2002, 344). Jyrsinturpeen normaali rikkipitoisuus kuiva-aineesta vaihtelee välillä 0,05-0,3 p - % (Herranen 2009, 7). Energiaturpeen laatuohje vuodelta 2006 on Turveteollisuusliiton, Metsäteollisuus ry:n ja Energiateollisuuden laatima ohjeistus raja-arvoille polttoturpeessa (Turveteollisuusliitto, Metsäteollisuus ry & Energiateollisuus 2006, 11). Laatuohje vaatii rikkipitoisuuden ilmoittamisen eri toimituserissä laatuluokittain (Herranen 2009, 7).

TAULUKKO 1. Laatuluokat turpeelle rikin mukaan (p-% kuiva-aineesta)

Laatuluokka	S
S0.15	m0,15 %
S0.20	m0,20 %
S0.25	m0,25 %
S0.30	m0,30 %
S0.35	m0,35 %
S0.40	m0,40 %
S0.45	m0,45 %
S0.50	m0,50 %
S0.50+	> 0,50 %, todellinen arvo ilmoitettava

Yleensä suurempaa rikkipitoisuutta turpeessa vastaa suurempi kalsiummäärä, joka alkalina neutraloi rikkihapon (Herranen 2009, 9). Biopolttoaineissa rikki esiintyy orgaanisessa muodossa ravintoaineissa. Puun rikkipitoisuudeksi ilmoitetaan alle 0,05 p-%, joka on huomattavasti turpeen rikkipitoisuuksia pienempi (Raiko ym. 2002, 344). Haapaveden turvevoimalaitoksella poltetun turpeen rikkipitoisuus on yleensä alle 0,23 p-%, joten polttoturpeen laatu on rikin osalta hyvä (TAULUKKO 1.).

TAULUKKO 2. Alkuainepitoisuuksia eri polttoaineissa (Lötjönen, Knuutila 2009, 18)

Ominaisuus	Ruoko- helpi	Olki (vehnä)	Puu- hake	Kuori	Turve
Lämpöarvo kuiva-aineessa, MJ/kg	17-19	17	19	19	19-25
Lämpöarvo saapumistilassa, MJ/kg	15 – 17	14	8.5	8.5	11-22
Kosteus, %	7-20	11-24	50	50	10-60
Tuhkapitoisuus, %	3-8	5	0.6	2.0	3-8
Hiili, C, % kuiva-aineessa	48	48	50	50	55
Vety, H, % kuiva-aineessa	6	6	6	6.5	6
Rikki, S, % kuiva-aineessa	0.1	0.1	0.01	0.05	0.2
Typpi, N, % kuiva-aineessa	1.1	0.6	0.1	0.5	2.0
Kloori, Cl, % kuiva-aineessa	0.1	0.8	0.01	0.03	0.04
Natrium, Na, % kuiva-aineessa	< 0.03	0.1	0.01	0.013	0.007
Kalium, K, % kuiva-aineessa	0.4	0.8	0.2	0.3	0.02
Kalsium, Ca, % kuiva-aineessa	0.2	0.4	0.3	0.85	0.5
Pii, Si, % kuiva-aineessa	1.8	1.8	0.4	0.2	0.8
Tuhkan pehmenemispiste, ST, °C	1 125	1 050	1 180	1 240	1 140
Tuhkan sulamispiste, FT, °C	1 590	1 400	1 250	1 400	1 310

Taulukosta 2 selviää maa-alkalimetallien ja alkalimetallien osuus biopolttoaineissa ja toisaalta turpeessa. Biopolttoaineissa alkalien osuus on selvästi suurempi rikkipitoisuuteen nähden. Rikkiä voi sitoutua leijukerros poltossa tuhkan alkali- ja maa-alkalimetalleihin (Raiko ym. 2002, 345). Rikkidioksidi sitoutuu helposti poltossa esimerkiksi kaliumin tai kalsiumin kanssa ja poistuu sähkösuodattimen kautta tuhkana. Samalla korroosion riski tulistimissa pienenee merkittävästi kloorin sitoutuessa muotoon, joka ei tartu kuumiin metallipintoihin (Aho 2010, 27).

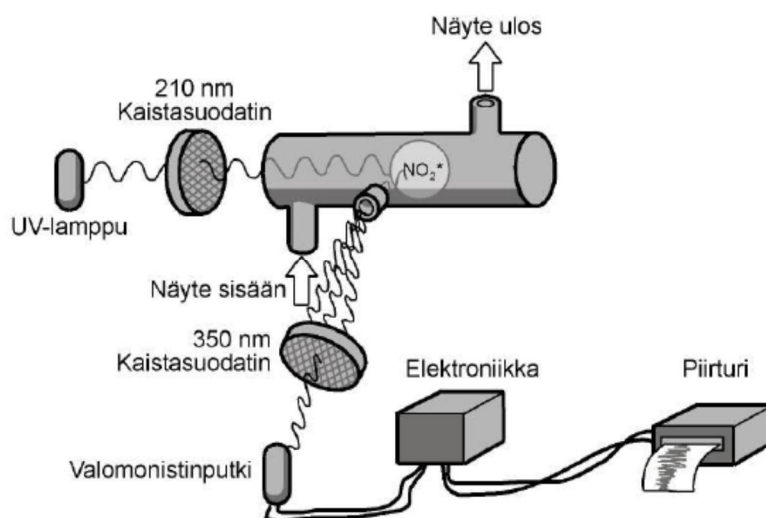
Turvepolttolaitoksessa, jossa ei ole rikinpoistolaitosta tai muuten vaikuteta rikkivirtoihin, muodostuu rikkidioksidia ja alle muutama prosentti rikkitrioksidia. Voidaan olettaa kaiken savukaasuina poistuvan rikin olevan rikkidioksidia (Raiko ym. 2002, 345).

### 3.2 Rikkidioksidin mittausmenetelmät

Yleisimmät menetelmät rikkidioksidin mittaamiseen savukaasuista ovat IR, FTIR, UV . fluoresenssi ja sähkökemialliset kennon. Haapaveden voimalaitoksen jatkuva-toiminen päästöjen seuranta Servomex 4900 -savukaasuanalysointilaitteella perustuu IR . menetelmään, jonka toimintaperiaatetta kuvataan luvussa 5.2 Voimalaitoksen omat mittaukset. Vertailumittaukset suoritettiin FTIR . menetelmään perustuvalla Gasmex Dx4000N . savukaasuanalysointilaitteella. Tämän mittalaitteen toimintaan pe-rehdytään luvussa 5.3 Vertailumittaus Gasmex FTIR . analysointilaitteella. Referens-simenetelmä, jolla mittauksen spesifisyys tarkastetaan on rikkidioksidille märkä-kemiallinen menetelmä, jonka analyysit suoritetaan joko Thorinmenetelmällä tai ionikromatografisesti. Menetelmän kriteerit luetellaan standardissa EN 14791 (Pel-likka & Puustinen 2007, 18).

#### 3.2.1 UV Fluoresenssi

UV . fluoresenssimenetelmä perustuu rikkidioksidimolekyylin virittämiseen elektro-niseen viritystilaan UV . valolla ja mittaamalla viritystilan purkautuessa syntynyttä pitempää aallonpituutta. Menetelmä on yleisin rikkidioksidin mittausmenetelmä (Pellikka & Puustinen 2007, 31).

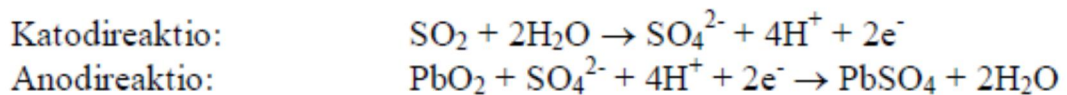
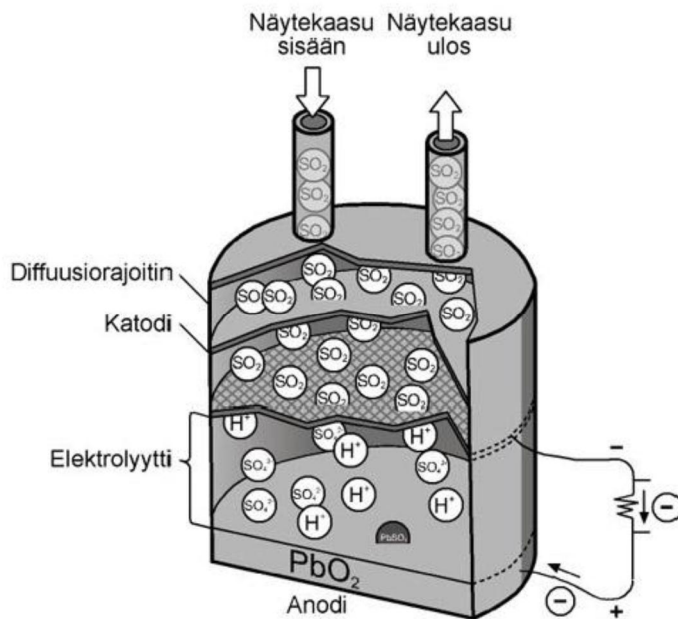


KUVIO 3. UV . fluoresenssianalysointilaitteen toimintaperiaate (Pellikka & Puustinen 2007, 32)

Ongelmana on rikkidioksidin sitoutuminen muihin molekyyliin ennen kuin viritystila loppuu ja mitattava valo on vapautunut. Muun muassa vesi, hiilidioksidi, happi, typpi ja hiilivedyt aiheuttavat häiriöitä mittaukseen.

### 3.2.2 Sähkökemialliset kennot

Sähkökemialliset kennot perustuvat hapetus-pelkistys reaktioon. Kennoon syntyy sähkövirta, joka on verrannollinen rikkidioksidin nopeuteen kulkea diffuusiorajoittimen läpi. Nopeus riippuu rikkidioksidipitoisuudesta, joten syntynyt virta on verrannollinen rikkidioksidipitoisuuteen. Ongelmana on kennon kuluminen toimintaperiaatteensa takia, joten se ei sovellu jatkuvatoimiseen mittaamiseen.



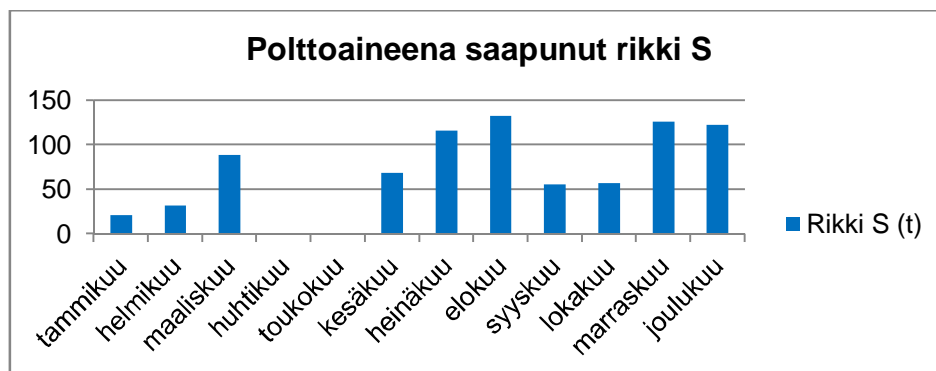
Kuvio 4. Sähkökemiallisen kennon toimintaperiaate rikkidioksidille (Pellikka & Puustinen 2007, 36).

## 4 VERTAILUTASEMÄÄRITYS VUODELTA 2006

Tasemäärityksen vertailupohjaksi valittiin vuoden 2006 ajojaksot (LIITE 7), jolloin polttoaineena käytettiin ainoastaan jyrshinturvetta. Taserajoina käytettiin koeajojaksolle suunniteltuja rajoja (LIITE 6). Viimeisellä ajojaksolla olivat käytössä low-nox polttimet, jotka vaiheistavat palamista haitallisten tyyppipäästöjen vähentämiseksi. Vaiheistettu poltto tarkoittaa kuitenkin pelkistävien alueiden suurempaa syntymistä palamistilassa, joten uudella polttotekniikalla on oletettavasti vaikutuksia myös eri rikkiyhdisteiden jakaumaan. Vertailuanalyysin aineisto kerättiin Kanteleen Voima Oy:n arkistoista sekä tutkimuksilla.

### 4.1 Polttoon tuleva rikki

Polttoon turpeena ja öljynä tulevan rikin määräitys suoritettiin Microsoft Office:n excel 2007 -työkalulla kuukausiraporttien (märkäpainot ja kosteudet) sekä Enas:in tekemien kuukausittaisten turpeen rikkimääritysten perusteella (KUVIO 3.).



