

KATTILA K7:N SAVUKAASUN
PÖLYPÄÄSTÖMITTAUKSEN
KEHITYSSUUNNITELMA

Vamy Oy

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Ympäristötekniikka
Opinnäytetyö AMK
Kevät 2011
Sanna Ahola

Lahden ammattikorkeakoulu
Ympäristötekniologia

AHOLA, SANNA:

KATTILA K7 SAVUKAASUN PÖLY-
PÄÄSTÖMITTAUKSEN KEHITYS-
SUUNNITELMA
Vamy Oy

Ympäristötekniikan opinnäytetyö, 51 sivua, 0 liitesivua

Kevät 2011

TIIVISTELMÄ

Savukaasupäästöjen seuranta ja mittaaminen on yksi keskeisimmistä energiantuotannon voimalaitosanalyseistä. Päästöseurannan avulla pyritään hallitsemaan ympäristöön ja ilmaan pääseviä ympäristölle haitallisia yhdisteitä. Tämä opinnäytetyö käsittelee Vamy Oy:n voimalaitoksen BFB-kattila K7:n savukaasun pölypäästömittauksen kehittämistä. Tavoitteena on saattaa kattila K7:n savukaasun pölypäästömittaus standardien ja lupaehtojen mukaiseksi. Työssä on esitelty erilaisia ratkaisuehdotuksia, jotka käsittelevät erilaisia vaihtoehtoja mittaustapahtuman kehittämiseksi.

Opinnäytetyössä on esitelty aiheeseen liittyvää lainsäädäntöä, kuten LCP-asetusta sekä standardeja SFS-EN 14181 ja SFS-EN 15259. Nämä tuovat erilaisia määräyksiä voimalaitoksen pölypäästömittaukselle. Standardi SFS-EN 14181 käsittelee savukaasupäästömittauksien laadunvarmennusta, käytönaikaista seuranta ja vuosittaisia vertailumittauksia. Standardissa SFS-EN 15259 on asetettu vaatimuksia mittaustapahtumalle sekä -kohteelle.

Ratkaisusuunnitelmia laadittaessa tärkeintä oli kartoittaa voimalaitoksen nykyinen mittaustapahtuma sekä sen ongelmat. Uusia ideoita esitettäessä oli tärkeitä selvittää pölypäästömittauksia yleisesti, mittausmenetelmiä sekä eri mittalaittevalmistajien tarjoamia vaihtoehtoja.

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada laadittua käyttö kelpoinen kehityssuunnitelma kattila K7:n pölypäästömittaukselle. Sen avulla pyrittiin päättämään nykyiselle mittaustapahtumalle tehtävät muutokset. Projektin aikana kartoitettiin myös mittalaitteelle lisättävät huoltotoimenpiteet. Opinnäytetyön merkitys voimalaitokselle on ollut ratkaisevassa asemassa pölypäästömittauksen kehityksessä.

Avainsanat: voimalaitosten savukaasuanalyysit, hiukkasmittaukset, LCP-asetus, standardi SFS-EN 14181, standardi SFS-EN 15259

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Environmental Technology

AHOLA, SANNA: Flue gas dust measurement
development plan of Boiler
K7
Case: Vamy Ltd.

Bachelor's Thesis in Environmental Engineering 51 pages, 0 appendices

Spring 2011

ABSTRACT

Monitoring and measuring flue gas emissions is one of the main points power plant analysis in energy production. Emission monitoring is used as part of controlling harmful compounds released into the air and environment. This thesis aims to develop Vamy Ltd power plant BFB-boiler K7 flue gas dust emission measurements. The aim is to bring boiler K7 flue gas dust emission measurements within the standards. This thesis presents different options, that offers different kind of methods for developing the measuring process.

The study presents the laws related to the topic, such as the LCP-regulation, standards SFS-EN 14181 and SFS-EN 15259. These give power plants certain guidance to their dust emission measurements. Standard SFS-EN 14181 regulates flue gas emission measurement quality control, follow up during the use as well as yearly controls. Standard SFS-EN 15259 gives regulations to the measuring process and its location.

When finding solutions for the problem the important issue was to find out about the power plant's current measuring systems and the ongoing problems. When proposing new solutions it was important to find out about dust emission measuring generally, the different ways of measuring as well as about the different options provided by different manufacturers.

The aim for this thesis was to provide a useful development plan for dust emission measurement for boiler K7. It was used in deciding the changes to be made to the current measuring. During the project the service requirements for the measuring equipment were also set. The importance of this thesis for the power plant in developing their plant dust emission measuring is crucial.

Key words: power plant flue gas analysis, dust measurement, LCP-regulation, standard SFS-EN 14181, standard SFS-EN 15259

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	VAMY OY	4
2.1	Vamy Oy:n yrityskuvaus	4
2.1.1	Voimalaitoskuvaus	5
2.1.2	Polttoaineet ja niiden käsittely	5
2.1.3	Kattila K7:n savukaasunkäsittely	7
2.1.4	Voimalaitoksen kokonaiskapasiteetti	7
2.2	Myllykoski Paper Oy:n yrityskuvaus	7
3	LAINSÄÄDÄNTÖ JA STANDARDIT	9
3.1	Vamy Oy:n ympäristölupa	9
3.2	LCP-asetus	10
3.3	Kiinteiden mittalaitteiden laadunvarmistusstandardi SFS-EN 14181	11
3.3.1	QAL 1	13
3.3.2	QAL 2	13
3.3.3	QAL 3	15
3.3.4	Vuosittainen AST-mittaus	16
3.4	Standardi SFS-EN 15259	16
3.4.1	Mittauspaikan valinta	17
3.4.2	Mittaussuunnitelma ja raportointi	18
4	SAVUKAASUJEN PÖLYPÄÄSTÖMITTAUS	19
4.1	Savukaasut ja niiden pölypartikkelit	19
4.2	Yleistä savukaasujen pölypäästömittauksesta	20
4.2.1	In-situ-, ekstraktiivinen menetelmä ja kaukomittaus	20
4.2.2	Pölypitoisuuksien jatkuvatoimiset mittausmenetelmät	22
5	KATTILAN K7:N SAVUKAASUN PÖLYPÄÄSTÖMITTAUS	24
5.1	Kattila K7:n pölypäästömittauksen historia	24
5.1.1	Sick FW101 -mittalaite	24
5.1.2	Mittalaitteen sijainti	26
5.1.3	Nykyisen mittaustapahtuman ongelmat ja huoltotoimenpiteet	27

6	MITTAUSTAPAHTUMAT KEHITYSSUUNNITELMAN VAIHTOEHDOT	30
6.1	Ratkaisu 1: Jatketaan vanhan mittalaitteen käyttöä vanhassa kohteessa	30
6.1.1	Huoltotoimenpiteet	32
6.1.2	Budjetti	33
6.2	Ratkaisu 2: Siirretään vanha mittalaite uuteen kohteeseen	34
6.3	Ratkaisu 3: Uuden mittalaitteen hankinta vanhan mittalaitteen rinnalle	38
6.3.1	Sick FWE200 -mittalaite	39
6.3.2	Virtausmittauksen uusiminen	41
6.3.3	Budjetti	42
6.4	Ratkaisuehdotuksen valinta	43
7	TULEVAISUUDENNÄKYMÄT	45
8	YHTEENVETO	46
	LÄHTEET	48

SANASTO

AMS = jatkuvatoiminen päästömittauslaite, kiinteästi asennettu mittalaite

AST (Annual surveillance test) = vuosittainen vertailumittaustesti

BFB-kattila (Bubbling Fluidized Bed) = leijukerrostekniikkaan perustuva voimalaitoskattila

CEMS (Continuous Emissions Monitoring Systems) = jatkuvatoiminen päästömittausjärjestelmä, käsittää voimalaitoksen kaikki päästömittauslaitteistot

Ekstraktiivinen = näytettä ottava mittausmenetelmä

Hydraulinen halkaisija = virtauskanavan läpimitta, pyöreässä kanavassa putken halkaisija

IE-direktiivi Directive on Industrial Emissions, Direktiivi 2011/75/EU (integrated pollution prevention and control) = koskee yli 50 megawatin (MW_{pa}) laitoksia, mutta mahdollisen piipputulkinnan myötä myös alle 50 megawatin yksiköitä, astuu voimaan 2016 ja korvaa nykyisen LCP-asetuksen ja jätteenpoltoasetuksen.

In situ = mittausmenetelmä, joka suoritetaan suoraan kohteesta

Instrumentointi = laitteistojen automaatioasennukset, kuten sähkö- ja signaalisyötöt

LCP-asetus 1017/2002 (large combustion plants) = Valtioneuvoston asetus polttoaineteholtaan vähintään 50 megawatin polttolaitosten ja kaasuturbiinien rikkidioksidi-, typenoksidi- ja hiukkaspäästöjen rajoittamisesta

MCERTS (Environment Agency's Monitoring Certification Scheme) = Englantilainen ympäristöviranomaisen Environment Agency:n sertifikaatti. Sitä voidaan

hakea erilaisille laitteistoille, joita käytetään päästöjen hallinnassa, mittaamisessa ja seurannassa.

MW_{pa} = Polttoaineteho megawatteina

QAL 1 (Quality Assurance Levels 1) = mittausmenetelmän soveltuvuus käyttökohteeseen

QAL 2 (Quality Assurance Levels 2) = kiinteästi asennetun mittalaitteen vertailumittaus referenssimenetelmän avulla mittaustapahtuman kalibrointia ja validointia varten

QAL 3 (Quality Assurance Levels 3) = käytönaikainen laadunvarmistus

SRM = referenssimenetelmä

TÜV (Technischer Überwachungsverein) (Technical Inspection Association) = Tyyppihyväksyntäsertifikaatti, jonka myöntää SAKSALAINEN Tuv Nord Group erilaisille teknisille sovelluksille

1 JOHDANTO

Voimalaitoksilla suoritettavien päästömittausten rooli tulee koko ajan tärkeämmäksi voimalaitoksen savukaasupäästöjen seurannassa. Savukaasupäästöjen tarkkailemiseen kehittyä jatkuvasti uusia laitteistoja ja menetelmiä, ja päästövaatimukset tulevat yhä tiukemmiksi vuosien saatossa. Ensimmäiset laajat päästömittaukset juontavat juurensa 1960-luvulle, jolloin Suomessa alettiin mitata palamisen tehokkuutta päästömittausten avulla (Huutoniemi, Estlander, Hahkala, Häme-
koski, Kulmala, Lahdes & Laukkanen 2006, 98).

Viimeaikoina on pyritty voimalaitoksilla puhtaampiin toimintatapoihin, jotka ovat luoneet omat paineet savukaasujenmittauksille, savukaasun määrän vähentämiselle sekä hyötykäytölle. Savukaasumittaukset ovat voimalaitosten keskeisimpiä mittauksia, joista on määräyksiä voimalaitosten ympäristöluvissa. Ympäristöluvassa määrätty toiminta vaihtelee voimalaitoksen koosta, polttoaineesta ja alueesta riippuen. Suomessa on asetettu LCP-asetuksen mukaisesti yhtenäiset päästörajoituksia tähän mennessä rikkidioksidille SO₂, typenoksideille NO_x sekä hiukkas- eli pölypäästöille. Lisäksi voimalaitoksilla tarkkaillaan häikä ja happipäästöjä sekä savukaasun lämpötilaa, painetta ja kosteutta. Jätteenpoltossa voidaan joutua tarkastelemaan rikkidioksidin, typenoksidien ja hiukkasten lisäksi myös orgaanista kokonaishiiltä TOC, vetykloridia HCl sekä vetyfluoridia HF. Savukaasumittauksia tehdään laitoksella joko jatkuvatoimisesti tai määräaikaismittauksin.

Tämä opinnäytetyö keskittyy Vamy Oy:n kattila K7 savukaasun pölypäästömittauksen kehitykseen. Työssä on tarkasteltu pölypäästömittauksia yleensä, voimalaitoksen tämän hetkistä mittaustapahtumaa sekä esitelty ratkaisuehdotuksia savukaasumittauksen kehittämiseksi. Raportissa on käsitelty myös aiheeseen liittyvää lainsäädäntöä ja keskeisimpiä standardeja. Päästömittausten täytyy toteuttaa standardeissa vaaditut seikat. Standardinmukaisesta mittaustapahtumasta on määräys voimalaitoksen ympäristöluvassa. Tavoitteena on, että opinnäytetyön perusteella voidaan tehdä päätelmiä pölypäästömittauksen kehittämisestä tulevaisuudessa.

Projekti aloitettiin tarkastelemalla kattila K7:n nykyistä mittaustapahtumaa. Kartoittamisen rinnalla tarkasteltiin pölypäästömittauksiin liittyvää lainsäädäntöä ja standardeja. Nykyisen mittaustapahtuman tutustumisen jälkeen selvitettiin nykyisen mittaustapahtuman ongelmat. Selvittäminen tapahtui yhteistyössä Vamy Oy:n johtajiston, kunnossapitopalveluita tarjoavan ABB Oy:n kanssa sekä mittalaittevalmistaja Sick Oy:n kanssa. Opinnäytetyö on ollut laadultaan tutkimuksellinen ja työn suorittaminen on ollut projekti-luontoista. Työn tekeminen on vaatinut monen ihmisen tieto-taitoa; tietoa on kerätty niin alan ammattilaisilta, lainsäädännöstä sekä keskustelemalla eri tahojen kanssa. Työssä on hyödynnetty monenlaisia menetelmiä; tiedon hankintaa- ja jäsentelyä, haastatteluja, asioiden kartoittamista ja budjetointia.

Nykyisen mittaustapahtuman kartoittamisen rinnalla on selvitetty mittaustapahtumalle kehitysehdotuksia. Työssä on käsitelty mittaustapahtuman siirtoa voimalaitoksella, koska nykyinen mittauspaikka ei ole standardien mukainen. Mittauspaikalla on suuri merkitys mittaustuloksia tarkasteltaessa. Standardi SFS-EN 15259 käsittelee mittauspaikalle annettuja vaatimuksia, joita on käsitelty tarkemmin myöhempiä raporttia. Tarkastelun jälkeen tultiin siihen tulokseen, että mittaustapahtuman vaihtaminen uuteen paikkaan on suotavaa, jotta mittaustapahtuma saataisiin standardien mukaiseksi. Mahdollisuutta hankkia uusi mittalaite myös selvitettiin. Nykyisen mittalaitteen saaminen toimintakuntoiseksi kuitenkin johti siihen, että uuden mittalaitteen hankintaa ei tässä vaiheessa toteutettu.