KUVIO 5. Polttoon 2006 turpeena tullut rikki

Voimalaitoksen käyttämä Neste-raskaspolttoöljy LS 180 sisältää tuotetiedotteen (LIITE 1) mukaan tyypillisenä arvona 0,9 p-% rikkiä (määritysmenetelmä EN ISO 8754, NM 380). Öljyä poltettiin 2 049 tonnia vuonna 2006. POR:in mukana polttoon tuli 18,44 tonnia rikkiä. Öljystä laitokselle saapuva rikkimäärä on varsin pieni massaltaan verrattuna turpeesta saapuvaan rikkiin.

Yhteenlaskettu rikkivirta saatiin turpeen ja raskaanpolttoöljyn rikkien summana. Voimalaitokselle sisään rikkiä vuonna 2006 saapui 838,15 tonnia.

#### 4.2 Lentotuhka ja pohjakuona

Kuonan kosteusprosenttina käytettiin samana vuonna tehdyn raskasmetallianalyysin tuloksia. Lentotuhkan näytteenotto on järjestetty ennen kostutusta kuormausta varten, joten koko vuoden kuiva-aine määrän laskemiseksi suoritettiin kosteusanalyysi pikakosteusanalyysaattorilla. Analyysi suoritettiin rinnakkaismäärityksenä kahdesta näytteestä.

TAULUKKO 3. Lentotuhkan kosteuden määrittäminen

Lentotuhkan kosteus, analyysi 3.9.2010				
Sartorius MA 45 pikakosteusanalyysaattori				
	Näyte 1	Näyte 2	Erotus (<0,2 %)	KA
Massa (g)	2,935	3,247		
Kosteus (%)	11,39	11,25	0,14	<b>11,32</b>

Sartorius MA 45 analyysaattoria käytettiin ohjeistuksen mukaisesti. Kuivausaika oli molemmilla näytteillä viisi minuuttia. Analyysit erosivat toisistaan alle 0,2 %, joten tulos voitiin katsoa luotettavaksi ja taselaskennassa käytettiin näiden keskiarvoa (TAULUKKO 3.). Myös laitoksen kokemuksen mukaan kertoi kosteuden olevan 10-15 %. Jos kosteus laskee alle 10 %, tuhka nousee pölynä kuorma-auton lavalta ja yli 15 % kostea tuhka liimautuu lavan pohjaan kiinni.

Massat kuonalle sekä tuhkalle vuonna 2006 saatiin kuukausiraporttien yhteenvedosta. Näistä laskettiin kuiva-ainemassat kosteuksien perusteella. Muodostumissuhde kuivalle pohjakuonalle ja lentotuhkalle vuonna 2006 oli 40 % kuonaa ja 60 % tuhkaa.

Rikin määrittämiseksi lähetettiin vuoden 2006 lentotuhkan sekä pohjakuonan vuosikokoomanäytteet Ramboll Analytics Oy:lle analysoitavaksi (LIITE 4). Alkuainepi-

toisuudet määritetään aina kuiva-aineesta. Pohjakuonassa rikkipitoisuus oli pieni. Tulos oli odotettu sammutuskuljettimen jäähdytysveden emäksisyyden perusteella. Lentotuhkan rikkipitoisuus oli yllättävän suuri pelkämästä turpeesta muodostuneeksi.

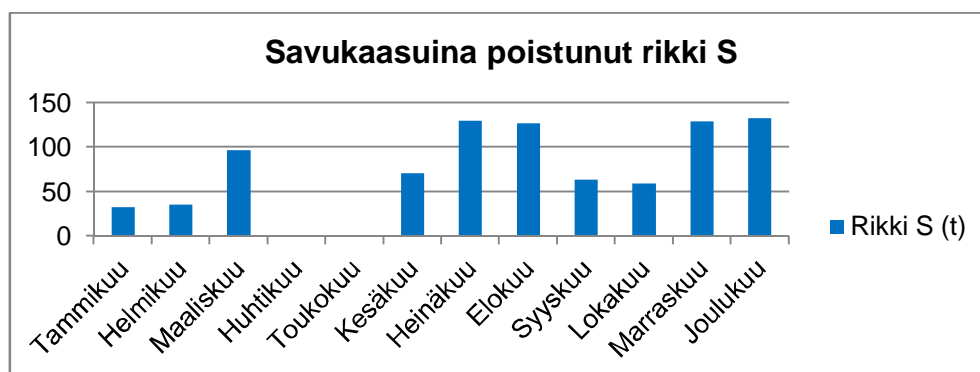
TAULUKKO 4. Rikkimäärät lentotuhkassa ja pohjakuonassa

	Pohjakuona	Lentotuhka
Paino (märkä) (t)	12989	17447
Kosteus (%)	18,9	11,3
Paino (kuiva) (t)	10534	15472
Rikki S (p-%)	0,027	0,130
Rikki (t)	<b>2,84</b>	<b>20,11</b>

Kokonaiskertyminä kuona- ja tuhkarikkimäärät ovat hyvin pieniä suhteessa polttoon saapuvasta rikistä (KUVIO 5.).

### 4.3 Savukaasuina poistuva rikki

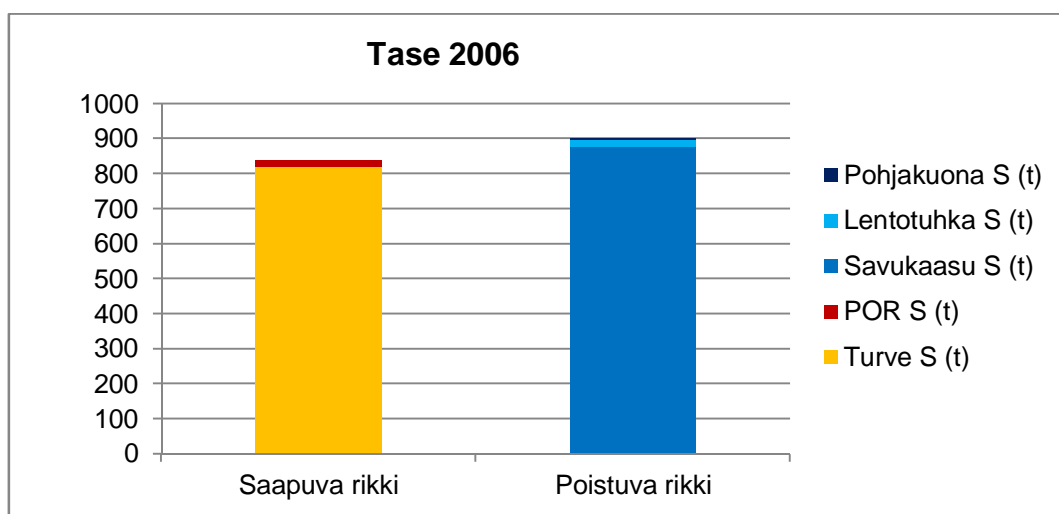
Savukaasuina poistuva rikki määritettiin kymmenen minuutin ajanjakson keskiarvona. Määrittäminen tapahtui savukaasun normeeratun virtauksen ( $\text{m}^3(\text{n})/\text{s}$ ) ja rikkidioksidipitoisuuden ( $\text{mg}/\text{m}^3(\text{n})$ ) kautta. Kustakin mittauksesta kymmenen minuutin keskiarvoja kuukaudelle kertyy noin 4 500 kappaletta, eli yhteensä 54 000 vuodelle. Kuviossa 4. esitetään kuukausittaiset tulokset puhtaaksi rikiksi laskettuna.



KUVIO 6. Savukaasuina poistuva rikki

#### 4.4 Tase ja tulokset

Rikkitaseen määrittäminen osoitti rikin poistuvan savukaasujen mukana suurilta osin, kun polttoaineina on turve ja käynnistykseen käytettävä raskaspolttoöljy. Laskennallisesti rikkiä poistui laitokselta n. 60 tonnia enemmän kuin sitä saapui polttoaineina vuonna 2006 (LIITE 7). Ero mahtuu mittausepävarmuuksien sisään, joten tasemäärittäminen voidaan katsoa onnistuneeksi.



KUVIO 7. Vuoden 2006 tasemäärittäminen

Kuviossa 7 on esitetty tasemäärittäminen tulokset. Poistuvasta ristikistä 98 % poistui savukaasujen mukana. Lentotuhkan osuus poistuvasta ristikistä oli 2 %. Pohjakuonan mukana rikkiä poistui vain 2,8 tonnia. Tämä osuus poistuvasta ristikistä oli 0,32 % eli ei merkittävä.

## 5 PÄÄSTÖJEN MITTAAMINEN SAVUKAASUISTA

### 5.1 Muuntokerroin ja mittausepävarmuudet

Savukaasuista mittaaminen perustuu mitattavan aineen tilavuusosuuden määrittämiseen. Pienet pitoisuudet ilmoitetaan analyysissä yleensä ppm:nä, joista ne muunnetaan päästöissä käytettyyn yksikköön mg/m<sup>3</sup>(n). Muuntaminen onnistuu muuntokertoimen avulla. Muuntokerroin määritetään kullekin aineelle moolimassan ja moolitilavuuden avulla (KUVIO 8.). Huomattavaa on rikkidioksidin kohdalla poikkeavuus ideaalikaasusta (moolitilavuus ideaalikaasulla on 22,4 m<sup>3</sup>(n)/kmol).

**SO<sub>2</sub> muuntokerroin**

ppm → mg/m<sup>3</sup>(n)

SO<sub>2</sub> moolimassa:  
 $32,01 \text{ kg/kmol} + 2 * 16,00 \text{ kg/kmol} = 64,01 \text{ kg/kmol}$

SO<sub>2</sub> moolitilavuus:  
 $21,88 \text{ m}^3(\text{n})/\text{kmol}$  (Fortum 2004)

SO<sub>2</sub> mahtuu ideaalikaasu kuutioon (muuntokerroin):  
 $(64,01 \text{ kg/kmol}) / (21,88 \text{ m}^3(\text{n})/\text{kmol}) = 2,926 \text{ kg/m}^3(\text{n})$

Yksi kg vastaa 10<sup>6</sup> mg ja ppm vastaa 10<sup>-6</sup> (vrt. % vastaa 10<sup>-2</sup>), joten muuntokertoimeksi saadaan 2,926.

KUVIO 8. Muuntokertoimen määrittäminen rikkidioksidille.

Mittaustuloksien analysoinnin yhteydessä suoritettiin mittausepävarmuuden määrittäminen. Gaset Dx4000N:n laajennettu mittausepävarmuus laskenta suoritettiin mCERTs epävarmuuksien (Gaset, 2009) pohjalta. Servomex 4900 epävarmuuden määrittämiseen käytettiin QAL1-määrittäystä (Fortum Power and Heat, 2004). Laajennettu epävarmuus laskettiin Kaavoissa 1, 2 ja 3 esitetyllä tavalla, mutta ja-kaumana käytettiin neliöjuuri kolmen sijaan lukua kaksi.

Epätarkkuudet ilmoitetaan yleensä virheen ylä- ja alarajana, jolloin standardiepävarmuus saadaan kaavasta (1).

$$u_p = \frac{\Delta x_p}{\sqrt{3}} \quad (1)$$

Yhdistetty standardiepävarmuus voidaan laskea kaavalla (2)

$$u_c = \sqrt{\sum_p u_p^2} \quad (2)$$

ja laajennettu standardiepävarmuus kaavalla (3).

$$U = k \cdot u_c \quad (3)$$

U = laajennettu epävarmuus

k = kattavuuskerroin

$u_c$  = yhdistetty epävarmuus

Tyypillisiä epävarmuustekijöitä ovat mm. toistettavuus, lineaarisuus, kohina, laite-tarkkuus, kalibrointi sekä ympäristön lämpötila ja paine. Epävarmuus laskettiin kul-lekin mittaustulokselle erikseen Office 2007 excel -työkalulla.

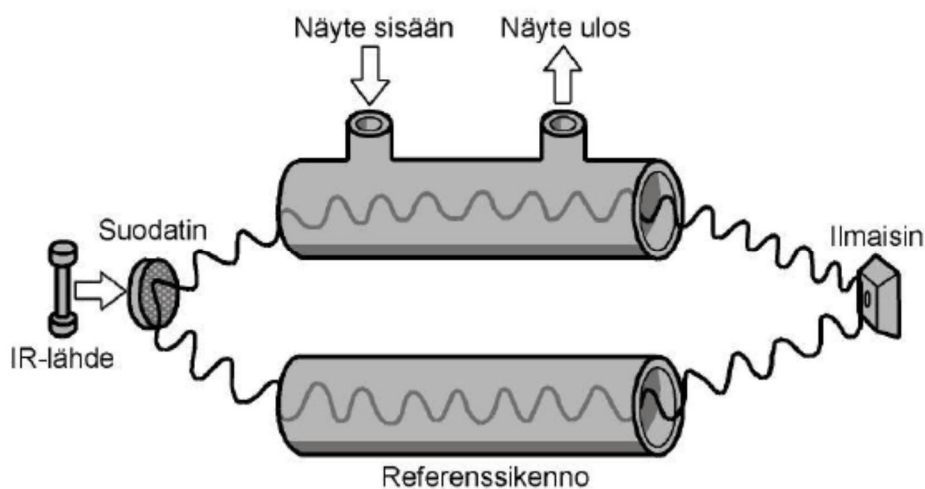
## 5.2 Voimalaitoksen omat mittaukset

Päästöjä on LCP-direktiivin nojalla mitattava jatkuvatoimisesti yli 100 MW polttolai-toksissa (FINLEX 2002). Haapaveden turvevoimalaitoksella on käytössä Servo-mex 4900 savukaasuanalysointilaitos (KUVIO 9.).