Aluksi toimeksiantajan ajatuksena oli, että nykyisen mittalaitteen paikkaa muutettaisiin nykyisessä mittauskohteessa. Apuna ajateltiin käytettävän mallinnusta, jonka avulla olisi selvitetty pölyhiukkasten kulkua savukaasukanavassa ja näin löydetty mittalaitteelle sopivampi kohta savukaasukanavasta. Hankkeesta kuitenkin luovuttiin, koska toimeksiantajalla eikä koululla ollut tutkimukseen mahdollistavaa tietokoneohjelmistoa. Mittalaitteen siirros nykyisessä mittakohteessa ei kuitenkaan olisi tehnyt mittaustapahtumasta standardin mukaista, minkä takia myös mallinnuksen mahdollisuutta ei otettu työssä huomioon.

Opinnäytetyön tavoitteena on saattaa voimalaitoksen kattila K7:n savukaasun pölypäästömittaus ympäristöluvassa asetettujen määräysten mukaiseksi. Projekti aloitettiin lokakuussa 2010 pitämällä aloituspalaveri toimeksiantajan kanssa, jossa sovittiin, mitä työssä on tarkoitus saavuttaa sekä keskusteltiin voimalaitoksen pölypäästömittauksen historiasta. Sovittiin myös tehtävistä kehityssuunnitelmista, joista toimeksiantaja voisivat halutessaan valita tehtävät toimenpiteet pölypäästömittaukselleen. Aloituspalaverissa sovittiin päivämäärä, jolloin esittelen työni ja kehityssuunnitelmat toimeksiantajalle. Sovittu palaveri pidettiin tammikuussa 2011. Palaverin jälkeen toimeksiantaja valitsi ratkaisusta sille parhaiten sopivan, jonka toteuttaminen on voimalaitoksella aloitettu keväällä 2011. Tavoitteena on, että kattila K7:n savukaasun pölypäästömittaus on standardien ja lainsäädännön mukainen vuoden 2011 loppuun mennessä.

2 VAMY OY

2.1 Vamy Oy:n yrityskuvaus

Vamy Oy on Vattenfall Oy:n omistama tytäryhtiö, joka sijaitsee Kouvolan Myllykoskella. Vamy Oy ja Myllykoski Paper Oy ovat sopineet pitkäaikaisesta energia-yhteistyöstä, jonka seurauksena Myllykoski Paper Oy:n lämpövoimalaitos siirtyi Vamy Oy:n omistukseen vuonna 2001. Samalla Vamy Oy investoi uuteen voimalaitokseen, joka sisältää kiinteitä polttoaineita käyttävän BFB-kattila K7 sekä kaksi maakaasukattilaa K8 ja K9. Uusi lämpövoimalaitos otettiin käyttöön vuonna 2001 ja samalla lopetettiin kivihiilikäyttöisten kattiloiden tuotannollinen käyttö. (Piispanen 2011.) Seuraavassa ilmakuva Myllykosken voimalaitoksesta (kuvio 1).



KUVIO 1. Myllykosken voimalaitoksen ilmakuva (Vamy 2010)

2.1.1 Voimalaitoskuvaus

Vamy Oy:n voimalaitos on yhteistuotantolaitos, jossa tuotetaan samanaikaisesti sähköä ja prosessilämpöä lähes yksinomaan paperitehtaan tarpeisiin. Voimalaitos tuottaa sähköä ja prosessihöyryä Myllykoski Paper Oy:lle, kaukolämpöä KSS Lämpö Oy:lle sekä savukaasuja pigmenttitehtas Specialty Minerals Nordic Oy Ab:lle. Voimalaitos on kiinteässä yhteistyössä myös kunnossapito- ja korjaamopalveluita tarjoavan ABB Oy:n kanssa. (Piispanen 2011.)

Voimalaitokseen kuuluu leijukerrostekniikkaan perustuva korkeapaineinen kiinteää polttoainetta käyttävä 98 megawatin (MW_{pa}) BFB -kattila K7 ja kaksi varakäyttöön tarkoitettua matalapaineista maakaasua käyttävää 48 megawatin (MW_{pa}) kattilaa K8 ja K9. Lisäksi säätävänä kattilana toimii vuonna 1989 käyttöön otettu maakaasua polttoaineenaan käyttävä K6, jonka polttoaineteho noin 106 megawattia (MW_{pa}). Laitokseen kuuluu kaksi turbiinilaitosta, kiinteiden polttoaineiden vastaanottoasema ja kiinteiden polttoaineiden varastointikenttä. (Piispanen 2011.)

2.1.2 Polttoaineet ja niiden käsittely

Kattilassa K7 käytetään polttoaineina pääasiassa ulkopuolisia biopolttoaineita kuten haketta ja muita puuperäisiä biopolttoaineita (kuvio 2). Lisäksi polttoaineena käytetään turvetta, tehtaalla syntyvää kuorta, erilaisia kierrätyspolttoaineita, polttonkelpoisia sivutuotteita sekä tehtaan jätevedenpuhdistamolla syntyvää lietettä. Polttoaineet tilataan voimalaitokselle käyttötarpeen mukaan.



KUVIO 2. Puuperäistä biopolttoainetta (Vamy 2010)

Polttoaine varastoidaan siloihin tai tarvittaessa biopolttoainetta voidaan varastoida myös biopolttoainekentälle. Kuormista otetaan näytteet laaditun näyteohjelman mukaisesti, jotta pystytään tarkkailemaan polttoaineen laatua. Polttoaine kuljetetaan varastointitiloista voimalaitokselle kuljetushihnoja pitkin (kuvio 3). (Piispainen 2011.)



KUVIO 3. Polttoaineen kuljetushihna voimalaitokselle (Vamy 2010)

Maakaasu tulee tehtaalle Gasum Oy:n paineenvähennysasemalta, josta kaasu jaetaan laitokselle eri käyttökohteisiin. Polttoöljyjä käytetään satunnaisesti; raskasta

polttoöljyä käytetään K6:n varapolttoaineena ja kevyttä polttoöljyä kattila K8:n varapolttoaineena sekä K7:n varakäynnistyspolttoaineena. (Piispanen 2011.)

2.1.3 Kattila K7:n savukaasunkäsittely

Kattila K7:n polttoprosessista tulevat savukaasut johdetaan nelikammioiseen letkusuodattimeen, joka erottaa savukaasuista tuhkaa, palamatta jääneitä polttoainepartikkeleita sekä hienojakoisia leijupetipartikkeleita. Letkusuodattimella päästään jopa 99 prosenttia erotusasteeseen pölyhiukkasten koosta riippumatta (Huhtinen, Kettunen, Nurminen & Pakkanen 2000, 256). Letkusuodattimen jälkeen noin 60 prosenttia kattila K7:n savukaasuista johdetaan savukaasupesuriin (Orava 2011.) Savukaasupesurissa savukaasut pestään vedellä, jolloin osa kaasumaisista epäpuhtauksista siirtyy nestefaasiin. Savukaasupesurilla saadaan tehostettua savukaasunpuhdistus toimenpiteitä pölyjen osalta sekä vähennettyä rikki- ja typpipäästöjä. Voimalaitoksen savupiipussa on kaksi sisäpiippua. Toiseen piippuun johdetaan savukaasupesurin läpi käyneet kaasut joko taivaalle tai Specialty Minerals Nordic Oy Ab:lle hyötykäyttöä varten. Osa savukaasuista johdetaan ohituspiipun kautta ulkoilmaan ilman savukaasupesurissa käyntiä. (Vamy Oy:n ympäristölupa 2005.)

2.1.4 Voimalaitoksen kokonaiskapasiteetti

Voimalaitoksen lämmöntoimituskapasiteetti on vuodessa noin 900 gigawattituntia (GWh), joka vastaa 50 000 omakotitalon lämmitystä vuodessa. Sähköntuotanto kahdella turbiinilla on vuodessa noin 190 gigawattituntia (GWh), joka vastaa 75 000 omakotitalon sähkön kulutusta vuodessa. (Vamy Oy 2010.) Voimalaitoksen kokonaisenergiatuonta on riippuvainen Myllykoski Paper Oy:n paperikoneiden käyttöasteesta, joten energiantuotanto vaihtelee vuosittain. (Piispanen 2011.)

2.2 Myllykoski Paper Oy:n yrityskuvaus

Vamy Oy:n asiakas Myllykoski Paper Oy on perheomisteiseen Myllykoski-konserniin kuuluva paperitehdas Kouvolan Myllykoskella Kymijoen varressa. Myllykoski Paper Oy valmistaa ja markkinoi puupitoisia päällystämättömiä ja

kiillotettuja SC-papereita ja päällystettyjä LWC- ja MWC-papereita, joita käytetään syväpaino- ja offsetpainotuotteissa: aikakauslehdissä, luetteloissa, mainosliitteissä ja esitteissä. Toimipaikalla on harjoitettu tuotantotoimintaa vuodesta 1892 lähtien. Tehtaan tuotannosta menee vientiin 95 prosenttia. Tehdas työllistää tällä hetkellä noin 500 työntekijää. (Myllykoski Paper 2011.) Paperitehtaalla on kolme paperikonetta: PK 4, PK 6 ja PK 7. Kolmen paperikoneen ja päällystyslaitoksen ohella tehdasalueella toimivat lisäksi kuorimo, hiomo, valkaisuasema, raakavesilaitos, jätevesilaitos, korjaamot sekä materiaali- ja tuotevarastot. (Piispanen 2011.)

Myllykoski Oyj on sopinut yhtiön myynnistä UPM-Kymmene Oyj:lle keväällä 2011. Kauppa pitää sisällään kaikki Myllykoski Oyj:n toiminnot Suomessa ja ulkomailla mukaan lukien Myllykoski Paper Oy:n toiminnot kokonaisuudessaan. (Myllykoski Paper 2011.) Euroopan unionin kilpailuviranomainen on aloittanut tutkimukset UPM:n ja Myllykosken välisen yrityskaupan vaikutuksista aikakauslehtipaperinmarkkinoihin. Kilpailuviranomainen haluaa selvittää, miten kaupan toteutuminen vaikuttaisi aikakauslehtipaperin hintaan Euroopassa. Selvityksen tuloksista on luvattu antaa lausunto 19.7 mennessä. (Taloussanomat 2011).

3 LAINSÄÄDÄNTÖ JA STANDARDIT

3.1 Vamy Oy:n ympäristölupa

Vamy Oy:n voimalaitoksen ympäristölupa on myönnetty vuonna 2005, ja sen on myöntänyt Itä-Suomen Ympäristölupavirasto. Voimalaitoksen ympäristölupa tarvitaan ympäristönsuojelulain 28 §:n 1 momentin ja ympäristönsuojeluasetuksen 1 §:n 1 momentin kohdan 3 b), ja sen 5000 m³:n öljysäiliölle ympäristönsuojeluasetuksen 1 §:n 1 momentin kohdan 5 a) ja 13 c) mukaan. (Vamy Oy:n ympäristölupa 2005.)

Voimalaitoksen ympäristöluvassa on määrätty työssä tutkittavan kattila K7:n jatkuvatoimisista savukaasumittauksista seuraavaa. Taulukossa (taulukko 1) on esitelty mitattavat parametrit ja niiden mittausalueet.

TAULUKKO 1. Kattila K7:n savukaasuista jatkuvatoimisesti mitattavat parametrit (Vamy Oy:n ympäristölupa 2005)

Mittaus	Mittausalue
NO _x	0 – 400 mg/Nm ³
CO	0 – 300 mg/Nm ³
SO ₂	0 – 300 mg/Nm ³
Pöly	0 – 200 mg/Nm ³
O ₂ , kostea	0 – 10 %
O ₂ , kuiva	0 – 25 %
Virtaus _{,kokonais}	0-60 Nm ³ /s
Virtaus _{,1 pesurin jälkeen}	0-25 Nm ³ /s
Virtaus _{, ohituspiippu}	0-25 Nm ³ /s
Lämpötila	0-250°C

Jatkuvatoimisten mittausten mittauslukemat ovat nähtävissä voimalaitoksen valvomon monitoreissa sekä laitoksen PHD-tietokannassa. (Vamy Oy:n ympäristölupa 2005.)

Ympäristöluvassa on asetettu mittauksille päästöraja-arvot. Kattila K7:n pölypäästöt saavat olla normaalitoiminnassa enintään 50 milligrammaa kuutiossa (mg/m³) redusoituna 6 prosentin happipitoisuuteen kuivilla savukaasuilla. Normaalitoiminnalla tarkoitetaan sitä, että polttoprosessi on normaaliajossa, johon ei sisälly kattilan ylös- eikä alasajot. Normaalitoiminnassa myös savukaasun puhdistuslaitteet (letkusuodatin ja savukaasupesuri) pitää toimia normaalilla tavalla. (Vamy Oy:n ympäristölupa 2005.)

3.2 LCP-asetus

Voimalaitosten ajoon liittyvät säädökset ovat muuttuneet merkittävästi viime vuosina, ja uusi säädöksiä työstetään koko ajan. Euroopan Unionin yhteisölaainsäädännössä on asetetut direktiivit suurille polttolaitoksille ja jätteenpoltolle. Nämä direktiivit on otettu käyttöön Suomessa valtioneuvoston asetuksina N:o 362/2003 (jätteenpolto) sekä N:o 1017/2002 (LCP-asetus). Työssä tarkastellaan lähemmin LCP-asetusta, koska työssä esiintyvä voimalaitos toimii tämän asetuksen alaisuudessa. Asetuksessa olevat säännökset liittyvät läheisesti opinnäytetyön aiheeseen, koska erityisesti voimalaitosten savukaasupäästöt, raja-arvot ja mittaustapahtumaan liittyvät seikat ovat suuresti esillä LCP-asetuksessa.