KUVIO 9. Servomex 4900 savukaasuanalysointilaitte ja paikallisnäytön osoittama rikkidioksidipitoisuus

Analysaattori käyttää rikkidioksidin mittaamiseen GFC-kennoa (KUVIO 10.). Mittaus perustuu eri molekyylien erilaiseen kykyyn absorboida kiekon läpi suodatetun sähkömagneettisen säteilyn aallonpituuksia. Menetelmä on ei-dispersiivinen, eli se kykenee mittaamaan vain yhtä kaasua kerrallaan. Kennossa infrapunasäde peilataan kulkemaan kaasussa edestakaisin. Kennon läpi kulkeneesta valosäteestä mitataan valovoimakkuutta, jota verrataan passiivisen referenssikennon läpi kulkeeneen säteen valovoimakkuuteen. Mittausten erotus on verrannollinen mitattavan molekyylin pitoisuuteen kaasussa.



KUVIO 10. IR -menetelmän toimintaperiaate (Pellikka & Puustinen 2007, 29)

Näyte johdetaan piipusta lämmitettyä näyteputkea pitkin analysaattorille (KUVIO 11.). Ennen analysointia näyte kuivataan erityisellä kuivaimella ja suodatetaan teflonsukan läpi, jolloin näytteestä poistuu vesi ja mittausta häiritsevät partikkelit (LIITE 9).



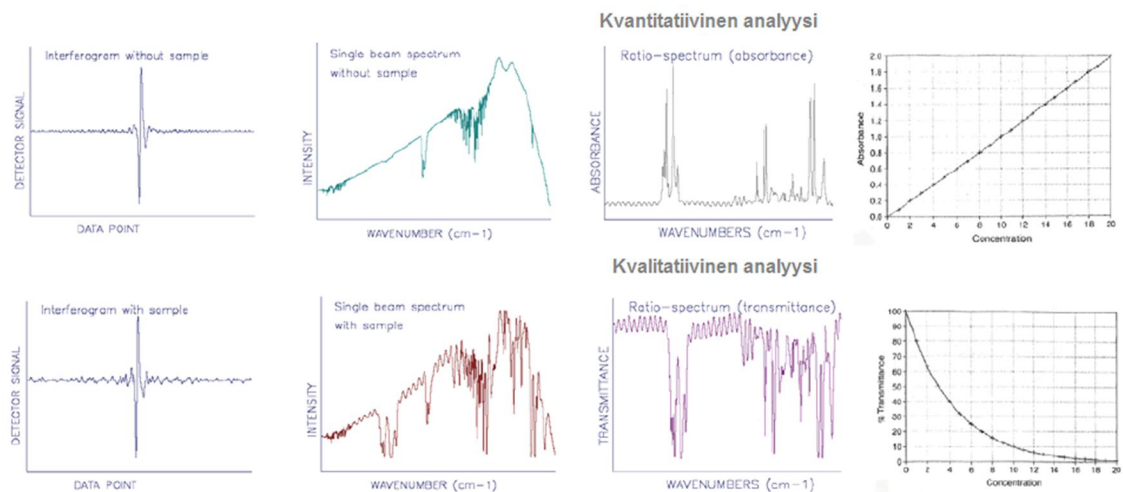
KUVIO 11. Näytesondi alimpana, keskellä lämpötilamittaus- ja ylhäällä kuvassa painemittausanturi

### 5.3 Vertailumittaus Gasmet FTIR Äanalysointilaitteella

Gasmet Dx4000N käyttämä Fouriermuunnosinfrapuna-menetelmä (FTIR) perustuu eri kaasumolekyylien yksilöllisiin eroihin absorboida valon tiettyjä aallonpituuksia. Mittaus on dispersiivinen, eli mittauksista voidaan analysoida laaja aallonpituuskaista. Menetelmän vahvuuksuuksia on samalle aallonpituudelle osuvien komponenttien laskennallinen poistaminen mitatusta spektristä analyysissa.

Fourier-muunnoksella spektrit muunnetaan analysoitavaan muotoon. Mittaus tapahtuu vertaamalla yhden säteen tuottamaa näytespektriä spektriin ilman näytettä. Näiden erotuksena saadaan näytekäasun aiheuttamat muutokset spektriin. Calcmet-analysointiohjelmalla analyysi suoritettiin absorbanssispektristä kvantitatiivisel-

lä analyysillä, jolloin pitoisuus on suoraan verrannollinen absorptiopiikin korkeutena tai pinta-alana mitattuun absorbanssiin (KUVIO 12.).



KUVIO 12. FT-IR mittausperiaate

## 5.4 Mittaukset

Mittauspaikaksi valittiin piipusta kohta, jossa sijaitsevat myös jatkuvatoimisen mittalaitteen näytteenottimet (KUVIO 13.).

Vertailumittaus suoritettiin samaan aikaan kuin tasemääritys 30.9.2010. 1.10.2010. Kumpanakin päivänä suoritettiin viiden tunnin mittausjakso ottamalla näyte kolmen minuutin välein. Analyysituloksia kertyi reilu noin 200 kappaletta. Tuloksista analysoitiin ensisijaisesti vesihöyry ja rikkidioksidi.

Mittauksella pyrittiin selvittämään piipun kosteuden vaihteluiden vaikutusta rikkidioksidin mittaamiseen ja pitoisuuteen. Veden poistotapa vaikuttaa oleellisesti mittaukseen, koska rikkidioksidi liukenee helposti veteen (Kontram 2003, 11). Gasmeter Dx4000N-analysointilaitteella kykenee analysoimaan tuloksia märästä kaasuista, sillä rikkidioksidilla löytyy spektriltä alueita, joita vesihöyry ei häiritse liikaa ja vesihöyryn aiheuttaman häiriön kyetään vähentämään analyysissä.

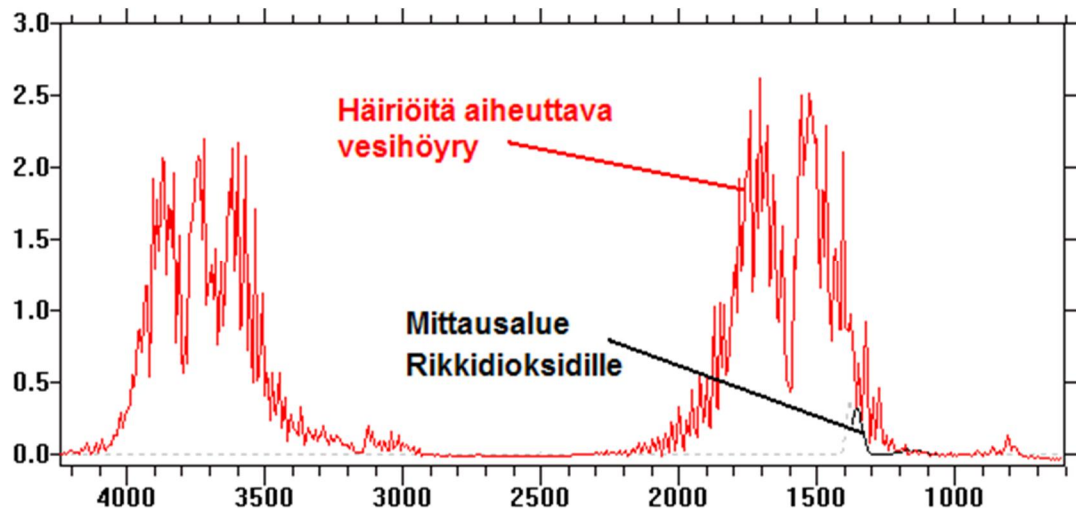


KUVIO 13. Mittauslaitteisto 50 metrin korkeudessa piipussa.

#### 5.4.1 Calmet-analyysi

Calmet on Gaset Dx4000N:n tuottamien spektrien analysointiin tarkoitettu Windows-sovellus. Ohjelman käyttäminen vaatii tarkkaa tutustumista käyttöohjeisiin. Tulosten luotettavuus riippuu suuresti ammattimaisen analyysityökalun käyttötaidoista.

Calmetin kirjastoista määritettiin savukaasun sisältämät aineet. Koska kiinnostuksen kohteena olivat ainoastaan vesihöyry ja rikkidioksidi, näille kaasuille määritettiin myös erikseen häiriöitä aiheuttavat kaasut. Analyysialueena rikkidioksidille käytettiin aluetta, jossa vesihöyry aiheuttaa mahdollisimman vähän häiriöitä mittaukseen (KUVIO 14.).

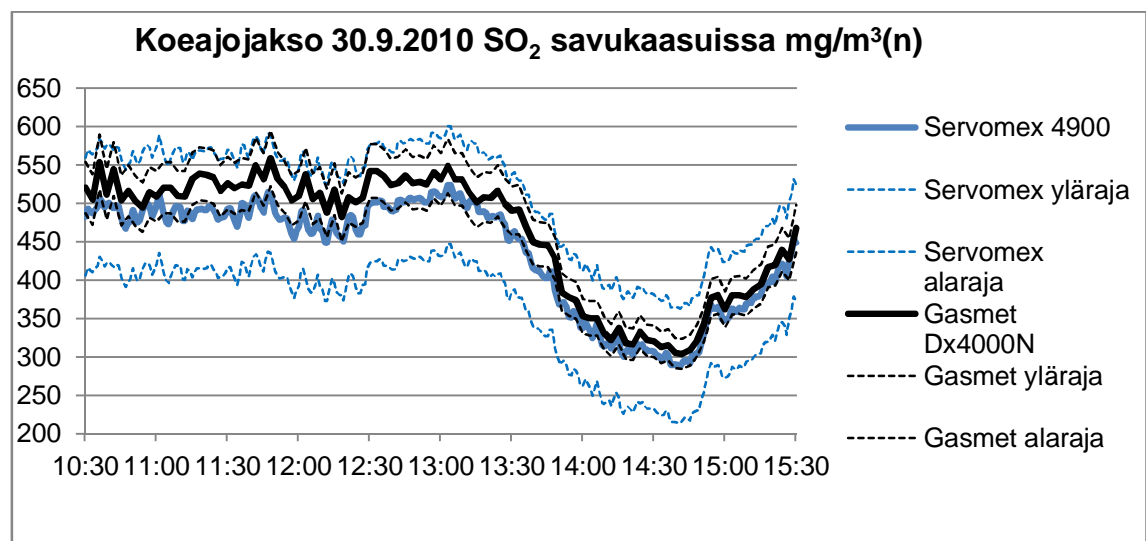


KUVIO 14. Analyysialue Calcmet-ohjelmalla rajattuna

Analyysin onnistumista arvioitiin jäännösspektrin avulla. Kun savukaasun sisältämien aineiden spektrihäiriöt on poistettu, jäljelle jää jäännösspektri. Optimaalisessa tilanteessa kaikki savukaasun sisältämät aineet on vähennetty ja jäännösspektri on suora.