LCP-asetus astui voimaan Suomessa vuonna 2002, ja se koskee yli 50 megawatin (MW_{pa}) voimalaitoksia, jossa polttoaineena käytetään kiinteitä ja kaasumaisia polttoaineita, lukuun ottamatta jätepolttolaitoksia. Asetuksessa käsitellään energiantuotannon polttolaitoksia koskevat savukaasupäästöjen rajoittamista koskevat velvoitteet sekä uudistetaan aikaisemmat päästöraja-arvot. LCP-asetuksessa annetaan eri päästöraja-arvot eri kokoluokan sekä eri polttoaineita käyttäville laitoksille. Asetus sisältää myös erikseen raja-arvot uusille ja jo olemassa oleville laitoksille. (Electrowatt-Ekono Oy 2003.)

LCP-asetuksen yksi tärkeimmistä uudistuksista on se, että aiemmassa lainsäädännössä päästömääräykset on annettu ominaispäästömääräyksinä milligrammaa käytettyä polttoaine-energiayksikköä kohden vuosikeskiarvona (mg/MJ). Uudessa LCP-asetuksessa päästöraja-arvot annetaan lyhytaikaisina, esimerkiksi kuukausi-

tai vuorokausikeskiarvona tai pitoisuusraja-arvoina milligrammaa kuutiosta (mg/m³) savukaasussa. Raja-arvojen tarkasteluun ei lasketa mukaan voimalaitoksen käynnistys- ja alasajotilanteita tai häiriötilanteita. (Electrowatt-Ekono Oy 2003.)

LCP-asetuksessa on aikaisemmasta lainsäädännöstä poiketen määrätty esimerkiksi jatkuvatoimisista päästömittauksista sekä päästölaskennan apusuureista. Aikaisemmin näistä oli määräykset laitosten ympäristöluvissa. Uudistetussa asetuksessa määrättään, että joitain poikkeuksia lukuun ottamatta savukaasujen jatkuvia rikki-dioksidi-, typenoksidi- ja hiukkaspitoisuuksien mittauksia suoritetaan yli 100 megawatin (MW) laitoksilla 27.11.2004 alkaen. Jatkuvasti on mitattava myös apusuureita: savukaasujen happipitoisuutta, lämpötilaa, painetta sekä vesihöyrypitoisuutta. Ympäristöviranomaiset voivat kuitenkin määrätä toisin, esimerkiksi hiukkasmittausta voidaan vaatia pienemmiltäkin kuin yli 100 megawatin (MW) laitoksilta. LCP-asetuksella on haluttu yhtenäistää voimalaitosten toimintaa ohjaavia säädöksiä. (Electrowatt-Ekono Oy 2003.)

Vamy Oy:n voimalaitoksella sovelletaan LCP-asetusta jatkuvatoimisten mittauksen kohdalta. Viranomaiset ovat kuitenkin vaatineet pölypäästömittausten jatkuvatoimisuutta laitoksen ympäristöluvassa, vaikka kyseessä on alle 100 megawatin (MW) laitos. Tästä on käyty paljon neuvotteluita viranomaisten kanssa, mutta pölypäästöjen mittaus on pysynyt voimalaitoksella jatkuvatoimisena mittauksena.

3.3 Kiinteiden mittalaitteiden laadunvarmistusstandardi SFS-EN 14181

Päästömittausten epävarmuuden toteamiseksi on valmistunut standardi Kiinteästi asennettujen mittalaitteiden laadunvarmistus -standardi SFS-EN 14181, joka pohjautuu standardiin EN-14181: Quality assurance of automated measuring systems.

Standardissa SFS-EN 14181 esitellään mittausten laaduntarkkailulle asetettuja toimintatapoja, joita seuraavassa esiteltävät vertailumittaukset ovat. Vertailumittauksien avulla voidaan osoittaa laitoksen päästömittalaitteiden toimivuus direktiivin ja asetusten mukaisesti. Mittausten luotettavuuden tarkastelu vertailumittaus-

ten välisenä aikana on myös yksi vertailumittausten osa-alue. Toiminnanharjoittaja on vastuussa siitä, että laitoksen päästömittauslaitteet toimivat standardin mukaisesti. Taulukossa 2 on esitelty kerrottu standardin SFS-EN 14181 mukaiset roolit mittalaittevalmistajan, mittaajan, toiminnanharjoittajan ja viranomaisten välillä. (Pellikka & Puustinen 2008a.)

TAULUKKO 2. Osallisten roolit kiinteästi asennettujen mittalaitteiden laadunvarmistuksessa (Pellikka & Puustinen 2008a)

<i>Organisaatio</i>	<i>Rooli / Tehtävä</i>
Mittalaittevalmistaja	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mittalaitteen asianmukainen asennus mittauspaikalle ➤ Yhteistyö toiminnanharjoittajan kanssa ennen vertailumittauksia, tarvittaessa myös niiden aikana ➤ Tarvittaessa toiminnallisten testien suoritus (joko kokonaan tai osittain)
Päästömittauslaboratorio	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Akkreditoitujen mittausmenetelmien ylläpito vertailumittauksia varten ➤ Vertailumittausten tekeminen QAL2- ja AST-testeissä ➤ Toiminnalliset testit (QAL2 ja AST), joko: <ul style="list-style-type: none"> - toiminnallisten testien suoritus tai - muiden osapuolten tekemien toiminnallisten testien raporttien auditointi
Toiminnanharjoittaja	<ul style="list-style-type: none"> ➤ QAL2, QAL3 ja AST-raporttien toimittaminen viranomaisille ➤ QAL3- tarkastelun toteuttaminen
Viranomainen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Toiminnanharjoittajan esittämän päästöjen seurannan ja raportointiohjelman hyväksyminen, ohjelmatoimien toteuttamisen valvonta laitoksella sekä raporttien tarkastus ja mahdollisiin toimenpiteisiin ryhtyminen

Standardi SFS-EN 14181 on jaettu neljään osaan: QAL 1, QAL 2 ja QAL 3 sekä vuosittaiseen AST-mittaukseen. Seuraavassa on avattu näitä neljää osaa tarkemmin.

3.3.1 QAL 1

QAL 1 käsittää mittausmenetelmän soveltuvuuden tarkastuksen käyttökohteeseen. Laitokselle valittavan mittalaitteen on sovelluttava mittauskohteeseen, ja sen kokonaisuvarmuuden on oltava pienempi kuin viranomaisten esittämässä vaatimuksissa. QAL 1 -vaatimusten toteutumisen osoittaminen kuuluu mittalaittevalmistajan vastuulle. QAL 1:n toteutuminen osoitetaan yleensä laitteelle annettavan tyyppihyväksyntätestien kuten MCERTS:n tai TÜV:n avulla. Laitevalmistajan on tehtävä mittalaitteelle standardin EN-ISO 14956 mukaiset testit, joiden avulla saadaan tietoa eri häiriöntekijöiden vaikutuksesta laitteen toimintaan (Joronen, Kovacs & Majanne 2007,117.) QAL 1 on määrätty myös mittauskohteen tilalle vaatimuksia. Mittauskohteeseen pitää taata helppo ja turvallinen kulkureitti ja mittalaitteen ympäristössä pitää olla tilaa huoltotoimenpiteille. (VTT 2004.)

3.3.2 QAL 2

QAL 2 käsittää kiinteän mittalaitteen kalibroinnin ja toiminnan tarkastus vertailumittauksen avulla. Tähän kuuluu kiinteästi asennettujen mittalaitteen toiminnan tarkastus, vertailumittausten avulla tapahtuvan mittalaitteen kalibrointifunktion määrittäminen sekä mittalaitteen vaihtelevuuden testaus direktiivin vaatimusten mukaisesti. QAL 2 -testi täytyy suorittaa mahdollisimman nopeasti mittalaitteen asennuksen jälkeen. QAL 2 -mittauksen saa suorittaa akkreditoitu päästömittauslaboratorio. (VTT 2004.)

Mittalaitteen QAL 2 -vertailumittaukset suoritetaan LCP-asetuksen mukaan vähintään viiden vuoden välein tai viranomaisten vaatimuksesta useammin. Viranomainen voi asettaa lyhyemmän välin mittauksille, esimerkiksi jätteenpolttoasetuksessa vaaditaan vertailumittaukset tehtäväksi kolmen vuoden välein. Vertailumittaukset on myös tehtävä uudestaan, jos laitoksen toiminnassa tapahtuu merkittäviä muutoksia. Tällaisia muutoksia on esimerkiksi polttoaineen vaihdos tai uuden puhdistuslaitteen asennus. Myös mittalaitteen korjauksen jälkeen vertailumittaus on tehtävä uudestaan, jos korjaustoimenpiteillä oletetaan olevan merkittäviä vaikutuksia mittaustuloksiin. Ennen vertailumittauksia mittalaitteille on tehtävä laitevalmista-

jan puolesta huolto ja toiminnan tarkastus. Vertailumittausten tuloksista tulee raportoida viranomaisille kuuden kuukauden sisällä mittausten tekemisestä. (VTT 2004.)

Ennen vertailumittausten, QAL 2 - ja AST-testien tekemistä, tehdään mittalaitteelle toiminnan tarkastus -testi, jossa käydään läpi mittalaitteen toiminta. Toiminnallisen testin pitää standardin mukaan tehdä päästömittauslaboratorio, mutta joissain tapauksissa toiminnanharjoittajan oma laboratorio voi myös suorittaa testit. Huoltojen yhteydessä mittalaittevalmistajalla on myös mahdollisuus tehdä testit. Jos testit tekee jokin muu taho kuin päästömittauslaboratorio, on heillä kuitenkin velvollisuus auditoida ja kommentoida testiä QAL 2 - ja AST-raportoinnin yhteydessä. (Pellikka & Puustinen 2008a.)

Kiinteästi asennettujen mittalaitteiden kalibrointifunktio määritellään QAL 2 - vertailumittausten avulla (Joronen, Kovacs & Majanne 2007,118.) Vertailumittauksessa laitoksen mittausmenetelmää AMS verrataan referenssimenetelmä SRM:ään, joka on standardissa mainittu referenssimenetelmä. Pölymittauksen kohdalla menetelmä on gravimetrinen määrittely, joka on asetettu standardissa EN 13284-1. (Pellikka & Puustinen 2008a.)

QAL 2 -mittauksissa tehdään 15 mittaparia kolmen päivän ajan. QAL 2 -mittausta voi tehdä joko kaikille mitattaville yhdisteille kerralla tai vain yhdelle aineelle ja mittalaitteelle kerralla. QAL 2 -mittaus on voimassa LCP-asetuksen mukaan vähintään viisi vuotta tai niin kauan kuin AST-mittaus vastaa voimalaitoksen mittalaitteen mittaustapahtumaa. (Pellikka & Puustinen 2008b.)

Standardissa SFS-EN 14181 on määritelty myös poikkeustilanteita QAL 2 mittauksen kohdalle pölymittausten osalta. Voimalaitoksilla on usein ongelmana se, että niiden pölypäästöpitoisuudet ovat niin pieniä, että mittaaminen on haasteellista. Tämän vuoksi on otettu käyttöön standardissa pienille pitoisuuksille oma määrittely niin jätteenpoltto kuin LCP-asetuksessa. LCP-asetuksen alaisissa laitoksissa alhaisen pitoisuuden määrittelyä pidetään pölyjen osalta 10 % raja-arvosta, jos se on alle 10 milligrammaa kuutiossa (mg/m^3). Toimeksiantajan laitoksella se

tarkoittaa 5 mg/m^3 , koska heidän lupa-raja on 50 mg/m^3 . Jos mittaustulokset ovat todistetusti jatkuvasti alle asetetun raja-arvon, ei kalibrointifunktiota tarvitse mittalaitteelle määrittää. Tämä todetaan ensimmäisessä QAL 2 -mittauksessa, jonka jälkeen QAL 2 -mittauksia ei tarvitse suorittaa asetetun viiden vuoden välein. Tällöin pelkkä vuosittainen AST-mittaus riittää. (Pellikka & Puustinen 2008a.)

Standardissa on muita tapahtumia, jolloin QAL 2 -tarkastelu pitää tehdä uudelleen, vaikka viiden vuoden välein tapahtuvaa QAL 2 -testiä ei tarvitse suorittaa. Näitä on muun muassa mittalaitteen siirtäminen uuteen kohteeseen, suuret muutokset voimalaitoksen toiminnassa savukaasujen puhdistuksen osalta ja esimerkiksi uuden polttoaineen ottaminen käyttöön. (Pellikka & Puustinen 2008a.)

QAL 2 -mittauksia tekee moni akkreditoitu päästömittauslaboratorio Suomessa. QAL 2 -mittauksia voi suorittaa joko kaikille mittaustilanteille tai ainoastaan yhdelle parametrille kerralla. QAL 2 -mittausten kustannukset riippuvat hiukan päästömittauslaboratoriosta, mutta täysi QAL 2 -mittaus pelkästään pölypäästöille, sisältäen 15 mittaparia, maksaa noin 7000 euroa per mittauskerta (Keinänen 2011).

3.3.3 QAL 3

Käytönaikaisesta laadunvarmistuksesta eli QAL 3 on vastuussa toiminnanharjoittaja. Käytönaikainen laadunvarmistus tehdään toiminnan harjoittajan omien datakeruuohjelmien sekä mittalaitteen sovellusohjelman avulla. QAL 3 -tarkastelussa tarkastellaan mittalaitteen toimintaa esimerkiksi nolla- ja kalibrointipisteen muutoksien avulla. Nolla- ja kalibrointipisteen tarkastelu pitää olla säännöllistä, vaikka standardissa ei ole mainittu kuinka usein tarkastelu pitää tehdä. Yleensä mittalaite asetetaan tarkastamaan nolla- ja kalibrointipiste 8-24 tunnin välein. QAL 3 -tarkastelun kannalta on tärkeää, että mittalaitteen ominaisuuksiin lukeutuu automaattinen nolla- ja kalibrointipisteen tarkastus. (VTT 2004.)

Käytönaikaisen laadunvarmistus auttaa huomioimaan mittalaitteen toiminnassa tapahtuvat muutokset sekä mahdollisten nolla- ja kalibrointipisteiden vaihtelut.

Mittalaitteen huolto täytyy olla säännöllistä, joten käytönaikaisessa tarkistelussa on hyvä tarkastella myös huoltotoimenpiteiden aikaväliä niin laitoksen käyttöhenkilöiden kuin mittalaittevalmistajan osalta. Käytönaikaisella laadunvarmistuksella on tarkoitus pitää laite toimintakuntoisena sekä toiminta samanlaisena kuin QAL 2 -mittauksien aikana. (VTT 2004.)

3.3.4 Vuosittainen AST-mittaus

Vuosittaisen AST mittauksen tekee QAL 2 -mittauksen tavoin akkreditoitu päästömittauslaboratorio. Kyseessä on vuosittain tehtävästä laadunvarmistusmittauksesta, jossa tarkastellaan mittaustapahtumaa kokonaisuudessaan. AST-mittauksessa tarkastellaan muun muassa mittalaitetta, näytteenottolinjaa, mittaustapahtuman dokumentointia sekä tehdään vertailumittaukset viidellä mittaparilla. Kyseessä on suppeampi tarkastelu kuin QAL 2 -mittaus. (VTT 2004.)

AST-mittauksesta saatua kalibrointifunktiota ei syötetä laitoksen laskentaohjelmaan, vaan sillä tarkastetaan QAL 2 -mittauksesta saadun kalibrointifunktion voimassaolo. Jos kalibrointifunktio ei täsmää aiemman kanssa tai jotain muuta ilmenee, mittalaite ei läpäise AST-testejä. Tämän jälkeen QAL 2 -mittaus tehtävä uudestaan. (VTT 2004.)

AST-mittauksia voi QAL 2-mittauksen tapaan tehdä joko kaikille mittalaitteille ja mittausyhdisteille kerralla, tai tilata vain yhden mittauksen jollekin mitattavalle parametrille. AST-mittauksen kustannukset ovat hiukan QAL 2 -mittausta pienemmät. QAL 2 -mittausten kustannusten tapaan AST-testien hinnoissa on eroja, mutta pelkästään pölypäästöille tehtävän AST-mittauksen hinta on noin 3500 euroa (Keinänen 2011).

3.4 Standardi SFS-EN 15259

Standardissa SFS-EN 15259 on esitelty vaatimuksia päästömittauspaikalle. Standardi pohjautuu englannin kieliseen standardiin EN 15259 Air quality – Meas-

urement of stationary source emissions – Measurement strategy, measurement planning, reporting and design of measurement sites. Standardit SFS-EN 14181 ja SFS-EN 15259 liittyvät kiinteästi toisiinsa; standardien toteutuessa pitää ottaa huomioon kummassakin standardissa asetetut vaatimukset mittaustapahtumalle ja sen laadunvarmistukselle. Standardi SFS-EN 15259 käsittelee päästömittaustapahtuman- ja tason valintaa ja toimivuutta, mittaustapahtuman varustusta, ympäristön vaatimuksia, työturvallisuutta ja raportointia. Päästömittaustapahtuman- ja mittaustason on täytettävä kaikki niille standardeissa asetetut vaatimukset, jotta mittaustapahtuma on standardin mukainen, edustava ja vertailukelpoinen asetettuihin vaatimuksiin. Mittausolosuhteiden täytyy olla hyvät ja luotettavat, jotta ne eivät heikennä laitoksella tehtäviä päästö- ja vertailumittauksia tuloksia. Seuraavassa on esitelty standardin tärkeimpiä kohtia.

3.4.1 Mittaustapahtuman valinta

Mittaustapahtuman valinta on tärkeä kohta mittaustapahtuman suunnittelussa. Standardissa SFS-EN 15259 on asetettu muun muassa seuraavanlaisia vaatimuksia mittaustapahtumalle: mittaustapahtuma tulee valita siten, että savukaasun virtaus on tasainen ja homogeeninen, muuten mittaustuloksen luotettavuus ei ole taattu. Mittaustapahtuman luotettavuus on merkittävin tekijä mittausten onnistumisen kannalta. Jos luotettava ja edustavaa mittaustapahtumaa ei löydy, ja mittaustapahtuma pitää silti suorittaa, on raportoinnissa arvioitava, millaisia vaikutuksia paikalla on mittaustulokseen. Olisi hyvä, jos päästömittaustapahtumat otettaisiin huomioon jo laitoksen suunnitteluvaiheessa. Standardi SFS-EN 15259 käsittelee myös mittaustapahtumalle pääsyä ja työturvallisuuseikkoja; mittaustapahtumalle pitää olla turvallinen kulkureitti, koska jatkuvatoimisten mittalaitteiden huolto ja niille tehtävät vertailumittaukset ovat arkipäivää laitoksen toiminnassa. (Puustinen & Pellikka 2008b.)

Mittaustapahtuman- ja taso on valittava siten, että standardin kriteerit täyttyvät. Kriteereistä tärkeimmät ovat muun muassa se, että päästömittaustapahtuma tulee tapahtua kanavan pystysuoralla osalla, jolloin mittaustasona toimii kanavan poikkileikkauspinta. Tämä pätee niin jatkuvatoimisiin kuin vertailumittauksiin. Yksi tärkeimmistä standardin kriteereistä on se, että häiriöttömän virtauksen takaamiseksi mittaustapahtuman

soa ennen pitää olla viisi kertaa kanavan hydraulinen halkaisija ja mittaustason jälkeen kaksi kertaa kanavan hydraulinen halkaisija. Jos mittauskanava on piippu, täytyy piipun päähän olla häiriötöntä virtausetäisyyttä viisi kertaa kanavan hydraulinen halkaisija. Virtauksen häiriötekijöitä, kuten puhaltimet, puhdistuslaitteet ja kanavan mutkat, tulee olla vähintäänkin standardin mukaisen etäisyyden päässä mittaustasosta, mutta mitä kauempina häiriötekijät ovat, sitä vähemmän vaikutuksia näillä on savukaasun kulkuun. (Puustinen & Pellikka 2008b.)

Vertailumittauksia, QAL 2 ja AST, tehdessä vertailumittausten mittaustaso tulee sijaita enintään kolme kertaa kanavan hydraulinen halkaisijan etäisyydellä jatkuvatoimisesta mittauksesta. On kuitenkin huomioitava, etteivät vertailumittaukset häiritse jatkuvatoimisia mittauksia. (Puustinen & Pellikka 2008b.)

3.4.2 Mittaussuunnitelma ja raportointi

Standardissa SFS-EN 15259 on käsitelty myös mittaustapahtuman suunnitteluun liittyviä asioita. Standardin mukaisessa mittaussuunnitelmassa tulee käsitellä vähintään seuraavat asiat:

- mittauspaikan kuvaus
- prosessin toiminta
- mitattavat parametrit
- mittauksen epävarmuus
- mittausmenetelmät
- mittausten aikataulu
- päästömittauslaboratorion pätevyys
- laitoksen yhteyshenkilö ja mittauksissa avustava henkilöstö
- raportointi

Lisäksi mittaussuunnitelma voi sisältää muista asioita. Tätä ohjeistusta voi käyttää niin jatkuvatoimistenmittausten suunnittelussa kuin vertailumittausten mittaussuunnitelmia tehtäessä. (Puustinen & Pellikka 2008b.)

4 SAVUKAASUJEN PÖLYPÄÄSTÖMITTAUS

Savukaasupäästöjen mittaamiseen on viime vuosina kiinnitetty yhä enemmän huomiota ilmanlaadun tarkkailun seurauksena. Voimalaitoksilla tarkkaillaan savukaasujen päästöjä laaditun tarkkailusuunnitelman avulla (Joronen, Kovács & Majanne 2007,105.) Savukaasumittaukset ovat yksi keskeisimmistä voimalaitosmittauksista. Savukaasumittauksien avulla voidaan säätää kattilan palamisprosessia, lisätä kattilan hyötysuhdetta ja seurata savukaasun puhdistuslaitteiden kuntoa. Mittaustuloksia voidaan käyttää myös ilman laadun tarkkailuun ja päästöjen levinneisyyteen ympäristössä (Torvela 1993, 23-24).

4.1 Savukaasut ja niiden pölypartikkelit

Savukaasut ovat polttamisesta vapautuvia kaasuja. Savukaasut koostuvat pääasiassa hiilidioksidista, vesihöyrystä, typestä ja hapestä. Lisäksi savukaasut sisältävät hiukkas- eli pölypartikkeleita, häkää sekä typen- ja rikinoksideja. Taulukossa (taulukko 3) on lueteltu savukaasun tärkeimmät komponentit, mittauksen tarkoitus sekä mittaustarve. Mittaus voi olla pelkkä seuranta eli päästömittaus tai prosesseja säättävä säätömittaus. (Aumala 1996, 323.)

TAULUKKO 3. Savukaasun tärkeimmät komponentit, mittauksen tarkoitus ja mittaustarve (Aumala 1996, 323)

Komponentti	Mittauksen tarkoitus	Mittaustarve
O ₂	säätömittaus	jatkuva
CO	säätö- ja päästömittaus	jatkuva
CO ₂	säätömittaus (päästömittaus)	jatkuva
SO ₂	säätö- ja päästömittaus	jatkuva/määräaikainen
NO _x (=NO+NO ₂)	päästömittaus	jatkuva/määräaikainen
H ₂ S	päästömittaus	jatkuva/määräaikainen
Hiukkaspäästöt (pöly)	päästömittaus	jatkuva/määräaikainen
Raskasmetallit	päästömittaus	jatkuva/määräaikainen

Savukaasun pölypäästöt koostuvat esimerkiksi polttoaineiden palamattomista osista, polttoaineen mukana tulleista epäpuhtauksista, tuhkasta sekä leijupetikattilan petimateriaalista (Seinfeld & Pandis 1998, 97). Pölypäästöjä rajoitetaan haitallisten terveysvaikutusten takia. Vaarallisimpia ovat kokoluokaltaan 1 µm pienemmät pölypartikkelit, koska niiden kulkeutuminen syvälle keuhkoihin voi aiheuttaa hengitystieoireita. Pölypartikkeleiden vähentämismahdollisuuksiin savukaasusta vaikuttaa erityisesti partikkeleiden koko; mitä suuremmista partikkeleista on kyse, sitä helpompaa puhdistus on. (Hannola 2007.)

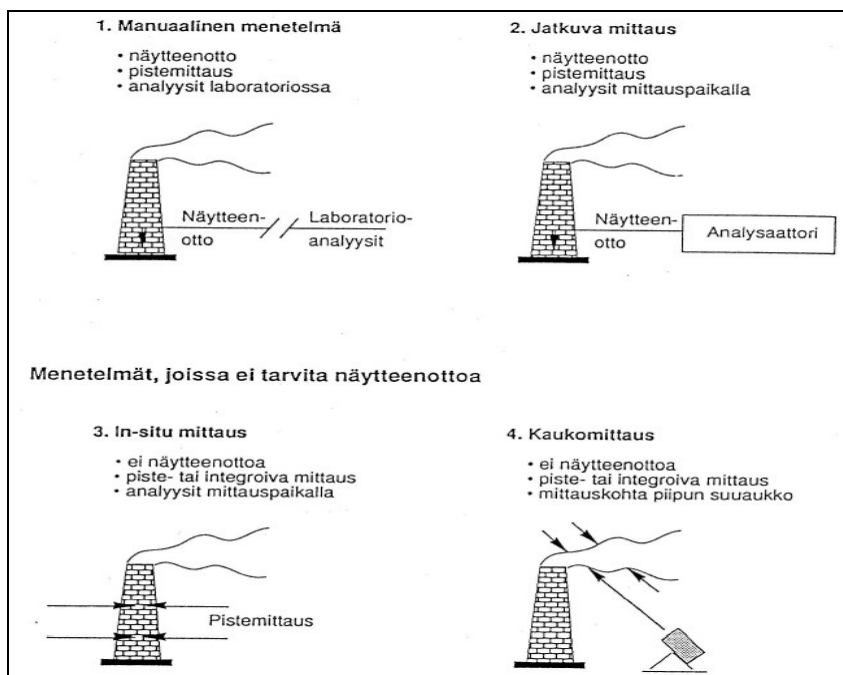
4.2 Yleistä savukaasujen pölypäästömittauksesta

Savukaasujen pölypäästömittauksissa saadaan reaaliaikaista mittaustulosta savukaasujen sisältämästä pölypitoisuudesta. Savukaasujen pölypäästömittauksia varten on monenlaisia tekniikoita ja mittalaitteistoja. Tässä työssä tarkistellaan jatkuvatoimisten pölypäästömittausten toimintaa, koska jatkuvatoimisesta mittauksesta on määräys kohdelaitoksen ympäristöluvassa. Pölypäästömittaus voi kuitenkin olla myös määräaikaista mittaustapahtumaa. Mittaustuloksen määrittämiseen ja päästölaskentaan tarvitaan myös apusuureita, joita on paine, lämpötila, virtaus ja kosteus. Näitä suureita mitataan yleensä voimalaitoksella omilla mittalaitteilla.

4.2.1 In-situ-, ekstraktiivinen menetelmä ja kaukomittaus

Pölypäästön, kuten muidenkin mitattavien parametrien, jatkuvatoimiset mittausmenetelmät voidaan luokitella näyteottotavan mukaan kolmeen luokkaan; in situ -menetelmään, ekstraktiivisiin menetelmiin sekä kaukomittausta käytettävään menetelmään (kuvio 4) (VTT 2007.) Näistä yleisimmät menetelmät ovat in situ -menetelmä ja näytettä ottava ekstraktiivinen menetelmä. Kaukoilmaisia käyttävä laitteisto kustannuksiltaan kallis (Lappeenrannan teknillinen yliopisto 2011). Opinnäytetyön aikana kartoitetuista mittalaittevalmistajista kenenkään mittalaitte ei edustanut kaukomittausta. Uskoisin, että kyseessä on aika harvinainen mittausmenetelmä, jota ei paljoa hyödynnetä pölypäästöjä mitattaessa.

Kuviossa (kuvio 4) näkyy myös manuaalinen menetelmä, johon kuuluvat standardissa SFS-EN 14181 esiteltyt vertailumittausmenetelmät. Pölypäästömittauksen vertailumittauksissa käytetään gravimetristä määrittystä (Pellikka & Puustinen 2008a).



KUVIO 4. Mittausmenetelmät (Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu 2011)

In situ -menetelmässä mittalaitteen mittaussondi mittaa kanavassa kulkevan savukaasun pitoisuuden yhdessä pisteestä tai koko kanavan halki monesta pisteestä. Kyseessä voi olla siis pistemäinen tai laajennettu pistemäinen mittaus tai kanavan läpimittaus. Mittaus tapahtuu suoraan savukaasusta, eikä välivaiheita ole. Tämä menetelmä on yksinkertaisin mittausmenetelmä, joka toimii kuiville savukaasuille, joissa kosteus on höyrynä. (Mäki & Posio 2004.)