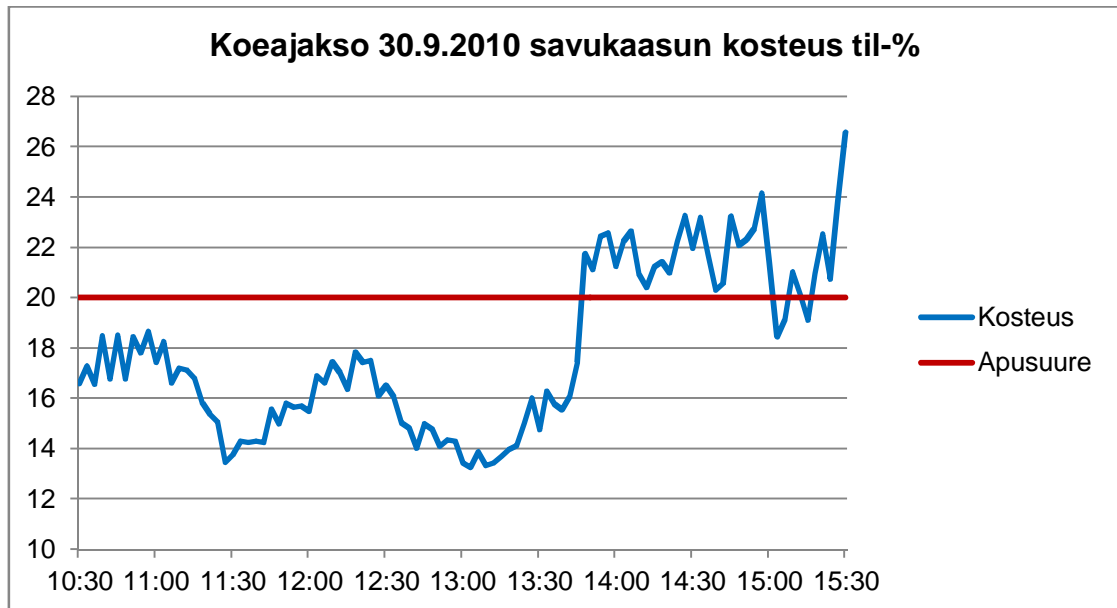
#### 5.4.2 Mittaustulokset 30.9.2010

Ensimmäisenä mittauspäivänä mittaukset ja analyysi onnistuivat hyvin. Suuria eroja mittausepävarmuuden rajoissa ei eri mittalaitteilla ilmennyt.



KUVIO 15. Rikkidioksidi pitoisuus savukaasuissa eri mittalaitteilla mitattuna.

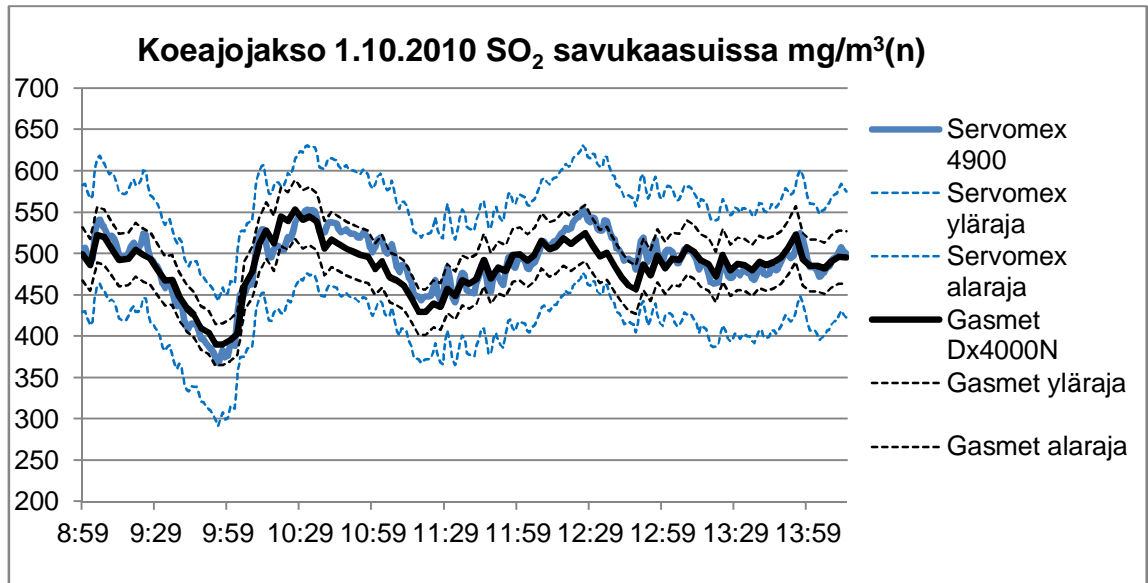
Samaan aikaan rikkidioksidipitoisuuden (KUVIO 15.) laskun kanssa klo 13:30 tapahtui kosteuden (KUVIO 16.) raju nouseminen. Rikkidioksidipitoisuus nousi noin kahden tunnin kuluttua normaali arvoonsa, vaikka kosteus jatkoi edelleen nousuaan. Kosteuden ja rikkidioksidipitoisuuden välillä oli havaittavissa selvää riippuvuutta.



KUVIO 16. Savukaasun kosteus Gasmät Dx4000N-analysoitsattorilla mitattuna.

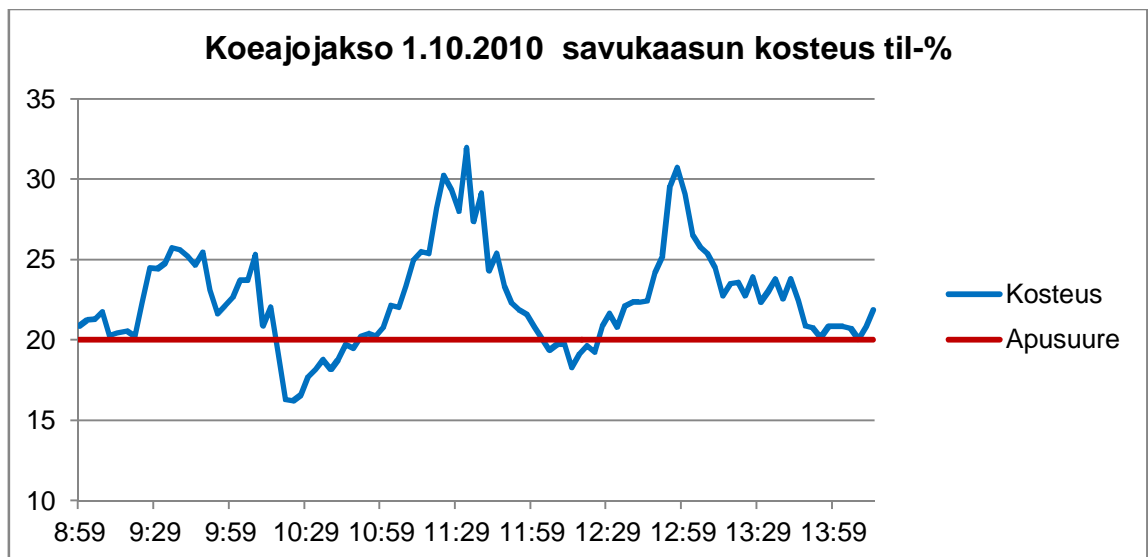
#### 5.4.3 Mittaustulokset 1.10.2010

Toinen mittausjakso oli huomattavasti vaihtelevampi rikkidioksidipitoisuuksien osalta (KUVIO 17.). Mittaukset olivat onnistuneita.



KUVIO 17. Rikkidioksidipitoisuus savukaasuissa eri mittalaitteilla mitattuna.

Savukaasun kosteus oli toisena mittauspäivänä huomattavasti korkeampi. Edelleen on havaittavissa riippuvuutta kosteuden ja rikkidioksidipitoisuuden välillä. Kello 11:30 ja 12:45 kosteus savukaasuissa on tavallista korkeammalla (KUVIO 18.) ja niihin voidaan liittää selvä rikkidioksidipitoisuuden lasku samoina ajankohtina.



KUVIO 18. Savukaasun kosteus Gasmeter Dx4000N . analysaattorilla mitattuna

#### 5.4.4 Tulosten tarkastelu

Suuria eroja mittausmenetelmien välillä ei ollut mitattuun rikkidioksidipitoisuuteen. Tulokset olivat jopa yllättävän samankaltaisia huomioon ottaen mittausepävarmuuden kyseisillä laitteistoilla.

Kosteuden vaihtelut voivat selittyä kosteammilla polttoainekuormilla. Esimerkiksi sahanpurun kosteus oli huomattavasti muita suurempi. Tämä selittäisi rikkidioksidipitoisuuden putoamisen ainakin hetkellisesti. Edellä mainittua tapahtui todennäköisesti ainakin toisena mittauspäivänä. Ensimmäisenä päivä tapahtunut pitempi aikainen rikkidioksidipitoisuuden lasku ei kuitenkaan selity biomassan polttamisella.

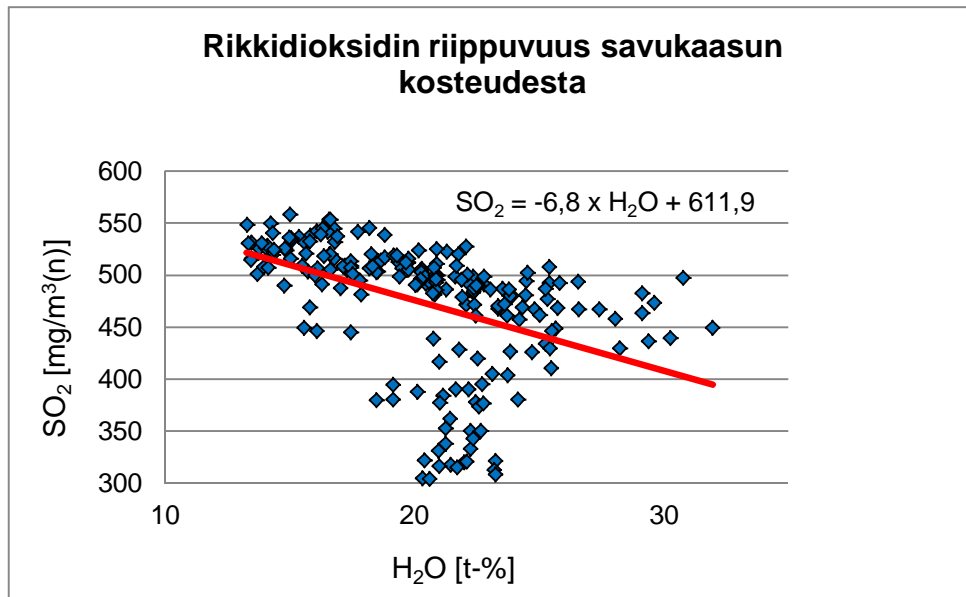
Virtausmittauksessa apusuurena käytetty kosteus (20 t-%) aiheuttaa virhettä laskennoissa. Apusuureiden osalta ei direktiivissä eikä asetuksessa ole asetettu laatuksiteereitä (Pellikka & Puustinen 2007, 18). Kuitenkin suosituksia kosteusmittauksen luotettavuuteen löytyy.

Suomessa suositellaan, että  $O_2$  ja  $H_2O$  mittaukselle tehdään vertailut samanaikaisesti muiden komponenttien kanssa ja testauslaboratorio tarkastelee tuloksia esimerkiksi graafisen tarkastelun avulla. Testauslaboratorio ottaa kantaa, ovatko tulokset laadukkaita ja ilmoittaa sen myös raportissaan. (Pellikka & Puustinen 2007, 18)

Epävarmuus savukaasun kosteutena käytetylle apusuurelle on  $\pm 40\%$  (95 % luotettavuus) GUM-mittausepävarmuuden perusteella. Vertailumittauksen tuloksissa on nähtävissä selvästi kosteuden suuret vaihtelut välillä 15-30 t-% (Kuviot 16. ja 18.). Kosteuden keskiarvo oli 20,23 t-% ja keskihajonta 3,9 t-% vertailumittausjaksolla.

Vaihtelut aiheuttavat korottavan ristikkäisvaikutuksen rikin määrälaskentaan kosteuden ylittäessä 20 t-%, koska suurempaan kosteuteen liittyy pienempi rikkidioksidipitoisuus (KUVIO 19.) ja tällöin näennäisesti on enemmän kuivaa savukaasua. Kun pienempi pitoisuus lasketaan liian suureen määrään kaasua, rikkidioksidia

tulee määrälaskennassa liikaa. Tilanne on käänteinen kosteuden laskiessa alle 20 t-%.



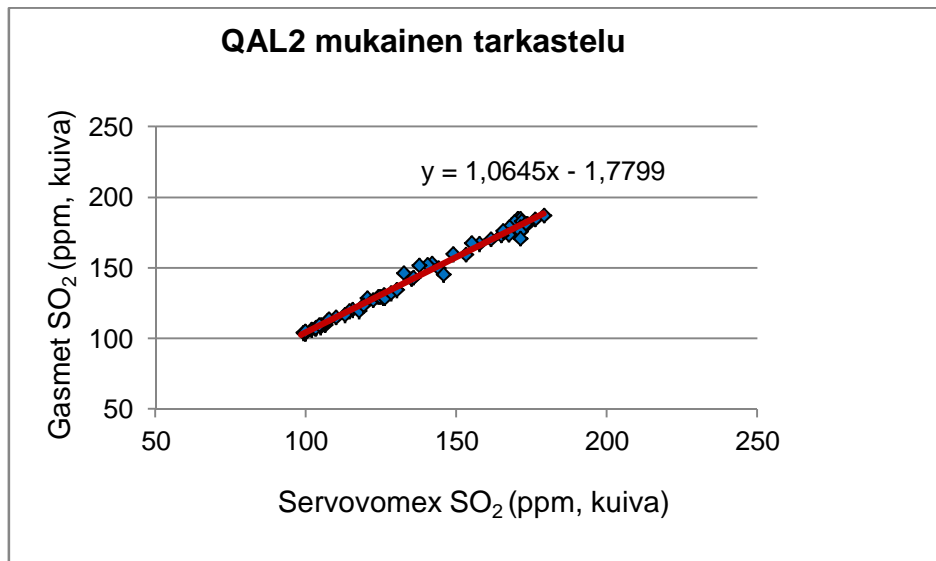
Kuvio 19. Rikkidioksidin ja savukaasun kosteuden välinen yhteys.

Savukaasun kosteuden ja rikkidioksidipitoisuuden välillä näyttäisi tutkimusten mukaan olevan yhteys, jossa yhden tilavuusprosenttiyksikön muutos savukaasujen kosteudessa laskee savukaasujen rikkidioksidipitoisuutta 6,8 mg/m<sup>3</sup>(n).

Mittaustulosten yhdenmukaisuutta laitoksen omiin mittauksiin tarkasteltiin QAL2-kalibroinnissa käytetyn menetelmän mukaan, jossa määritetään mittausten välinen riippuvuus lineaarisella suoralla. Tavoitteena on määrittää kulmakerroin sekä vakio mittalaitteiden väliselle riippuvuudelle, jotka syötetään päästölaskentaan parametreiksi korjaamaan mittauksen tulosta.

Tuloksissa Gasmeter Dx4000N:n mittaukset on esitetty kalibroitimittauksina, eli referenssimenetelmän mukaisina. Referenssimenetelmä rikkidioksidille on kuvattu luvussa 3.2 Rikkidioksidin mittausmenetelmät. Mittapisteiden määrä QAL2-mittauksissa on yleensä 10- 20 kappaletta ja mittausjaksolla ajetaan mahdollisimman kattavasti käytettyjä tehoja ja poltetaan laaja skaala käytettyjä polttoaineita. Tavoitteena on saada hajontaa mittauksiin. Tarkastelussa käytettiin 30.9. mittaus-tuloksia, koska rikkidioksidipitoisuus vaihteli hyvin tarkastelun kannalta ajateltuna.

Mittausten onnistumisesta kertoo määritetty funktio, jonka perusteella voidaan arvioida mittalaitteistojen yhdenmukaisuutta. Kuviossa 20. on esitetty riippuvuus-suoran yhtälö, josta saadaan pyöristyksen jälkeen kulmakerroin  $= 1,06$  ja vakio  $= -1,78$  ppm. Tulokset kertovat mittalaitteiden antavan käytetyllä mitta-alueella yhdenmukaisia arvoja. Mittausmenetelmä ei tarkastelun perusteella vaikuttanut rikkidioksidipitoisuuksiin.

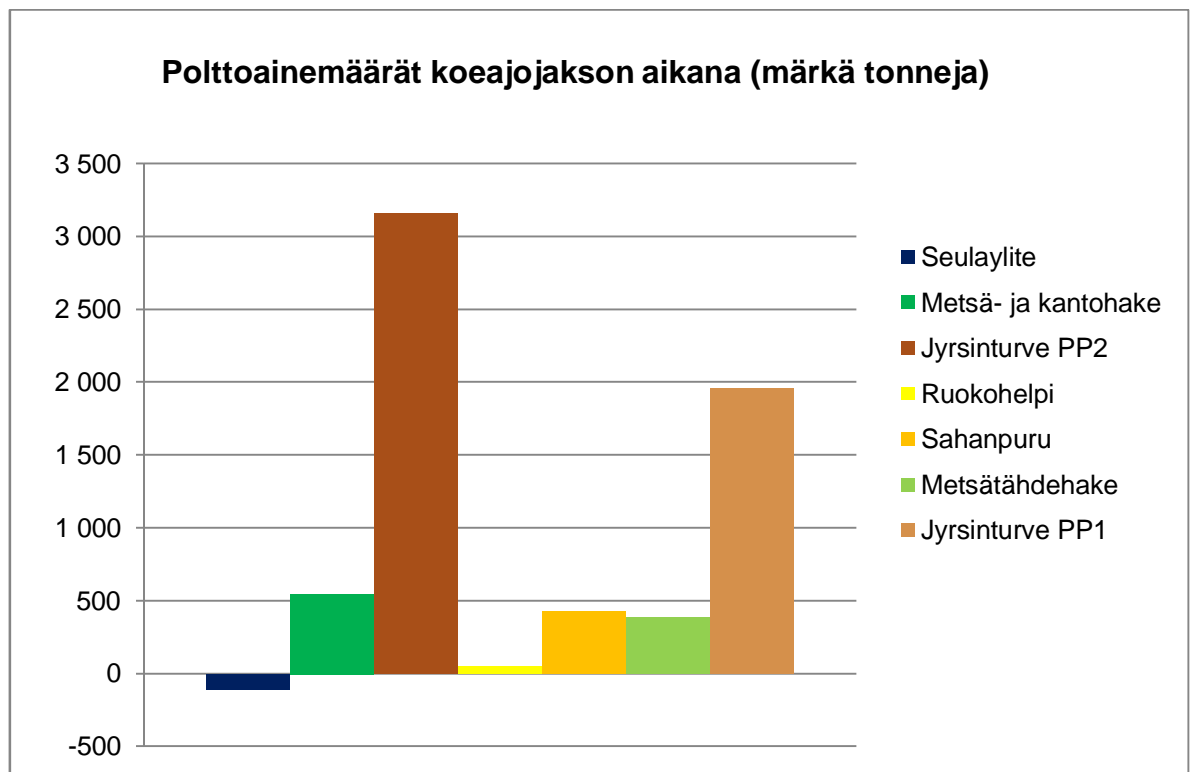


KUVIO 20. Mittaustulosten tarkastelu QAL2-menetelmällä.

## 6 TASEMÄÄRITYS 30.9. Ë 1.10.2010

Määrittelyssä pyrittiin etsimään mahdollisia muutoksia vuoden 2006 rikkivirtoihin. Biopolttoaineiden määrällisen kasvun olettiin vaikuttavan rikin sitoutumiseen lentotuhkaan ja pohjakuonaan.

Koeajojaksoksi valittiin 30.9. . 1.10.2010, joilloin laitos oli täydessä tuotannossa. Tasemäärityksestä laadittu suunnitelma on esitetty liitteessä 6. Kaksi vuorokautta kestänyt ajojakso oli onnistunut polttoaineiden osalta. Polttoaineena olivat jyrshinturve, metsätähdehake, sahanpuru, ruokohelvi sekä kanto- ja metsähake (KUVIO 21.). Sekoitus vastasi hyvin tavanomaista tilannetta nykyisillä polttoaineenhankintajärjestelyillä. Käytetystä polttoainetehosta noin 25 % oli biomassaa.



KUVIO 21. Polttoaineet tonneina koeajojaksolla.

## 6.1 Näytteenotto

Näytteenotto järjestettiin toimimaan neljän tunnin välein vuorotyöskentelyn ohessa. Vuorotyöntekijöille laadittiin näytteenotto-ohje (LIITE 5). Kuonanäyte otettiin nousukuljettimen HDA20AF001 yläpäästä kahden litran kauhalla (KUVIO 22.). Näytteen teeseen kuului arinakuonan lisäksi sähkösuodattimen ensimmäiseen kenttään jäänyt tuhka, joka tuodaan nousukuljettimelle ruuvikuljettimella. Näytekeräys oli noin 25 litraa, joten näytteenoton katsottiin onnistuneen määrän osalta. Ajojakson jälkeen näytteet sekoitettiin betonimyllyssä, josta näytettä otettiin kolmen litran minigrip-pussiin noin kaksi litraa. Näyte lähetettäväksi analysoitavaksi Ramboll Analytic Oy:lle.



KUVIO 22. Pohjakuonan näytteenottopaikka

Näytteenottopaikaksi lentotuhkalle valittiin sähkösuodattimen alla olevat tuhkalähttimet (KUVIO 23.). Näyte otettiin vuorotellen toisesta ja kolmannesta kentästä. Ohjeistuksessa pyydettiin kahden litran näytettä. Näyteastia täyttyi hyvin toisen kentän näytteiden osalta. Kolmannen kentän näyte oli poikkeuksetta huomattavasti pienempi. Suurin osa tuhkasta jäi toiseen kenttään, joten näytesuhde oli likimain oikea. Näytekeräys oli noin 30 litraa, joten näyte katsottiin edustavaksi. Näytesaavista sekoitettiin noin kahden litran kokoomänäyte analysoitavaksi Ramboll Analytics Oy:lle.



KUVIO 23. Lentotuhkan näytteenottoaika ja näytteenotin

Polttoainenäytteet kerättiin kokoomanäytteinä automaattisilla näytteenottimilla (KUVIO 24. ja KUVIO 25.). Näytteet otettiin vuorokauden vaihtuessa ja vuorokausinäytteet sekoitettiin kahden vuorokauden näytteeksi ajokauden jälkeen 2.10.2010. Näytteet pakattiin ilmatiivisti kolmen litran pusseihin ja lähetettiin rikki-analyysiin Ramboll Analytics Oy:lle.



KUVIO 24. Näytteenotin 2 turvenäytettä keräämässä



KUVIO 25. Näytteenotin 1 keräämässä kokoomanäytettä (metsätähdehake, ruokohelpi, turve, puru)

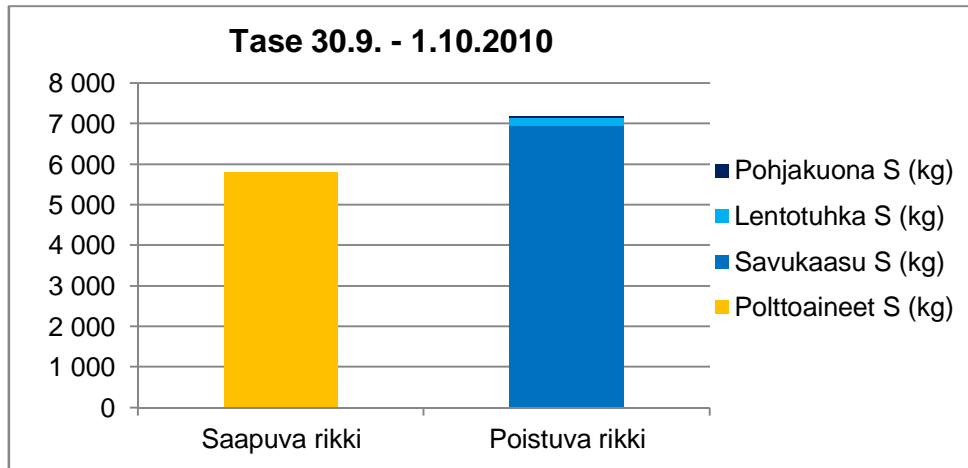
Metsä- ja kantohaketta ei kerätty analysoitavaksi, koska puuhakkeen vähäinen rikkipitoisuus oli jo tiedossa (TAULUKKO 2.).

## 6.2 Analyysi

Kattilan polttoainetehon kautta lasketulla energiankulutuksella (16 406,6 MWh) määritettiin käytetty polttoaine määrä. Välivarastojen viive saatiin selville laskemalla niiden vajeen nopeus prosenttiyksiköinä, kun polttoaineen toimitus oli keskeytetty yöksi. Bioaseman kautta tullut polttoaine (1 771 MWh) määritettiin syöttöruuvien pyörintänopeuden funktiona.

Savukaasuanalyysi suoritettiin voimalaitoksen jatkuvatoimisen Servomex 4900 savukaasuanalysointilaitteen tulosten pohjalta. Laskennassa käytettiin minuuttikeskiarvopitoisuuksia ja -virtauksia.

Ramboll Analytics Oy analysoi rikkipitoisuudet kerätyistä näytteistä (LIITE 2 ja LIITE 3), jonka jälkeen laskettiin rikkimäärät kahden vuorokauden ajalle (LIITE 8).



KUVIO 26. Tase koeajojakson ajalta (LIITE 8)

Poistuvasta rikistä 97 % poistui savukaasujen mukana. Lentotuhkaan sitoutui 3 % ja pohjakuonaan sitoutunut rikkimäärä oli kahden vuorokauden aikana 0 %. Biomassojen lisäämisellä turpeen rinnalle ei ollut suurta vaikutusta rikin sitoutumiseen tuhkaan ja pohjakuonaan (vrt. Kuviot 7. ja 26.).