Ekstraktiivinen mittausmenetelmä perustuu näytteenottoon. Mittausmenetelmää käytetään yleensä kohteissa, jossa mittaus tapahtuu kosteista savukaasuista eli jossa vesi on pisarana savukaasussa. Tässä mittausmenetelmässä näytekaasu käsi-

tellään ennen pitoisuuden mittaamista, jotta häiritseviä komponentteja ei olisi. Käsittely tehdään kaasussa olevan kosteuden ja suurien pölypitoisuuksien vuoksi, jolloin mitattava kaasu olisi samankaltainen kuin in situ -menetelmässä. Esikäsitelyssä kaasu johdetaan erilliseen lämmittimeen, jossa vesi höyrystetään vesihöyryksi, eikä näin pisaroita ole. Pisaroiden pois saaminen näytekäasusta on tärkeää, koska mittalaite ei pysty tunnistamaan onko kyseessä vesi- vai pölypisara. Pölyn erotus tapahtuu näytesondissa sijaitsevalla suodattimella tai mittaustapahtuman loppupäässä olevalla hienosuodattimella. Tämän takia mittalaitteen yhteydessä on yleensä erilliset näytelinjat savukaasukanavasta lämmittimille, sieltä mittauskohdalle ja sieltä takaisin savukaasukanavaan. (Electrowatt-Ekono Oy 2003.)

Kaukomittauksessa mittaus tapahtuu savupiipun suuaukon läheisyydestä. Mittaus perustuu pistemäiseen mittaukseen tai integroivaan mittaukseen. Tässä mittaus tapahtuu in situ -mittauksen tyyliä, jossa savukaasusta ei oteta näytettä. Tämä mittausmenetelmä sekä mittalaitteistot ovat kalliita. (Lappeenrannan teknillinen yliopisto 2011.)

4.2.2 Pölypitoisuuksien jatkuvatoimiset mittausmenetelmät

Pölypitoisuuksien jatkuvatoimisista mittausmenetelmistä yleisimmät ovat niin kutsutut optiset, beeta-säteilyyn ja tribosähköön perustuvat menetelmät. Näistä yleisin on optinen menetelmä, jota moni mittalaitevalmistaja käyttää mittalaitteissaan. Näitä mittausmenetelmiä esiintyy sekä in situ- sekä ekstraktiivista menetelmää hyödyntävissä mittalaitteissa.

Optisissa menetelmissä pölypartikkelit voidaan mitata erilaisia valosäteitä hyödyntäen. Optiset menetelmät ovat yleisiä in situ -menetelmää hyödyntävissä mittalaitteissa, mutta myös joitain ekstraktiivista menetelmää käyttäviä mittalaitteita on markkinoilla. Optisessa menetelmässä hyödynnetään yleensä laser- tai IR-valon vaimenemista tai valon sirontaa. Näin savukaasuissa olevat pölypartikkelit absorboivat tai sirottavat niihin osuvaa valoa. Valon sirontaa käyttävät mittalaitteet soveltuvat erinomaisesti pienille pölypitoisuuksille. (Joronen, Kovács & Majanne 2007, 115.) Koska mitattavat savukaasut sisältävät paljon erilaisia osia, on optis-

ten pintojen puhtaanapito tärkeää mittaustuloksen kannalta. Tämän takia optisten mittalaitteiden yhteydessä on puhallin, jonka ilmavirta pitää optiset linssit puhtaina mittaustoiminnan aikana. Valonsirontaa hyödyntäviä mittalaitteita on monenlaisia. Markkinoilla on sauvamaisia mittalaitteita, jotka mittaavat savukaasusta vain mittalaitteen mittausalueen pitoisuuden tai läpikanavan mittaavia mittalaitteita, jolloin valosäde lähtee kanavan toiselta puolelta mittalaitteelta saapuen kanavan vastakkaisella puolella olevaan valokennoon, josta mittaus tapahtuu. (Electrowatt-Ekono Oy 2003.)

Beeta-säteilyyn perustuva mittausmenetelmä kuuluu näytettä ottaviin eli ekstraktiivisiin menetelmiin. Menetelmässä näyte otetaan mittaustason yhdestä näytteenottopisteestä, jonka jälkeen pölypartikkelit kerätään suodatin- tai lasikuitunauhalle. Suodattimella olevan kiintoaineen pitoisuus määritetään beetasäteilyn avulla, jolloin mittalaite määrittää valitun näytteenottoajan kiintoainepitoisuuden keskiarvon. Ongelmia tässä menetelmässä on muun muassa näytepisteiden vähäisyys, koska näyte otetaan yhdestä pisteestä. Myös pölyhiukkasten kerääntyminen näytesondiin aiheuttaen sen tukkeutumisen on yksi yleisimmistä ongelmista. (Electrowatt-Ekono Oy 2003.)

Tribosähköön perustuvat menetelmät liittyvät sähkön varautumiseen. Mittausmenetelmän perustana on, että kanavassa kulkevan savukaasun pölyhiukkaset ovat sähköisesti varautuneita. Tribosähköön perustuvaa mittausmenetelmää käytetään erityisesti näytettäottavissa mittalaitteissa. Mittaustapahtumassa metallinen näytesondi asetetaan kanavaan, jolloin pölyhiukkasten varautuneisuus siirtyy näytesondiin, jolloin saadaan aikaan sähkövirran muutos. Mittalaite voi mitata joko DC tai AC virtaa. Tribosähköön perustuvat mittalaitteet ovat herkkiä pölypartikkeleiden koolle ja niiden varautuneisuudelle. Myös savukaasuvirtauksen muutokset ovat haitaksi mittaustapahtumalle, joka voi vaikuttaa mittaustulokseen. (Electrowatt-Ekono Oy 2003.)

5 KATTILAN K7:N SAVUKAASUN PÖLYPÄÄSTÖMITTAUS

Kattila K7:n jatkuvatoimisesta pölypäästömittauksesta on asetettu vaatimus laitoksen ympäristöluvassa. Ympäristöluvassa on määrätty, että laitoksen savukaasupäästöjen mittaukset täytyy olla toimintakunnossa huolehtimalla mittalaitteiden asianmukaisista huolloista, kunnossapidosta sekä kalibrointi- ja vertailumittauksista. Mittaustapahtumien täytyy myös olla laadittujen ja voimassaolevien standardien ja käytäntöjen mukaisia. Raja-arvoksi on asetettu 50 milligrammaa kuutiossa (mg/m^3). (Vamy Oy:n ympäristölupa 2005.)

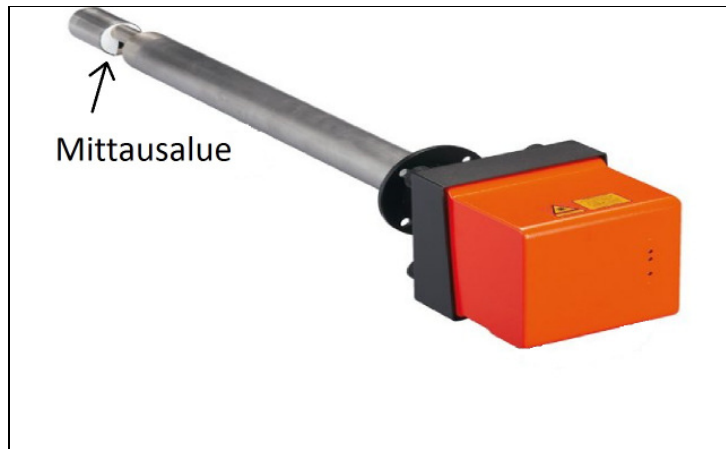
5.1 Kattila K7:n pölypäästömittauksen historia

Kattilan K7:n pölypäästöjä on aloitettu mittaamaan vuonna 2001 Oldham EP1000A mittalaitteen avulla. Mittausperiaatteena oli optista menetelmää käyttävä in situ -mittalaite, jonka avulla mittaus tehtiin savukaasukanavan koko halkaisijan leveydeltä. Mittalaitteen toiminnassa kuitenkin ilmeni huomattavia ongelmia, joten mittalaite vaihdettiin uuteen, tällä hetkellä käytössä olevaan Sick Maihakin FW101 -mittalaitteeseen, vuonna 2006. Pölypäästöjen mittalaite kuuluu osana voimalaitoksen CEMS-järjestelmään eli jatkuvatoimiseen päästömittausjärjestelmään.

5.1.1 Sick FW101 -mittalaite

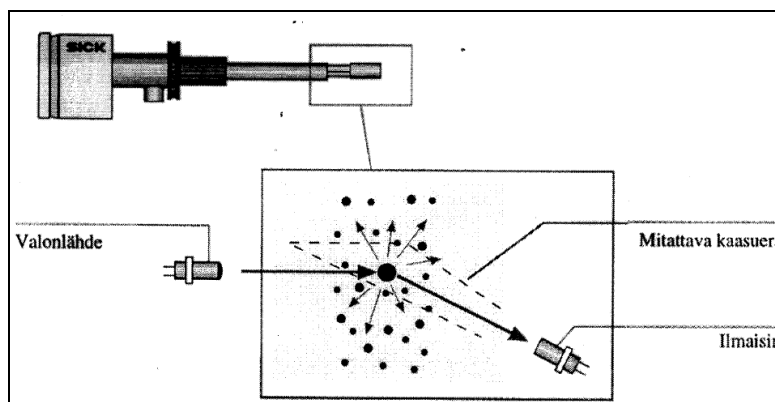
Sick FW101 -mittalaite on otettu käyttöön vuonna 2006. Sick Maihak on mittalaittevalmistajana yksi tunnetuimmista prosessiautomaation anturitekniikan valmistajista (Sick 2011a.) Sick FW101 -mittalaite täyttää standardissa EN-14181 vaaditut laadunvarmistuskriteerit.

Sick FW101 -mittalaite kiinnitetään savukaasukanavaan laipalla. Mittalaitteen mittausputken pituus on 735 millimetriä (mm) ja mitta-alue on pituudeltaan noin 100 millimetriä (mm). Kuviossa 5 on kuvattu mittalaite viistosta, ja mitta-alue on merkitty nuolella.



KUVIO 5. Sick FW101 -mittalaite, pituus 735 millimetriä (Sick Oy 2011a)

Sick FW101 -mittalaitteen toiminta perustuu valon sirontaan. Mittalaite soveltuu erityisesti pienten hiukkaspitoisuuksien mittaamiseen. Mittalaitteen laservalo suunnataan kaasuvirtaukseen läpi, jolloin sironnut valo mitataan ilmaisimen avulla. Lähetetyn laservalon säde ja vastaanottimen välinen leikkauspiste kertoo savukaasussa olevien partikkelien koon. Mitatun valon intensiteetti on suoraan verrannollinen pölypitoisuuteen. Mittalaitteen mittausperiaate on esitelty alla (kuvio 6). Mittalaite soveltuu kuiville savukaasuille, joissa ei ole vesipisaroita. (Sick Oy 2011a.)



KUVIO 6. Sick FW101 mittausperiaate (Sick Oy 2011a)

5.1.2 Mittalaitteen sijainti

Mittalaitteen tulisi sijaita savukaasukanavan sellaisella kohdalla, jossa se toteuttaisi standardin SFS-EN 15259 mukaiset vaatimukset. Mittauskohdassa savukaasun virtaus tulisi olla mahdollisimman homogeenista ja tasaista. Sen takia mittalaite tulee sijoittaa sellaiseen kohtaan, jossa toteutuu mittakohdan kannalta tärkein standardissa määrätty asia; ennen mittaustasoa pitää olla viisi kertaa kanavan hydraulinen halkaisijan ja mittaustason jälkeen kaksi kertaa kanavan hydraulinen halkaisijan etäisyys. Tämän toteutuminen on ollut ongelmana laitoksen nykyisen pölypäästömittauksen kohdalla.

Mittauskohteessa savukaasu on kuivaa kaasua, jonka lämpötila on noin 150 astetta. Savukaasussa oleva vesi on kastepisteen yläpuolella, jolloin vesi on savukaasussa höyryn muodossa eikä mittalaitteelta vaadita kostean savukaasumittauksen ominaisuuksia.

Laitoksen pölypäästömittauslaite Sick FW101 sijaitsee vaakasuorassa savukaasukanavassa laitoksen letkusuodattimen jälkeen ennen savukaasupuhaltimia ja savukaasupesuria. Mittalaitetaso sijaitsee ulkona savukaasukanavan kupeessa. Mittalaitetasolle on hyvä ja turvallinen kulkureitti. Mittalaitetaso ja nuolella merkitty mittalaitteen mittayksikkö on kuvattu kuviossa (kuvio 7). Mittalaitetasolla on myös pölypäästömittalaitteen tarvitsema puhallin, jonka avulla mittalaitteen optikat pidetään puhtaana.



KUVIO 7. Mittalaitetaso

5.1.3 Nykyisen mittaustapahtuman ongelmat ja huoltotoimenpiteet

Nykyisessä mittaustapahtumassa on monia epäkohtia eikä mittaus ole toiminut halutunlaisesti. Pääasiassa näiden seikkojen takia tämä työ on erityisen tärkeä laitoksen mittaustapahtuman kehityksen kannalta. Työn aloituksen jälkeen tärkeintä oli kartoittaa mittauksen, laitteen, tapahtuman ja paikan ongelmat.

Aluksi oli selvitettävä, mitä ongelmia mittalaitteen toiminnassa oli ollut ennen työn aloittamista. Alkupalaverissa selvisi, että nykyinen mittalaite ei ollut läpäissyt vuosittaisia AST-testejä vuosina 2009 ja 2010. Vuonna 2008 AST-testi läpäistiin asianmukaisesti. Laajempi vertailutesti QAL 2 -testi on tehty tammikuussa 2007. Viimeisessä, vuonna 2010, tehdystä AST-mittauksessa selvisi, että laitoksen tulos oli 96 prosenttia alhaisempi kuin vertailumittaajan sama mittaustulos (Orava 2011).

Näiden tietojen pohjalta aloimme tarkastella mittalaitteen mahdollisia ongelmia. Saimme selville kolme mahdollista syytä, minkä takia mittalaitteen mittaustapahtumassa on ollut ongelmia. Ensimmäisen syy oli mittalaitteen likaisuus. Mittalaitteen likaisuus on voinut estää mittaussuuttimien liikettä mittauksen aikana. Mittalaitteen puhtaudesta on huolehdittava säännöllisesti toimivan mittauksen takaamiseksi. Tässä oli ollut puutteita, joten ensimmäiseksi mittalaite puhdistettiin

voimalaitoksen oman kunnossapitoryhmän, ABB:n automaatioasentajien, toimesta.