Tasetta määrittäessä ilmeni poistuvaa rikkiä olevan enemmän kuin tulevaa rikkiä (KUVIO 26.). Kahden vuorokauden aikana ylimääräistä rikkiä poistui n. 1 400 kg. Ilmestynyt rikki ei selity mittausepävarmuuksilla (TAULUKKO 5.). Epävarmuudet on esitetty 95 % luotettavuudella. Poistuvan rikin alarajan ja tulevan rikin ylärajan väliin jäävä 74 kg on hyvin todennäköisesti tullut prosessiin esimerkiksi lietealtaan seulonnasta tai normaalia suuremmasta pesurilietteen puhdistuksesta.

TAULUKKO 5. Mittausepävarmuudet koeajojaksolla.

	Tuleva	Poistuva
Rikki S (kg)	5 804	7 193
Epävarmuus +/- (kg)	117	1 198
Alaraja (kg)	5 687	5 994
Yläaraja (kg)	5 920	8 391

## **7 RIKINPOISTOTEKNIikka**

### **7.1 Kuivamenetelmä**

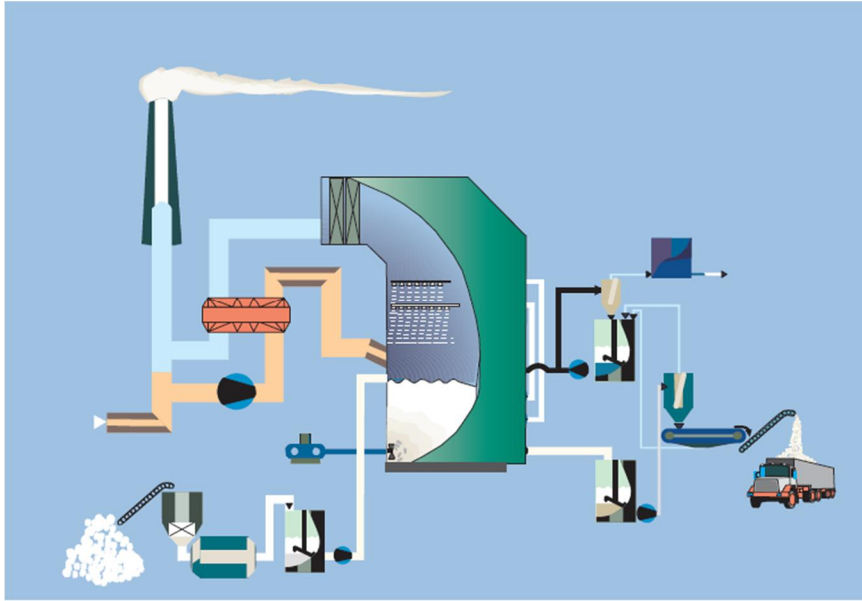
Helpoin tapa poistaa rikkiä savukaasuista on syöttää kalsiumyhdisteitä tulipesään. Kalkki reagoi rikkidioksidin kanssa muodostaen yhdisteitä, jotka on mahdollista poistaa sähkösuodattimella tai tekstiilisuodattimella. Menetelmän heikkoutena on huono rikinpoistoaste noin 20-60 % syöttölämpötilasta, kalsiumyhdisteestä ja rikkidioksidipitoisuudesta riippuen. Optimaalinen syöttölämpötila on 1 150 °C (Raiko ym. 2002, 354). Syötettävän kalsiumyhdisteen saatavuus ja kustannukset vaikuttavat myös menetelmän kannattavuuteen. Haapaveden voimalaitoksella kyseisen menetelmän koekäyttö johti myös luvon tukkeentumiseen vuonna 1992.

### **7.2 Puolikuivamenetelmä**

Kalsiumyhdisteen syöttäminen tapahtuu puolikuivassa menetelmässä veteen sekoitettuna pieninä pisaroina, jotka suihkutetaan rikinpoistokammioon. Vesipisaroissa oleva kalsiumyhdiste sitoo kuivamenetelmää tehokkaammin rikkiä. Reaktiotuotteet voidaan poistaa sähkösuodattimella tai tekstiilisuodattimella, kuten kuivamenetelmässäkin. Menetelmän vahvuutena on parempi erotuskyky kuin kuivamenetelmässä, kuiva lopputuote ja suhteellisen yksikertainen toteutus (Raiko ym. 2002, 351).

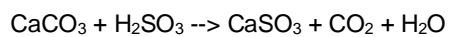
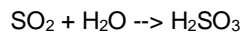
### **7.3 Märkämenetelmä**

Märkämenetelmä on pölypolttoisella turvelaitoksella parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa (BAT) (Finnish Environment Institute 2001). Märällä rikinpoistomenetelmällä päästään jopa 90-98 % erotuskykyyn (Nordkalk 2010). Menetelmä vaatii suhteellisen suuret investoinnit laitteistojen hankinnassa.

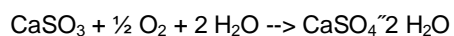


KUVIO 27. Märkämenetelmän toimintaperiaate (Finnish environment institute 2001).

Rikinpoisto tapahtuu pesurilla, jonka pesuveteen sekoitetaan kalkkisorbenttia (KUVIO 27.). Kalkki neutraloi rikin pesurin suuttimien suihkussa. Kalkkiin sitoutunut rikki laskeutuu pesurin pohjalle, josta se poistetaan kuivattavaksi ja kuljetetaan jatkojalostukseen (KUVIO 29.).



Reaktiotuote, kalsiumsulfitti, putoaa reaktorin pohjalle, jossa se yleensä hapetetaan kalsiumsulfaatiksi:



Lopputuote on puhdasta kipsiä ja sitä voidaan esimerkiksi käyttää rakennusteollisuuden raaka-aineena.

KUVIO 20. Kemialliset reaktiot märässä rikinpoistomenetelmässä (Nordkalk, 2010)

## 8 PÄÄTELMÄT

Biopolttoaineen lisääminen ei pölypolttotekniikalla vähennä merkittävästi rikkipäästöjä. Ero leijupolttotekniikkaan syntyy todennäköisesti viipymääjassa, puutuhka kulkeutuu tulipesästä pois liian nopeasti neutraloidakseen rikkiä. Näin ollen myöskään korkeammat maa-alkaalipitoisuudet turpeessa eivät vaikuta todennäköisesti rikkidioksidipäästöihin alentavasti.

Vertailumäärityksessä vuoden 2006 poistuvassa ja saapuvassa rikissä ei ollut merkittävää eroa. Nykytilanteessa rikkitase ei täsmää, ongelmaa on tutkittava lisää. Poistuvaa rikkiä oli laskennan mukaan 24 % enemmän kuin saapuvaa. Suuri rikin lisääntyminen ei selity pelkällä virtausmittauksen apusuureen (kosteus) virheellisyydellä.

Rikkipitoisuuden määrittämenetelmän ASTM D 4239 soveltuvuutta turpeelle ja varsinkin biopolttoaineille on myös arvioitava kriittisesti. Määrittäminen tapahtuu polttamalla näyte puhtaalla hapella ja mittaamalla rikkidioksidipitoisuus savukaasuista (Consol energy 2010). Tällöin viipymäaika poltossa on mahdollisimman pitkä ja rikinpoistotekniikkaa vastaavia kemiallisia reaktioita tapahtuu suurella todennäköisyydellä.

Rikinpoistolaitoksen hankinta on välttämätöntä tai polttoaineen on vaihdettava radikaalisti, mikäli uusi LCP-asetus vaatii päästöjen rajoittamista  $< 300 \text{ mg/m}^3(\text{n})$  ja laitos jatkaa toimintaansa normaalisti vuoden 2016 jälkeen. Märkämenetelmä on tehokkain markkinoilla oleva rikinpoistomenetelmä ja soveltuu parhaiten pölypolttolaitokselle. Käytännön soveltamista Haapaveden voimalaitoksella on tutkittava lisää.

Eriyisen mielenkiintoista jatkoa ajatellen olisi selvittää rikkipitoisuudet ja kosteudet erikseen polttoaineen kuivaukseen käytetystä poistokaasusta savukaasupesurin jälkeen sekä sähkösuodattimella puhdistetusta savukaasusta. Tällä tutkimuksella voitaisiin arvioida pesurilietteen kemikaalien kykyä sitoutua savukaasuihin.

## LÄHTEET

### Kirjat

Raiko R, Saastamoinen J, Hupa M, Kurki-Suonio I. 2002. Poltto ja palaminen. 2. painos. Helsinki: Teknillistieteelliset akatemioiden ja De tekniskvetenskapliga akademierna r.y.

### Lait, direktiivit ja standardit

Consol energy. ASTM D 4239.

<http://www.consolresearch.com/analysis/coal-analysis.html>. Luettu 21.8.2010

EUR-LEX . Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2001/80/EY.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2001:309:0001:0021:FI:PDF>. Luettu 14.4.2010.

FINLEX valtion säädöstietopankki. Valtioneuvoston asetus 1017/2002

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2002/20021017>. Luettu 14.4.2010.

### Internet -julkaisut

Alakangas E. 2006. Energiaturpeen laatuohje. Nordic innovation centre.

<http://www.energia.fi/content/root%20content/energiateollisuus/fi/kaukolampo/kirjasto/julkaisut/liitteet/energiaturpeen%20laatuohje%202006.pdf?SectionUri=%2Ffi%2Fkaukolampo%2Fkirjasto%2Fjulkaisut>. Luettu 1.9.2010.

Environnement-sa. MIR 9000 IR GFC . esite.

[http://www.envitech-](http://www.envitech-bohemia.cz/domain/flox/files/02_emise/MIR9000CLD_uk_S.pdf)

[bohemia.cz/domain/flox/files/02\\_emise/MIR9000CLD\\_uk\\_S.pdf](http://www.envitech-bohemia.cz/domain/flox/files/02_emise/MIR9000CLD_uk_S.pdf). Luettu 1.10.2010

Finnish environment institute. 2001. FE458 Finnish Expert Report on Best Available Techniques in Large Combustion Plants

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=57411&lan=en>

Herranen T. 2009. Turpeen rikkipitoisuus Suomessa. Espoo.

[http://www.gtk.fi/aineistot/Turvekartta/turveroot/turveraportit/Rikkiraportti\\_398.pdf](http://www.gtk.fi/aineistot/Turvekartta/turveroot/turveraportit/Rikkiraportti_398.pdf)  
Luettu 20.9.2010.

Lötjönen T, Knuutila K. 2009. Ruokohelpi käsikirja. Jyväskylä.

[http://www.encrop.com/\\_ACC/\\_Components/ATLANTISDigiStore/Download.asp?fileID=133481&basketID=730](http://www.encrop.com/_ACC/_Components/ATLANTISDigiStore/Download.asp?fileID=133481&basketID=730). Luettu 15.9.2010.

Nordkalk. Märkä menetelmä.

<http://www.nordkalk.com/default.asp?viewID=705>. Luettu 25.11.2010

Tilastokeskus. 2006. Luonnonvarat ja ympäristö

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=56318&lan=sv>. Luettu 10.10.2010

Volcanic emissions group. Volcanic SO<sub>2</sub> Loading.  
<http://toms.umbc.edu/>. Luettu 13.11.2010.

### **Kanteleen Voima Oy arkistot ja julkaisemattomat lähteet**

Aho M. 2010. Bioenergian peruskurssi. Jyväskylä.

Fortum Power and Heat Haapaveden voimalaitos. 2004. QAL 1, Päästömittauslaitteiden mittausepävarmuuden määrittäminen.

Fortum Power and Heat Haapaveden voimalaitos. 2006. Raskasmetallitaseen mittaussuunnitelma.

GASMET. 2009. Dx-Series Manual Binder

Kontram. 2003. Analyysipäivät.

Särkilahti H. 2004. Haapaveden voimalaitos, päästöjen valvonta määrittely.

Pieniniemi K. 2008. On-site kaasunäytteenotto, jatkuvatoiminen mittaus ja analysointi teollisuudessa. Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu

Ramboll analytics oy. Tutkimusraportit.

Sick Maihak. QAL-1 calculation. Virtausmittauksen epävarmuus.

Topi Reports . tietokanta.

Pellikka, T., Puustinen, H. 2007. VTT tutkimusraportti. Kiinteästi asennettujen mittalaitteiden laadunvarmistusstandardi ja sen kansallinen tulkinta / Yhteinen menettelytapa.