Toiseksi mahdolliseksi syyksi ilmeni mittalaitteen mittausoptiikkojen likaisuus. Mittalaitteen mittausoptiikat tulee olla siinä kunnossa, että valosignaali pääsee lähtemään ja saapumaan mittausoptiikoihin ilman esteitä. Mittausoptiikoiden puhtaanapito on tärkeää mittauksen kannalta. Puhtautta ylläpidetään puhaltimen avulla, jolloin ilmaa puhalletaan mittausoptiikoille. Ilmavirtaus pitää optiikat puhtaina likapartikkeleista. Mittalaitteelle on asetettu määrä, jonka verran ilmaa pitäisi mittalaitteille puhalttaa. Liiallinen ilmavirta voi ajaa pölypartikkelit pois mittausalueelta, jolloin mittaustulosta ei välttämättä saada. Sick Oy:n huoltoinsinööri on asettanut käytetylle Sick FW101 -mittalaitteelle tavoite ilmavirtauksen, joka on 5-10 kuutiota tunnissa (m^3/h) (Välikangas 2010). Ilmavirtauksen tulee olla jatkuvaa, jotta taukojen aikana likapartikkelit eivät jämähtäisi mittausoptiikoille. Ilmavirtaus on välttämätön mittaustuloksen oikeellisuuden kannalta.

Tarkasteluissa huomattiin, että mittalaitteen yhteydessä oleva ilmapuhallin on saattanut puhalttaa liian paljon ilmaa mittausoptiikoille. Koska ilmapuhaltimen puhaltamasta ilman määrästä ei oltu varmoja, hankittiin puhaltimen yhteyteen rotametri. Rotametrin avulla säädettiin ilmavirtaus tavoitearvoon, joka oli 5-10 kuutiota tunnissa (m^3/h) ilmaa (Välikangas 2010). Näistä toimenpiteistä huolimatta, mittalaitetta ei saatu toimimaan, joten mittalaitte lähetettiin huoltoon mittalaittevalmistajalle. Mittalaitteen huollon yhteydessä löydettiin mittalaitteen sisältä lika, joka esti mittalaitteen vastaanotto-optiikan liikkumisen. Mittalaitteelle tehtiin vaadittavat puhdistustoimenpiteet, minkä jälkeen mittalaitte lähetettiin takaisin voimalaitokselle toimintakykyisenä. Huoltotoimenpiteiden jälkeen mittalaitte sijoitettiin takaisin mittauskohteeseen, jossa se toimi parin viikon ajan moitteettomasti. Mittalaitteen sähkönsyötöissä kuitenkin ilmeni ongelmia näiden viikkojen aikana, joten päätettiin paikalle kutsua mittalaittevalmistajan Sick Oy:n huoltoinsinööri tekemään paikanpäälle huolto- ja tarkastustoimenpiteitä.

Mittalaittevalmistajan huoltoinsinööri teki mittalaitteelle huoltotoimenpiteitä, jossa tarkasteltiin mittalaitteen toimintaa mittauksen aikana, automaattitarkastuksia ja

mittaustulosta. Selvisi, että mittalaitteen kalibrointifunktio ei pitänyt paikkaansa eli funktiossa olevat kalibrointikertoimet olivat väärät. Esimerkiksi tämän takia, mittaustulos on eronnut vuonna 2010 tehdystä AST-mittauksesta. Selvisi myös, että mitta-alue on vaihdellut mittalaitteen ohjelmiston ja voimalaitoksen valvontaohjelman välillä. Huoltotoimenpiteiden jälkeen huoltoinsinööri suositteli tilaamaan uuden QAL 2-tarkastelun, jotta kalibrointifunktio- ja kertoimet saataisiin päivitettyä. Huoltotoimenpiteiden jälkeen mittalaitteen käyttöä jatkettiin laitoksella, vaikka mittaustulos oli virheellinen. Sovittiin, että jos mittalaitteessa ilmenee ongelmia vielä huoltojen jälkeen, lähetetään mittalaite huoltoon mittalaitevalmistajalle Saksaan, ja varalaitteeksi toimitetaan mittalaitevalmistajalta samanlainen laite samanlaisin säädöin. Näin toimittiin, koska mittalaite ei lähtenyt toimimaan huoltotoimenpiteistä huolimatta.

Mittaustapahtuman toimintaa vaikuttaa erityisesti myös mittausta paikka. Nykyinen mittausta paikka ei ole standardin SFS-EN 15259 mukainen. Syynä tähän on erityisesti se, että standardissa vaadittua suoraa osuutta ei ole mittalaitetta ennen eikä jälkeen. Mittalaitteen nykyisen sijoituspaikan lähetyvillä on mutka, joka voi olla häiriöksi savukaasun virtaukselle. Myös mittausta paikan ongelmat voivat heijastua mittalaitteen toimintaa, jolloin mittaustapahtumalle tehtävien standardin SFS-EN 14181 mukaiset tarkastelujen tulokset saattavat olla viallisia. Tämän takia voimalaitoksella on suunniteltu mittalaitteen vaihtoa toiseen kohteeseen, jossa savukaasun virtaus olisi häiriötöntä.

6 MITTAUSTAPAHTUMAT KEHITYSSUUNNITELMAN VAIHTOEHDOT

Työn tavoitteena oli myös kartoittaa mahdolliset kehityssuunnitelmat mittaustapahtumalle mittalaitteen toiminnan tarkastuksen lisäksi. Koska mittauspaikka ja – tapahtuma eivät ole standardien SFS-EN 14181 ja SFS-EN 15259 mukaiset, oli erityisen tärkeää kartoittaa voimalaitoksen muut mahdolliset mittauskohteet pölypäästömittaukselle. Käytettävän mittalaitteen ongelmat myös johtivat siihen, että tarkasteltiin muiden mittalaitetoimittajien tarjoamia mittalaitetekonaisuuksia.

Seuraavassa esittelen kolme ratkaisuehdotusta mittaustapahtumalle. Ratkaisussa 1 ja 2 käsitellään nykyisen Sick FW101 -mittalaitteen käyttömahdollisuutta. Ratkaisussa 3 tarkastellaan mahdollisuutta hankkia uusi mittalaite nykyisen mittalaitteen rinnalle. Ratkaisussa 3 tarkastellaan Sick FWE200 -mittalaitetta, jonka mittausperiaate on samanlainen kuin nykyisen Sick FW101 -mittalaitteen. Lisäksi ratkaisun 3 yhteydessä on käsitelty paria muuta mittalaitetta lyhyesti. Ratkaisuehdotuksissa on käsitelty mittalaitetta ja mittauspaikkaa, budjettia sekä ratkaisun plussia ja miinusia.

6.1 Ratkaisu 1: Jatketaan vanhan mittalaitteen käyttöä vanhassa kohteessa

Ratkaisussa 1 on kartoitettu vanhan mittalaitteen käyttöä vanhassa mittauskohteessa. Vaikka mittauspaikka ei olekaan standardien SFS-EN 14181 ja SFS-EN 15259 mukainen, voidaan ottaa riski ja jatkaa mittalaitteen käyttöä tässä kohteessa. Ongelmaksi kuitenkin voi nousta se, että vertailumittaja eivät suostu tekemään vertailumittauksia tähän kohteeseen, koska mittaustulosten laadusta ei voi olla varmuutta. Tiedustelujen jälkeen kukaan mittalaittevalmistajasta ei tarjoaisi uutta mittalaitetta tähän kohteeseen. Vanhan mittalaitteen käyttö olisi ainut vaihtoehto, jos mittaus haluttaisiin säilyttää vanhassa kohteessa.

Mittauksen säilyttämisen edellytyksenä ovat lisättävät huoltotoimenpiteet. Aikaisemmin jatkuvia huoltotoimenpiteitä on ollut vähän, joten niiden lisääminen on yksi tärkeimmistä asioista. Mittalaitteen huollon täytyy olla jatkuvaa ja säännöllis-

tä, noin 1,5 tuntia kuukaudessa. Mittalaitteen huollolle voitaisiin määrätä joku tietty päivä, esimerkiksi joka kuun viimeinen arkipäivä. Mittalaitteen käytönai-kaista seuranta eli QAL 3 -tarkastelua on myös lisättävä. Mittalaitteen nollapiste-teen tarkastus on ajastettava esimerkiksi kahdeksan tunnin välein, jotta mittalait-teen mahdolliset nollapisteen muutokset huomataan välittömästi. Tämä kuitenkin vaatii voimalaitoksen käyttöhenkilökunnalta kiinnostusta ja seuranta mittausta kohtaan.

Jos mittalaitteen käyttöä vanhassa mittakohteessa jatketaan, on sille suoritettava uusi QAL 2 -mittaus, koska mittalaite ei ole läpäissyt AST-mittauksia. Uudessa QAL 2 -tarkastelussa saadaan mittalaitteelle uusi kalibrointifunktio ja kalibrointi-kerroimet. Näin mittaustulos muuttuisi totuudenmukaisemmaksi kuin ennen QAL 2 -tarkastelua. Koska laitoksen pölypäästöt ovat pieniä, on huomioitava standar- dissa SFS-EN 14181 oleva kohta ”pienet pitoisuudet”. Kohta ”pienet pitoisuudet” käsitellään työn kappaleessa 3.3.2 QAL 2. Voimalaitokselle tehtävässä QAL 2 - tarkastelussa pienten pitoisuuksien helpotukset tulosten laskennassa kannattaa ottaa huomioon.

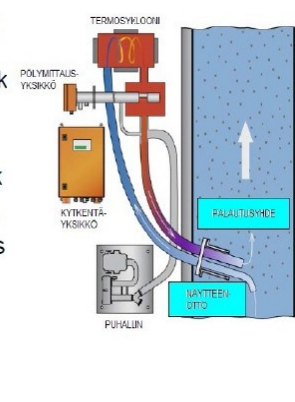
Ratkaisun 1 etuja on muun muassa vanhan mittalaitteen käyttömahdollisuus. Sääs- tyttäisiin uuden mittalaitteen hankinnalta, koska todennäköisesti perusteellisen mittalaitevalmistajan tekemän huollon jälkeen mittalaite olisi taas toimintakun- nossa. Mittalaitteelle tehdyt instrumentoinnit ja mittatasot voitaisiin hyödyntää, jos mittalaite säilytettäisiin vanhassa kohteessa. Mittalaitteen säilyttäminen van- hassa paikassa voi kuitenkin tuoda ongelmia viranomaisten tarkastelun ja vertai- lumittausten osalta, koska mittaustapahtuma ei ole standardien SFS-EN 14181 ja SFS-EN 15259 mukainen. Vaikka mittalaite on aikaisemmin saatu asentaa kysei- seen kohteeseen, voi olla että kiristyvät tarkastelut tulevat tulevaisuudessa ongel- maksi, jos mittalaitetta ei siirretä sopivampaan paikkaan. Näitä asioita punnittaes- sa olisi suotavaa siirtää mittalaite uuteen kohteeseen, jossa sillä olisi paremmat toimintaedellytykset.

6.1.1 Huoltotoimenpiteet

Pölypäästömittauksen kehityksen yhteydessä kartoitettiin myös vaadittavia huoltotoimenpiteitä nykyiselle Sick FW101 sekä ratkaisussa 3 esitettävälle Sick FWE200 -mittalaitteelle. Jatkettaessa nykyisen mittalaitteen käyttöä on mittalaitteelle lisättävä huoltotoimenpiteitä. Nykyistä mittalaitetta ei ole aikaisemmin erityisesti huollettu, mikä voi olla osasyynä mittalaitteen huonoon toimivuuteen. Työn aikana selvitettiin mittalaittevalmistaja Sick Oy:n ehdottamat huoltotoimenpiteet aikaväleineen, jotka on esitelty seuraavaksi (kuvio 8).

Huolto ja tarkastukset FWE200:

- Silmämääräinen tarkastelu: letkujen kunto, letkujen asettelu, suodattimen likaisuus, optiikan likaisuus, virtauksen paine-ero, 3kk
- Näytelinjojen puhdistus (paineilma tai vesihuuhtelu), 3 – 12 kk
- Ejektorin puhdistus (haalea vesi), 3 – 12 kk
- Anturin irroitus ja optiikan puhdistus, 12 kk
- Termosykloonin ja mittakammion puhdistus sekä lineaarisuustarkastus (SICK huoltoinsinööri), 12 kk
- Puhaltimen suodattimen vaihto 12 kk
- Huoltoajan kesto, jossa suoritetaan kaikki huoltotoimenpiteet n. 1 – 1,5 tuntia



The diagram illustrates the FWE200 dust emission measurement system. It features a vertical measurement chamber with an upward-pointing arrow indicating the flow of air. Key components are labeled: 'TERMOSEKLOONIN' (thermosyclone) at the top, 'POLYMITTALUSYKSIKKÖ' (poly-measuring unit) on the left, 'KYTKENTÄYKSIKKÖ' (control unit) below it, and 'PUHALTIMI' (blower) at the bottom left. On the right side, 'RAUHAUTUSYHDY' (silencing unit) and 'NÄYTTEEN OTTO' (sampling) are indicated. The diagram shows the flow of air from the blower through the control unit, the measuring unit, and the silencing unit into the measurement chamber.

KUVIO 8. FWE 200 -mittalaitteen huolto ja tarkastukset (Sick Oy 2011a)

Laskennan mukaan toimenpiteisiin täytyy varata aikaa kuukaudessa noin 1,5 tuntia. Kunnossapitopalveluita tarjoava Abb Oy:n tuntitaksa on noin 56 euroa tunnilta (En 2011), jolloin huoltotoimenpiteet tulevat maksamaan vuodessa noin 1000 euroa. Huoltotoimenpiteitä voi hyödyntää nykyiselle Sick FW101 -mittalaitteelle, koska mittausperiaate on sama kuin ratkaisussa 3 esiteltävässä Sick FWE200 -mittalaitteessa. Sick FW101 -mittalaitteen huollosta jää pois kuitenkin näytelinjoihin sekä termosykloonin liittyvät puhdistustoimenpiteet.

6.1.2 Budjetti

Ratkaisun 1 budjettiin olen ottanut huomioon mittalaitteen vuosittaiset huoltotoimenpiteet, vuosittaiset AST-mittaukset sekä kerran tehtävä QAL 2 -mittauksen. Budjetissa ei ole huomioitu mittalaitteen huoltotoimenpiteitä, jotka on suoritettu opinnäytetyön tekemisen yhteydessä. Budjetti on esitelty ohessa olevassa taulukossa (taulukko 3).

TAULUKKO 3. Budjetti

Tapahtuma	Milloin	Hinta	Kuka
Huoltotoimenpiteet	Jatkuvaa, noin 1,5 tuntia kuukaudessa	Noin 1000 € vuodessa	Laitoksen oma kunnossapitoryhmä, ABB Oy:n automaatioasentajat
Huoltokäynti	1-2 kertaa vuodessa ennen vuosittaisia AST-mittauksia tai QAL 2-mittauksia	Noin 1000 € per käynti	Mittalaittevalmistajan edustaja, tässä tapauksessa Sick Oy
Vuosittainen AST-mittaus	Kerran vuodessa	Noin 3500 €, ainoastaan pölypäästöille	Päästömittauslaboratorio Envimetria Oy
QAL 2 -mittaus	Enintään viiden vuoden välein	Noin 6940 €, ainoastaan pölypäästöille	Päästömittauslaboratorio Envimetria Oy
			KOKONAISHINTA: Vuodessa noin 5500 €, lisäksi kerta QAL 2-testi 6940 € eli yhteensä noin 12 500 €

6.2 Ratkaisu 2: Siirretään vanha mittalaite uuteen kohteeseen

Voimalaitoksen tulevaisuuden ollessa epävarma, katsoin parhaaksi selvittää vanhan mittalaitteen käyttömahdollisuudet uudessa kohteessa. Tällöin säästyttäisiin uuden mittalaitteen hankinnalta, joka olisi ehdottomasti suurin menoerä mittaustapahtuman kehityksessä. Vanhan mittalaitteen käyttömahdollisuus edellyttää kuitenkin sitä, että mittalaite saadaan toimintakuntoiseksi huoltotoimenpiteiden jälkeen.

Standardien mukaisen kohteen löytäminen ei ollut kovin vaikeaa, koska soveltuvia kohteita ei laitoksella ollut montaa. Nykyinen mittalaite sijaitsi savukaasukanavassa letkusuodattimien jälkeen ennen savukaasupesuria ja -puhaltimia. Ensiksi tarkastettiin savukaasukanava, jos mittalaitetta siirrettäisiin kanavan muulle osalle. Tämä ei kuitenkaan ollut mahdollista, koska standardissa vaadittua suoraa osuutta ei löytynyt tarpeeksi. Mittalaitteelle lähdettiin etsimään sijoituspaikkaa savupiipussa olevasta ohituspiipusta. Ohituspiippuun johdetaan osa savukaasuista, joita ei ohjata savukaasupesuriin.

Ohituspiipussa savukaasu on samanlaisessa koostumuksessa kuin aikaisemmassa mittaushkohteessa. Savukaasun lämpötila ohituspiipussa on noin 150 astetta eikä siinä ole vesipisaroita. Mittauskohteeseen soveltuu kuiville savukaasuille tarkoitettut mittalaitteet, tässä tapauksessa nykyisen mittalaitteen käyttö on kohteessa mahdollinen.

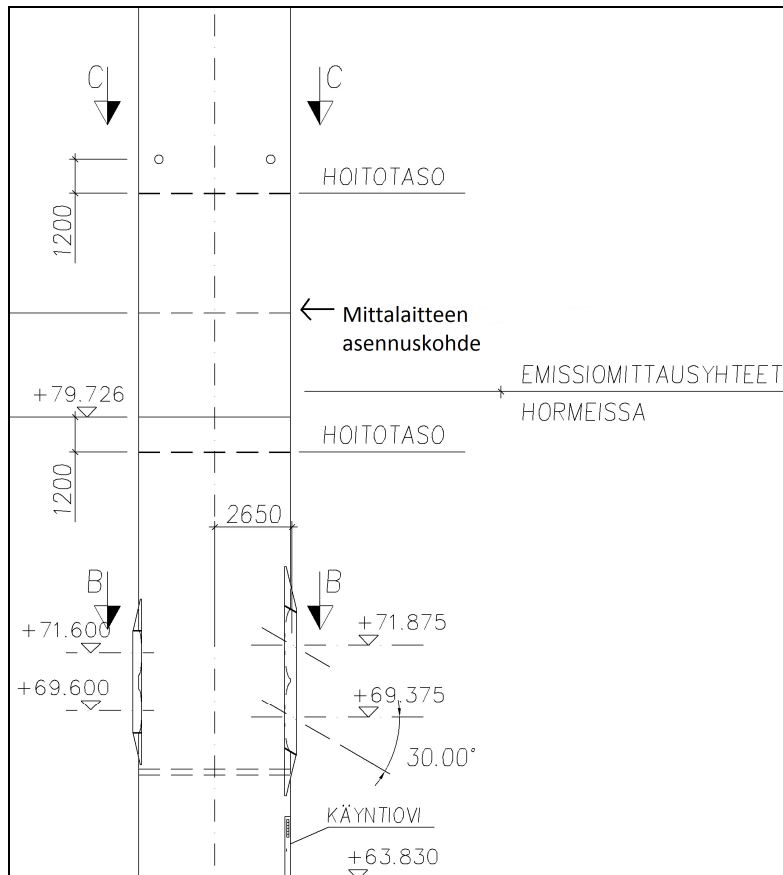
Ohituspiipun valitsin mittaushkohteeksi siksi, että suorassa piipussa savukaasun kulkeminen on tasaista; kaasu pysyy homogeenisena eikä häiriöitä synny kanavan mahdollisista muutoksista, puhaltimista tai muista vastaavista rakenteista. Ohituspiipun kupeesta löydettiin tarkastelun jälkeen mittalaitteelle soveltuva kohde piipun huoltotasolta. Kohteessa oli valmiiksi laipallinen yhde (kuvio 9), johon nykyinen mittalaite on mahdollista asentaa.



KUVIO 9. Laipallinen yhde

Standardin SFS-EN 15259 tärkein kriteeri mittaustaikalle oli suoran osuuden riittävyys. Mittauskohteessa ennen mittaustasoa etäisyyden pitää olla viisi kertaa kanavan hydraulinen halkaisija ja mittaustason jälkeen viisi kertaa kanavan hydraulinen halkaisija, koska savukaasukanava, piippu, johtaa suoraa taivaalle. Jos mittalaite sijaitsee liian lähellä piipun päätä, voisi ulkoa pääsevä ilma sekoittaa mittaustapahtumaa. Ohituspiipun halkaisija on 1850 millimetriä. Kanavan hydraulinen halkaisija on sama kuin kanavan halkaisija, ja laskutoimituksen jälkeen mittalaitetta ennen ja jälkeen olevan suoran osan pituudeksi saadaan 9280 mm laskulla $5 * 1850 \text{ mm} = 9280 \text{ mm}$. Oheisessa piipun piirustuksessa (kuvio 10) mittalaitteen asennuskohta on merkitty nuolella.

Mittalaitteen asennuskohteeseen vievät kierreportaat ovat kiinteä ja turvallinen kulkureitti kohteeseen. Asennuskohde on myös hyväksytty Sick Oy:n huoltoinsinöörin toimesta. Kohde soveltuu hyvin Sick FW101 -mittalaitteen asennukselle, ja Suomessa kyseinen mittalaite on toiminnassa monissa vastaavanlaisissa kohteissa (Välikangas 2010).



KUVIO 10. Mittalaitteen asennuskohde (Vamy Oy 2010)

Asennuskohteen instrumentoinnissa oli hiukan puutteita; tarvittavia sähkön- ja signaalinsyöttöjä ei ollut, mutta niiden asentaminen kohteeseen ei tule ongelmaksi. Mittalaitteelle tarvitaan toimiakseen sähkö- ja signaalisyötöt sekä optiikkojen puhaltamiseen puhaltimelle tulevan ilmavirran. Täydellisten instrumentointien asentaminen kohteeseen maksaa töineen ja tarvikkeineen noin 10 000 euroa (En 2011). Vertailumittausten kannalta mittauskohteen läheisyydestä löytyi myös niille soveltuva paikka, koska vertailumittaukset on aikaisemminkin suoritettu ohituspiipusta.

Mittalaitteen siirron jälkeen mittalaitteelle täytyy suorittaa QAL 2 -vertailumittausstandardin SFS-EN 14181 mukaisesti. Oletetaan että savukaasun pölypäästöpitoukset pysyvät pieneten pitoisuuksien määritelmän, alle 10 milligrammaa kuutiosta (mg/m^3), alapuolella, jolloin QAL 2 -mittaus suoritetaan vain kerran. Mittalaitteen asennuksen jälkeen mittalaitteelle suoritetaan kuukausittain huoltotoimenpi-

teitä noin 1,5 tunnin ajan. Vuosittain mittalaitteelle tilataan huoltokäynti mittalaittevalmistajalta, ja se yleensä suoritetaan ennen vuosittaista AST-mittausta. Huoltokäynti maksaa noin 1000 euroa per kerta (En 2011).

Mittaustapahtuman onnistuminen ohituspiipussa täytyy taata jatkuvan virtauksen avulla. Koska savukaasuja ajetaan sekä savukaasupesurin että ohituspiipun kautta taivaalla, on huomioitava mittauskohteen jatkuva virtaus. Savukaasupesurin kautta johdetaan vähintään 60 prosenttia laitoksen savukaasuista (Vamy Oy: ympäristölupa 2005). Vaikka oletetaan että savukaasu on puhtaampaa savukaasupesurin jälkeen, jätetään pesurin puhdistusteho huomioimatta mittauksista raportoitaessa viranomaisille. Koska voimalaitoksen pitoisuudet ovat alun alkaenkin pieniä, voidaan olettaa, että ohituspiipun mittaukselliset tulokset ovat säädetyn luparajan alapuolella.

Yleensä virtaus ohituspiipussa on jatkuvaa. Poikkeustapauksissa, esimerkiksi Specialty Minerals Oy:n tarvittaessa paljon savukaasuja, ohituspiipun savukaasun virtaus voi olla pientä. Jatkuvan virtauksen takaamiseksi ohituspiipun ajopellit on säädettävä niin, että piippuun ohjautuu jatkuvasti osa savukaasuista. Ohituspiipun pellin aukiolon voisi säätää kattilan ajotilan yhteyteen, jolloin savukaasun määrän mukaan pellin aukio voisi vaihdella 15 – 100 prosentin välillä (Orava 2011).

Ratkaisu 2:n hyvissä puolissa on paljon samoja asioita kuin ratkaisussa 1; pystytään käyttämään vanhaa mittalaitetta ja näin säästetään uuden mittalaitteen hankinnalta. Ratkaisu 1 verrattuna ratkaisu 2 on standardien mukainen, vaikka instrumentointiin joudutaan budjetoimaan rahaa, mitä ratkaisussa 1 ei tarvitsisi tehdä. Laitteen huoltotoimenpiteet, vertailumittaukset ja huoltokäynnit ovat ratkaisussa 1 sekä 2 yhtenäiset. Ratkaisu 2:n budjetti on muuten sama kuin ratkaisussa 1. Ratkaisun 2 budjettiin on ainoastaan lisätty instrumentoinnin hinta, joka on noin 10 000 euroa sisältäen työn ja tarvikkeet (En 2011). Ratkaisun 2 yhteishinnaksi tulee 22 500 euroa.

6.3 Ratkaisu 3: Uuden mittalaitteen hankinta vanhan mittalaitteen rinnalle

Myllykosken voimalaitoksen kahden piipun systeemi on erittäin harvinainen ratkaisu. Muita vastaavanlaisia voimalaitoksia ei ole, joista voisi ottaa käytännön-mallia pölypäästömittausten suhteen. Tulevaisuudessa on mahdollista, että viranomaisvaatimukset muuttuvat niin, että voimalaitoksen kumpaankin piippuun vaaditaan oma mittalaitteisto.

Ratkaisu 3:ssa käsitellään uuden mittalaitteen hankintaa vanhan mittalaitteen rinnalle. Ratkaisu 3:ssa sovellettaisiin ratkaisu 2:sta sillä tavoin, että nykyinen mittalaite sijoitettaisiin ohituspiippuun ratkaisu 2:n mukaisesti. Tämän lisäksi savukaasupesurin jälkeiseen piippuun hankittaisiin uusi mittalaite, josta on kerrottu tarkemmin seuraavissa kappaleissa.

Savukaasupesurin jälkeisessä piipussa savukaasun lämpötila on laskenut pesurin prosessin jälkeen noin 50 asteeseen. Eroa on ohituspiipun savukaasun lämpötilaan noin 100 astetta. Ohituspiipussa virtaa kuivaa savukaasua, kun savukaasupesurin jälkeinen savukaasu lasketaan kosteaksi kaasuksi, koska savukaasussa oleva vesi on kaasussa pisarana. Tämän takia kohteeseen tarvitaan kosteille savukaasuille soveltuva mittalaite.

Työn aikana kartoitin mittalaitevalmistajien vaihtoehtoja kosteiden savukaasujen mittaukseen. Tarkastelun alla oli pääasiassa kaksi mittalaitetta; DR. Födisch:en PFM97 ED sekä nykyisen mittalaitteen toimittanut Sick Oy:n FWE200 -mittalaite. DR. Födisch:en PFM 97ED kosteille savukaasuille tarkoitettu mittalaite on käytössä Vattenfall Oy:n voimalaitoksella Hämeenlinnan Vanajalla, ja sen takia saman mittalaitteen käyttöä olen kartoittanut Myllykosken voimalaitokselle.

DR. Födisch:en PFM97ED on näytettä ottava kosteille savukaasuille tarkoitettu pölyhiukkasten mittalaite (Isoviita 2011). Mittausperiaatteena on tribosähkö, jota on tarkemmin esitelty kappaleessa 4.2.2. Vattenfall Oy:n Vanajan voimalaitoksella on ollut käytössä kyseinen laitteisto sijoitettuna savukaasupesurin jälkeen savu-

piippuun. Kustannuksiltaan DR.Födisch:en PFM97ED on samaa luokkaa kuin esitelty Sick FWE200-mittalaite.