<b>TUOTETIEDOTE</b> NESTE-RASKASPOLTTOÖLJY LS 180  LYHENNE: PORLS180	<b>PRODUKTDATA</b> NESTE TUNG ELDNINGSOLJA LS 180  FÖRKORTNING: PORLS180	<b>PRODUCT DATA SHEET</b> NESTE HEAVY FUEL OIL LS 180  ABBREVIATION: PORLS180
---	---	--

	Yksikkö Enhet Unit	Laaturaja Kvalitetskrav Specification		Tyypillinen arvo Typvärde Typical analysis	Määritysmenetelmä <sup>1)</sup> Testmetod <sup>1)</sup> Test method <sup>1)</sup>
		min.	max.		
Rikki <sup>2)</sup> Svavelhalt <sup>2)</sup> Sulphur content <sup>2)</sup>	p-% mass-% % m/m		1,00	0,9	EN ISO 8754 NM 380
Leimahduspiste <sup>5)</sup> Flampunkt <sup>5)</sup> Flash point <sup>5)</sup>	°C	65		80	EN ISO 2719
Tiheys, 15 °C Densitet vid 15 °C Density at 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	910	1020	990	EN ISO 12185
Viskositeetti, 80 °C Viskositet vid 80 °C Viscosity at 80 °C	mm <sup>2</sup> /s	35	43	41	EN ISO 3104
Viskositeetti, 50 °C (laskettu) <sup>3)</sup> Viskositet vid 50 °C (beräknad) <sup>3)</sup> Viscosity at 50 °C (calculated) <sup>3)</sup>	mm <sup>2</sup> /s	140	180	170	EN ISO 3104
Hiiltojännös, MCR Kokstal, MCR Carbon residue, MCR	p-% mass-% % m/m		15	10	EN ISO 10370
Asfalteenit Asfaltener Asphaltenes	p-% mass-% % m/m			4	DIN 51595
Jähmepiste Lägsta flyttemperatur Pour point	°C		15	5	ISO 3016 ASTM D 5950
Vesi Vatten Water content	p-% mass-% % m/m		0,7	0,1	ISO 3733 ISO 10336 M
Kokonaissedimentti Sediment Total sediment	p-% mass-% % m/m		0,15	0,03	ISO 10307-1
Tuhka Askhalt Ash content	p-% mass-% % m/m		0,15	0,03	EN ISO 6245
Tehollinen lämpöarvo, mitattu Effektivt värmevärde, uppmät Net heat of combustion, measured	MJ/kg	40,2		41	ASTM D 240
Hiilipitoisuus Kolhalt Carbon content	wt-%	ilmoitetaan rapporterat reported			D 5291
Typpipitoisuus Krave Nitrogen	wt-%	ilmoitetaan rapporterat reported		0,4	D 5291

Ramboll Analytics Oy  
**Tutkimustodistus**  
 Projekti: 89104034/58

Pvm: 15.10.2010  
 1/1



Kanteleen Voima Oy  
 Satu Hukkanen  
 PL 47  
 86600 HAAPAVESI

Tutkimuksen nimi:	Kanteleen Voima, Kanteleen Voima, Tuhkanäytteet		
	Näytteenottopvm:		
	Näyte saapui:	7.10.2010	
Näytteenottaja:	Analysointi aloitettu:	7.10.2010	

#### Tuhkat

			Yksikkö	Menetelmä
Näytteenottopisteet	Pohja- kuona, 30.9- 1.10. 2010	Lento- tuhka, 30.9- 1.10. 2010		
Näyttenumero	10YA 01520	10YA 01521		
<b>MÄÄRITYKSET</b>				
Kuivaus ilmoitetussa lämpötilassa	105		°C	
Rikki, S kokonais	0,04	0,15	m-%	RA1039

#### Ramboll Analytics Oy

Minna Rantanen  
 tutkimusinsinööri, ins. AMK, +358 20 755 7958

Tämä tutkimustodistus on allekirjoitettu sähköisesti.

**Jakelu** jarkko.aakko@kanteleenvoima.fi; satu.hukkanen@vpdiagnose.fi; laboratorio@vpdiagnose.fi

Tutkimustodistuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain tutkittua näytettä.

Ramboll Analytics Oy  
 Niemenkatu 73 C, 15140 Lahti  
 Kiltterinkuja 2, 01600 Vantaa

Puh 020 755 7800  
 Fax 020 755 7911

www.ramboll-analytics.fi  
 Y-tunnus 2106335-0, Kotipaikka Lahti

Ramboll Analytics Oy  
**Tutkimustodistus**  
 Projekti: 89104034/57

Pvm: 15.10.2010  
 1/1

**RAMBOLL**

Kanteleen Voima Oy  
 Satu Hukkanen  
 PL 47  
 86600 HAAPAVESI

Tutkimuksen nimi:	Kanteleen Voima, Kanteleen Voima, Turvenäytteet Välivarasto		
	Näytteenottopvm:		
	Näyte saapui:	7.10.2010	
Näytteenottaja:	Analysointi aloitettu:	7.10.2010	

#### Polttoaineet

			Yksikkö	Menetelmä
Näytteenottpisteet	PA väli- varasto1, 30.9.- 1.10. 2010	PA väli- varasto2, 30.9.- 1.10. 2010		
Näyttenumero	10YF 01086	10YF 01087		
<b>MÄÄRITYKSET</b>				
Kokonaiskosteus	49,6	50,3	m-%	CEN/TS 14774-2*
Analysikosteus	6,6	6,9	m-%	CEN/TS 14774-3*
Rikki S, vedetön	0,19	0,21	m-%	ASTM D 4239*

\* FINAS -akkreditoitu menetelmä. Mittausepävarmuus ilmoitetaan tarvittaessa. Akkreditointi ei koske lausuntoa.

#### Ramboll Analytics Oy



Eliisa Hatanpää  
 Tutkimuskemisti, FM, +358 20 755 7952

Tämä tutkimustodistus on allekirjoitettu sähköisesti.

**Jakelu** jarkko.aakko@kanteleenvoima.fi; satu.hukkanen@vpdiagnose.fi; laboratorio@vpdiagnose.fi

Tutkimustodistuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain tutkittua näytettä.

Ramboll Analytics Oy  
 Niemenkatu 73 C, 15140 Lahti  
 Kilterinkuja 2, 01600 Vantaa

Puh 020 755 7800  
 Fax 020 755 7911

www.ramboll-analytics.fi  
 Y-tunnus 2106335-0, Kotipaikka Lahti

**FINAS**  
 Finnish Accreditation Service  
 T039 (EN ISO/IEC 17025)

Ramboll Analytics Oy  
**Tutkimustodistus**  
 Projekti: 89104034/41

Pvm: 15.9.2010  
 1/1



Kanteleen Voima Oy  
 Satu Hukkanen  
 PL 47  
 86600 HAAPAVESI

Tutkimuksen nimi:	Kanteleen Voima, kuona- ja tuhka-analyysit, elokuu 2010		
	Näytteenottopvm:		
	Näyte saapui:	30.8.2010	
Näytteenottaja:	Analysointi aloitettu:	30.8.2010	

#### Tuhkat

			Yksikkö	Menetelmä
Näytteenottopisteet	Haapa- vesi, lento- tuhka, 2006 vuosin.	Haapa- vesi, kuona, 2006 vuosi- näyte		
Näyttenumero	10YA 01246	10YA 01247		
<b>MÄÄRITYKSET</b>				
Esikäsittely, jauhatus kuulamylyllä		tehty		RA1040
Rikki, S kokonais	0,13	0,027	m-%	RA1039

#### Ramboll Analytics Oy

Eliisa Hatanpää  
 Tutkimuskemisti, FM, +358 20 755 7952

Tämä tutkimustodistus on allekirjoitettu sähköisesti.

**Jakelu** juha.ollila@kanteleenvoima.fi; jarkko.aakko@kanteleenvoima.fi; laboratorio@vpdiagnose.fi

Tutkimustodistuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain tutkittua näytettä.

Ramboll Analytics Oy  
 Niemenkatu 73 C, 15140 Lahti  
 Kiltterinkuja 2, 01600 Vantaa

Puh 020 755 7800  
 Fax 020 755 7911

www.ramboll-analytics.fi  
 Y-tunnus 2106335-0, Kotipaikka Lahti

Opinnäytetyö  
28.9.2010

Ohje rikkitaseen näytteisiin

Hannu Petäistö

### **Rikkitaseen määrittäminen Haaveden turvevoimalaitoksella 30.9.2010-1.10.2010**

#### Rajaus:

Näytteitä kerätään savukaasuista, polttoaineesta, pohjakuona ja lentotuhkasta. Näytteistä määritetään laitokselle tuleva ja poistuva rikki.

#### Polttoaine:

Näytteenotin 1 käynnistetään klo 00:00 torstaina 30.9. keräämään näytettä välivarastosta 1. Näytteet tehdään molemmista näytteenottimista vuorokausinäytteen yhteydessä. Eli näytteenotin 2 otetaan ylimääräinen näyte käsin sekä perjantai että lauantai yönä! Näytteenotin 1 on myös tarkkailtava tyhjennyksen toimivuus näytteenoton jälkeen. Näytteet laitetaan näytepusseihin, joihin kirjoitetaan päivämäärä, välivaraston numero sekä **+RIKKITASE+**. Näyte pussit voi tuoda valvomon **+vuoromestarin koppiin+**. Lauantaina klo 00:00 näytteenotin 1 otetaan pois käytöstä tyhjennyksen jälkeen.

#### Tuhka ja kuona:

Tuhka- ja kuonanäytteet otetaan 4 tunnin välein alkaen klo 01:00 torstaina 30.9. ja näytteiden ottoa jatketaan niin kauan, että viimeinen näyte tulee klo 01:00 lauantaina 2.10.

Kuonanäyte otetaan kuljettimen HDA20AF001 yläpäästä kauhalla (n. 2 l). Näytteenottoa paikana on valvonta kameran kuvaama kohta.

Tuhkanäyte otetaan **+etku-pönttö+** näytteenottimella tuhkapalloilta (n. 2 l). Tarkoitus on ottaa vuorotellen näyte 2 ja 3 kentästä (kukin hoitaja kerran molemmista). 34 tuhkapallo käynnistetään vain näytteenoton ajaksi. Lauantaina jätetään käyntiin.

Näytteet kerätään saaviin, jotka on sijoitettu näytteenottoa paikkojen läheisyyteen.

#### Savukaasu:

Savukaasuista mitataan rikkidioksidia molempina päivinä (klo 8-15) gasmet FTIR analyysointilaitteella. Mittaamisen hoitavat Hannu Petäistö, Hannu Snellman, Kari Pieniemi.

Mikäli epäselvyyksiä näytteiden kanssa soittakaa Hannulle puh. 050-4677138

Hannu Petäistö 25.5.2010

Kanteleen Voima Oy

**Rikkitaseen mittausuunnitelma****1 Mittauksen ja analysoinnin tarkoitus**

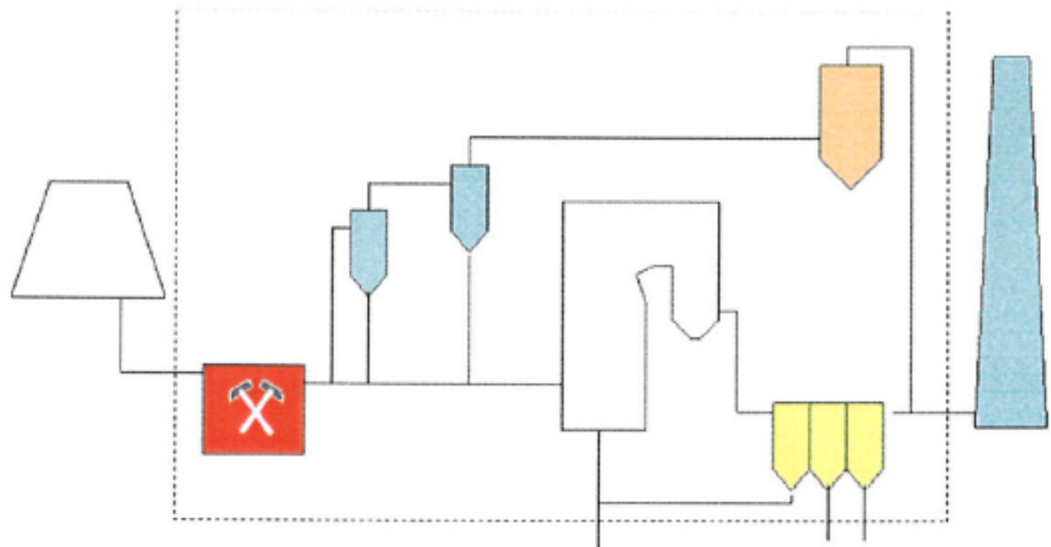
Rikkitase selvitetään voimalaitoksen rikkipäästöjen hallinnan helpottamiseksi ja LCP-direktiivin edellyttämien päästörajoitusten toteuttamiseksi.

**2 Mittausaika**

Selvityksessä tehdään mittauksia kahden vuorokauden aikana. Tällä varmistetaan, että mittaukset, näytteenotto ja tehdyt analyysit vastaavat todellista tilannetta.

**3 Taserajat**

Rikkitase selvityksen taserajat on esitetty kuviossa 1.



Kuvio 1. Taserajat

#### 4 Mittausolosuhteet

Mittausten aikana laitos ajaa normaalilla kattilakuormalla ja kuorma pyritään pitämään mahdollisimman tasaisena. Kattilaa nuohotaan normaalisti. Biopolttoaineen käyttö turpeen rinnalla olisi suotavaa mikäli laitteistot sallivat tasaisen ajon jauhimella.

#### 5 Mittaukset

Rikkioksidi mittaukset tehdään piipusta. Tuloksista analysoidaan piippuun kulkeutuneen rikinmäärä. Mittausjakso kestää noin 6 tuntia.

#### 6 Näytteenotto

Tasemääritykseen tarvittavat näytteet kerätään kunakin mittauspäivänä samalta ajalta, kun raskasmetallimittauksen ovat käynnissä piipussa. Näytteenotto alkaa yhtä aikaa mittauksien kanssa. Kunakin mittauspäivänä laitoksella kerätään seuraavat näytteet:

Turve (kokoomanäyte):

Näytteet kokoomanäytettä varten otetaan näytteenottimilla välivarastojen alla.

Lentotuhka (kokoomanäyte):

Näytteet otetaan sähkösuodattimen kakkoskentän tuhkalähttimien HDL21/22/23/24 lähetysputkista (3 kentästä voi myös ottaa). Kunakin mittauspäivänä näytettä otetaan kustakin lähtimestä 0,5 - 2 litraa 4 tunnin välein päästömittauksen aikana. Näytteet sekoitetaan kokoomanäytteeksi.

Pohjakuona (kokoomanäyte):

Pohjakuonan kanssa samaan siiloon ajetaan sähkösuodattimen tyhjän kentän HDL11/12/13/14 erottama tuhka sekä savukaasuluvon suppilon tuhka. Seoksesta otetaan näytteet nousukuljetimen HDA20AF001 yläpäästä, jotta näytteeseen saadaan

oikea seossuhde. Näytteenottotiheys on  
1-2 litraa 4 tunnin välein.

Näytteen otossa avustaa 2-3 voimalaitoksen käyttäjää.

## **7 Lentotuhkan ja pohjakuonan määrä**

Laitoksella muodostuva lentotuhkan ja pohjakuonan määrä (t/h) lasketaan mittauspäivinä poisvietyjen tuhkaja kuonamäärien mukaan. Kuljetusten punnitustiedot kirjautuvat laitoksen järjestelmään.

## **8 Analyysit**

Kaikista kerätyistä kokoomanäytteistä (kaksi turvenäytettä, kaksi tuhkanäytettä ja kaksi pohjakuonanäytettä) analysoidaan rikkipitoisuus. Analyysit tekee ulkopuolinen laboratorio.

## **9 Prosessiarvot**

Mittausten aikana kerätään seuraavia prosessiarvoja:

- Kattilateho MW
- Polttoaineenkulutus kg/s
- Palamisilmamäärä kg/s
- Savukaasumäärä kg/s, m<sup>3</sup>n/s
- Savukaasun loppulämpötila C

## Rikkitase 2006

Savukaasun virtaus		Nm <sup>3</sup> /s (KA)
SO <sub>2</sub> piipussa, kuiva		mg/Nm <sup>3</sup> (KA)
SO <sub>2</sub> vuodessa	1752,21	t/a (10 min KA:sta)
S vuodessa	877,02	t/a (10 min KA:sta)

S (g/mol)	O (g/mol)	SO <sub>2</sub> (g/mol)	S/SO <sub>2</sub> suhde
32,07	16,00	64,06	0,50

	Pohjakuona	Lentotuhka
Paino (märkä) (t)	12989,00	17447,00
Kosteus (%)	18,90	11,32
Paino (kuiva) (t)	10534,08	15472,00
Rikki (p-%)	0,03	0,13
Rikki (t)	2,84	20,11

Pohjakuonan kosteus, 2006 raskametallimääritys (Nab Labs Oy)

Lentotuhkan kosteus, analyysi 3.9.2010				
Sartorius MA 45 pikakosteusanalysaattori				
	Näyte 1	Näyte 2	Erotus (<0,2%)	KA
Massa (g)	2,94	3,25		
Kosteus (%)	11,39	11,25	0,14	11,32

	Turvetta 2006		Rikki p-%	Rikki (t)
tammikuu	t	20388,00		
	%	46,20		
	kuiva paino (t)	10968,74	0,19	20,84
helmikuu	t	28167,00		
	%	46,40		
	kuiva paino (t)	15097,51	0,21	31,70
maaliskuu	t	83102,00		
	%	46,80		
	kuiva paino (t)	44210,26	0,20	88,42
huhtikuu	t	0,00		
	%			
	kuiva paino (t)	0,00		
toukokuu	t	0,00		
	%			
	kuiva paino (t)	0,00		
kesäkuu	t	61921,00		
	%	49,40		
	kuiva paino (t)	31332,03	0,22	68,93
heinäkuu	t	97624,00		
	%	46,00		
	kuiva paino (t)	52716,96	0,22	115,98
elokuu	t	98078,00		
	%	43,80		
	kuiva paino (t)	55119,84	0,24	132,29
syyskuu	t	46284,00		
	%	45,30		
	kuiva paino (t)	25317,35	0,22	55,70
lokakuu	t	47845,00		
	%	45,60		
	kuiva paino (t)	26027,68	0,22	57,26
marraskuu	t	92405,00		
	%	45,40		
	kuiva paino (t)	50453,13	0,25	126,13
joulukuu	t	95196,00		
	%	46,40		
	kuiva paino (t)	51025,06	0,24	122,46
Yhteensä	kuiva paino (t)	362268,56	S turve (t/a)	819,71

POR:ia 2006			S tyypp. arvo p-%	
Yhteensä	POR (t/a)	2049,00	0,90	18,44

		Saapuva rikki	Poistuva rikki	Virhe (%)	Virhe (t)
Rikkiä (S) tulee	POR (t)	18,44			
polttoaineina	Turve (t)	819,71		10,0 %	83,82
Rikkiä (S) poistuu piipusta			877,02	17,2 %	150,85
Rikkiä (S) poistuu kuonana			2,84	5,0 %	0,14
Rikkiä (S) poistuu lentotuhkana			20,11	5,0 %	1,01

	tonnia	+/- tonnia
Poistuvat S tonnit	<b>899,98</b>	152,00
Tulevat S tonnit	<b>838,15</b>	83,82

**Rikkitase 2010**

	Massa (kg)	Virhe +/- (kg)	
Rikki dioksidia SO2	13911,07	2387,71	kg/2 vrk
Rikkiä S	6962,81	1195,10	kg/2 vrk

S (g/mol)	O (g/mol)	SO2 (g/mol)	S/SO2 suhde
32,07	16,00	64,06	0,50

	Pohjakuona	Lentotuhka
Paino (märkä) (t)	87,46	151,34
Kosteus (%)	18,90	11,32
Paino (kuiva) (t)	70,93	134,21
Rikki (p-%)	0,04	0,15
Rikki (kg)	28,37	201,31
Virhe +/- (kg)	0,11	3,02

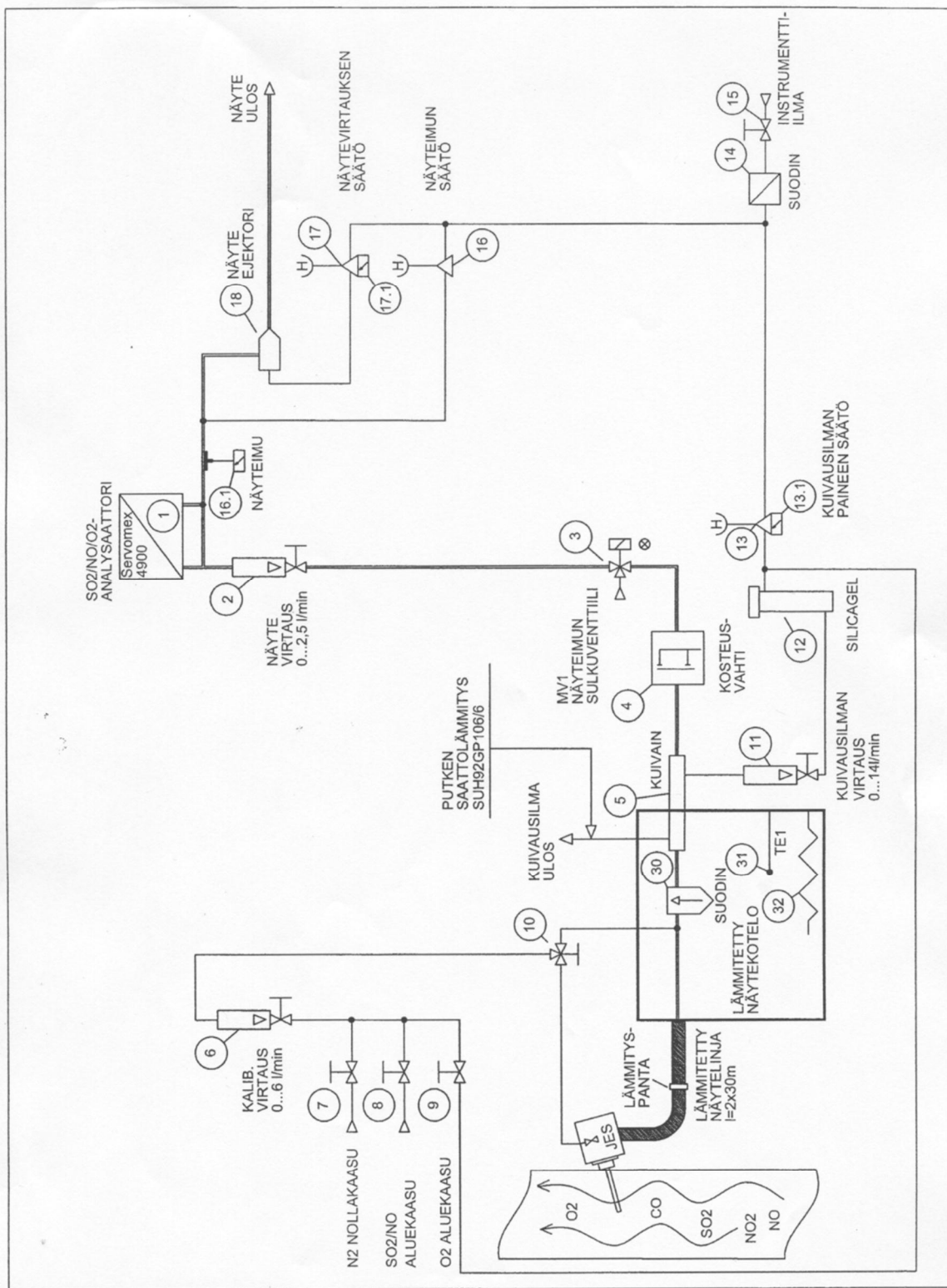
Pohjakuonan kosteus, 2006 raskametallimääritys (Nab Labs Oy)

Lentotuhkan kosteus, analyysi 3.9.2010				
Sartorius MA 45 pikakosteusanalysointilaite				
	Näyte 1	Näyte 2	Erutus (<0,2%)	KA
Massa (g)	2,94	3,25		
Kosteus (%)	11,39	11,25	0,14	11,32

	PP1	PP2	Bioasema	Yhteensä
Kuiva paino (t)	1373,02	1519,75	356,07	
Rikki p - %	0,19	0,21	0,00	
Rikkiä (kg)	2608,73	3191,47	3,56	5803,76
Virhe +/- (kg)	49,57	67,02	0,00	116,59

	Saapuva rikki	Poistuva rikki	Virherajat +/- (kg)
Rikkiä (S) tulee polttoaineina	5803,76		116,59
Rikkiä (S) poistuu piipusta		6962,81	1195,10
Rikkiä (S) poistuu kuonana		28,37	0,11
Rikkiä (S) poistuu lentotuhkana		201,31	3,02

	Saapuva	Poistuva	Erutus
Rikki S (kg)	5803,76	7192,50	-1388,74
Virhe +/- (kg)	116,59	1198,24	
Alaraja	5687,17	5994,26	
Yläaraja	5920,35	8390,73	



Pvm 05.04.04	Piirt. SV	Suhde: 1:1	Muutos:	HA-CRF-0460/2
<b>VIRTAAUSKAAVIO</b> SO2 / NO / O2-mittaus				Piirustuksen numerore <b>401969.02</b>
Fortum Power and Heat Oy, Haapavesi				