DR.Födisch:en ja Sick Oy:n lisäksi tarkastelin PCME:n tarjoamia mittalaitteistoja. Sillä ei ollut tarjota tällä hetkellä mittalaitetta kosteille savukaasuille, mutta vuonna 2011 PCME on lanseeraamassa uutta mittalaitteistoa kosteille savukaasuille (Isoviita 2011.) Projektin aikana on harkittu mahdollisuutta siihen, että PCME toimittaisi Vamy Oy:lle mittalaitteen kokeiluun. Tällöin mittalaitevalmistaja voisi testata mittalaitetta oikeissa toimintaolosuhteissa. Näin hyöty olisi molemminpuolinen; PCME saa tietoa mittalaitteensa toimivuudesta oikeissa olosuhteissa ja Vamy Oy voisi käyttää mittalaitetta kosteiden savukaasujen pölypitoisuuksien seurannassa.

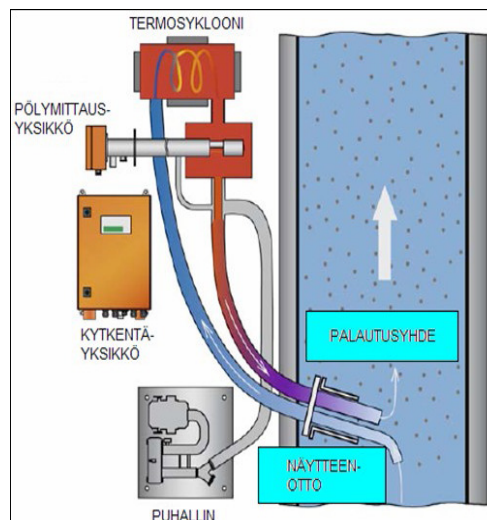
Lähempään tarkasteluun päätettiin ottaa Sick Oy:n tarjoama laitteisto, koska näin voitiin helpommin yhdistää nykyisen ja uuden laitteen käyttäminen. Samalta valmistajalta tulevat laitteet ovat toiminnaltaan samankaltaiset ja huoltotoimenpiteet yhtäläiset. Näin myös mittalaitetoimittajien määrä ei laitoksella lisääntyisi, jos mittalaite valittaisiin jo olemassa olevalta yhteistyökumppanilta. Myös mittalaitteiden toimintojen ohjaaminen ja säätäminen on helpompaa, kun kummatkin Sick Oy:n mittalaitteet käyttävät samaa MEPA-tietokoneohjelmistoa (Välikangas 2010).

6.3.1 Sick FWE200 -mittalaite

Sick FWE200 -mittalaite soveltuu kosteiden savukaasujen mittaukseen savukaasukanavasta (kuvio 11). Sick FWE 200 -mittalaite on ekstraktiivinen eli näytettä ottava mittalaite, joka lämmittää mitattavan kaasun ennen mittausta. Pölymittauksen menetelmä on optisiin menetelmiin kuuluva laservalon sironta. Mittalaite täyttää standardin SFS-EN 14181 vaaditut jatkuvasti mittaavan pölymittauksen laadunvarmistuskriteerit. (Sick Oy 2011a.)



KUVIO 11. Sick FWE 200 (Sick Oy 2011a)



KUVIO 12. Mittausmenetelmä (Sick Oy 2011a)

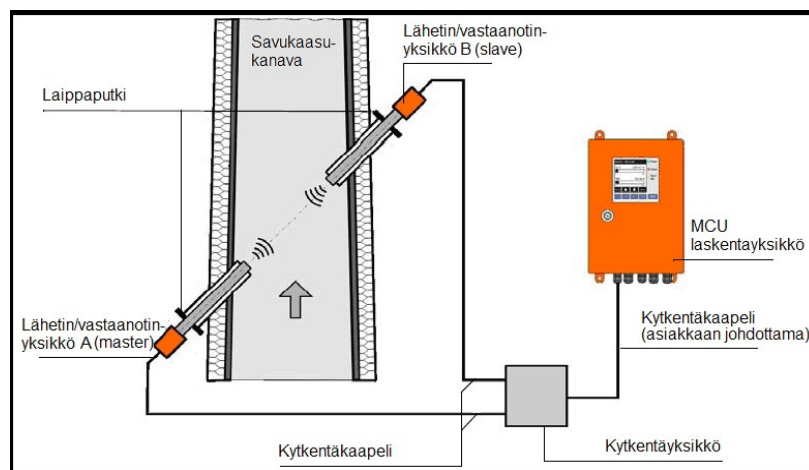
Sick FWE200 -mittalaitteen toimintaperiaate on kanavasta näytettä ottava mittausmenetelmä (kuvio 12). Kuviossa merkitty pölymittausyksikkö on Sick FW101 -mittalaite. Eroa on ainoastaan se, että kuivien savukaasujen mittalaite Sick FW101 mittaa näytteen suoraan savukaasukanavasta kun kosteiden savukaasujen mittalaite Sick FWE200 ottaa näytteen savukaasukanavasta, lämmittää näytteen savukaasun, minkä jälkeen mittaus tapahtuu. Mittauksen jälkeen näyte palautuu kanavaan.

Hankittava Sick FWE200 sijoitettaisiin savukaasupesurin jälkeiseen piippuun samalle tasolle kuin ratkaisu 2:ssa esitelty nykyinen Sick FW100 -mittalaite. Mittalaitteiden sijainti samalla hoitotasolla helpottaa huomattavasti mittalaitteiden huoltotoimenpiteitä. Savukaasupesurin jälkeisessä piipussa on ohituspiipun tavoin valmiina laipallinen yhde, johon mittalaite pystytään asentamaan. Ratkaisun 2 tavoin ratkaisun 3 asennuskohteesta puuttuu instrumentoinnit. Instrumentoinnin asentaminen kahdelle mittalaitteelle maksaa noin 10 000 euroa (En 2011). Vaikka ratkaisua 3 ei otettaisi käytäntöön voimalaitoksella, voitaisiin laitokselle asentaa ratkaisun 2 yhteydessä valmiudet kahdelle mittalaitteelle. Tällöin instrumentoinnit olisivat valmiina tulevaisuuden varalta, jos joskus päätettäisiin hankkia kosteiden savukaasujen mittauslaitteisto ratkaisu 3:ssa esitellyn tapaan.

Mittalaitteiden asennusten jälkeen mittalaitteille on teetettävä QAL 2-vertailumittaus. QAL 2 -mittauksen voidaan olettaa olevan ainut, koska mittaustulokset tulevat olemaan pieniä. Tämän jälkeen riittää kun mittalaitteille tehdään vuosittain AST-vertailumittaukset. Koska kyseessä on kaksi eri mittalaitetta, vertailumittaukset ovat hinnakkaampia kuin yhden mittalaitteen tuomat mittauskustannukset. Myös huoltotoimenpiteiden kulut kaksinkertaistuvat.

6.3.2 Virtausmittauksen uusiminen

Ratkaisu 3:sta käyttöönottaessa voidaan harkita voimalaitoksen virtausmittauksen uusimista. Käytettäessä kahta mittalaitetta saadaan kaksi mittaustulosta, joiden yhdistäminen päästölaskentaa varten voi olla hankalaa. Tarkkaa tietoa mitattavan savukaasun määrästä kummassakin piipussa ei tällä hetkellä saada, koska voimalaitoksen virtausmittauksen tarkkuudesta ei ole tarkkaa tietoa. Virtausmittauksen uusiminen kumpaankin piippuun saattaa tulla tällöin ajankohtaiseksi. Tämän takia on tarkasteltu myös virtausmittauksen uusimista lyhyesti. Virtausmittalaitteeksi soveltuisi esimerkiksi pölypäästömittalaitteiden toimittajan Sick Flowsic 100 -mittalaitesarja. Mittausperiaate perustuu ultraäänen kulku-aikaeroon (kuvio 13) (Välikangas 2010).



KUVIO 13. Sick Flowsic 100-mittalaitteen mittausperiaate (Sick Oy 2011b)

Virtausmittauksen budjetti on koottu alla olevaan taulukkoon (taulukko 4). Virtausmittauksen instrumentointi maksaa noin 2000 euroa (En 2011). Mittalaitteen asennuksen jälkeen mittalaitteelle on suoritettava tarkastusmittaus ulkopuolisen mittalaboratorion puolesta. Tarkastusmittauksen hinta on noin 10 000 euroa kahdelle mittalaitteelle (Orava 2011).

TAULUKKO 4. Virtausmittauksen budjetti

Sick Flowsic 100-mittalaite, 2 kpl	10 500 euroa kappale, yhteensä 21 000 euroa
Instrumentointi	noin 2000 euroa
Mittalaitteiden tarkastusmittaus	noin 10 000 euroa
	Kokonaishinta: noin 33 000 euroa

6.3.3 Budjetti

Budjetissa (taulukko 5) on käsitelty uuden Sick FWE200 -mittalaitteen hankintaan liittyvät kulut. Lisäksi budjettiin on lisätty vanhan mittalaitteen siirtämiseen ohiutuspiippuun liittyvät kulut sekä vanhan mittalaitteen huoltokustannukset.

TAULUKKO 5. Budjetti

Tapahtuma	Hinta
Sick FWE 200-mittalaite	44 900 euroa
Sick FWE 200-mittalaitteen mittaussyh- teiden lämmitys ja eristys	2 700 euroa
Instrumentointi kahdelle mittalaitteelle	noin 10 000 euroa
Kahden mittalaitteen huoltokustannuk- sen vuodessa	noin 2 000 euroa
Huoltokäynti per käyntikerta	noin 1 000 euroa
Vuosittainen AST-mittaus kahdelle mittalaitteelle ja ainoastaan pölymitta-	noin 6 000 euroa

ukselle	
QAL 2-testi kahdelle mittalaitteelle ja ainoastaan pölymittaukselle	noin 10 000 euroa
Virtausmittauksen uusinta (vapaaehtoinen)	noin 33 000 euroa
	Kokonaiskustannukset: 109 600 euroa (sisältää virtausmittauksen uusinnan)

Ratkaisun 3 hyvä puoli on erityisesti tarkat mittaustulokset. Mittalaitteiden sijainti kummassakin piipussa antaisi tarkkoja mittaustuloksia ilmaan pääsevistä pölypäästöistä. Tuloksien avulla voitaisiin myös seurata savukaasupesurin toimintaa. Savukaasupesurin jälkeisen mittauksen tulosten avulla nähtäisiin savukaasupesurin muutokset verrattuna ohituspiipun mittaustuloksiin. Näin saataisiin reaaliaikaista tietoa savukaasupesurin puhdistustehosta. Ratkaisua 3 sovellettaessa mittaustapahtuma olisi myös vaadittujen standardien mukainen. Kyseessä on kuitenkin kallis investointi, joka painaa päätöstä tehtäessä paljon. Koska tarvetta kahdelle mittalaitteelle ei ole ympäristöviranomaisilta tullut, ei ratkaisua 3 katsota järkeväksi. Tulevaisuudessa kahta mittalaitetta saatetaan vaatia käytettäväksi, joten ratkaisua 3 on mahdollista hyödyntää tulevaisuudessa. Virtausmittausten uusimiseen liittyvää informaatiota voidaan myös tulevaisuudessa käyttää, vaikka uutta mittalaitetta ei voimalaitokselle hankittaisikaan.

6.4 Ratkaisuehdotuksen valinta

Työn tavoitteena on valita ratkaisuehdotus toteutettavaksi voimalaitoksen pölypäästömittauksille. Ratkaisuehdotuksen valinnassa on otettava huomioon ratkaisuehdotusten kustannukset, vaadittavan työn määrä sekä mittalaitteen sijainti. Epävarman tulevaisuuden takia on myös otettava huomioon, kuinka laajoja uudistuksia ollaan valmiita tekemään.

Ratkaisuehdotusten kartoittamisen jälkeen tulin siihen tulokseen, että ratkaisu 2 on tässä vaiheessa käyttökelpoisiin vaihtoehto. Ratkaisu 2:n kustannukset eivät ole kovin suuret verrattuna ratkaisuihin 3. Ratkaisu 3:n toteuttaminen voi kuitenkin tulevaisuudessa tulla ajankohtaiseksi, siksi kahden mittalaitteen käytön kartoittaminen on ollut työn aikana kannattavaa. Ratkaisua 2 toteutettaessa tehdään jo pohjatyötä ratkaisulle 3; kummassakin ratkaisussa nykyinen mittalaite siirrettäisiin ohituspiippuun.

Ratkaisussa 2 esiteltyjen toimenpiteiden jälkeen mittaustapahtuma on standardien mukainen, joka oli yksi mittaustapahtumalle asetettu tavoite. Tämän takia ratkaisua 1 ei kannata enää harkita toteutettavaksi, koska aikaisemman kokemuksen varjossa voidaan todeta, että standardien huomiotta jättämisellä voi olla mittaustulokseen suuri vaikutus.

Vanhan mittalaitteen hyödyntäminen on myös kannattavaa, koska tällöin säästytäisiin uuden mittalaitteen hankinnalta. Ratkaisu 2:n mittalaitteelle kaavailtu sijoituspaikka ohituspiipussa on mittalaitteelle soveltuva ja erityisesti valmis laipallinen yhde helpottaa mittalaitteen asennusta kohteeseen. Huoltotoimenpiteiden suorittaminen kohteeseen on yksinkertaista ja turvallista, koska mittalaite asennetaan kiinteälle huoltotasolle savupiipun kupeeseen, jonne kulku tapahtuu kiinteitä kierreportaita pitkin.

Ratkaisu 2 plussat ja miinukset ovat hyvässä suhteessa toisiinsa. Ratkaisu 2 saadaan mittaustapahtuman pienin korjauksin standardien mukaiseksi. Vaikka voimalaitoksen tulevaisuus on epävarma, kannattaa pölypäästömittaukselle tehdä ehdotetut toimenpiteet, koska nämä helpottavat huomattavasti pölypäästöjen seuranta voimalaitoksella.

7 TULEVAISUUDENNÄKYMÄT

Vuonna 2016 astuu voimaan uudet päästöraja-arvot nykyisille voimalaitoksille. Kutsuttu IE-direktiivi korvaa nykyisen LCP-asetuksen ja jätteenpolttoasetuksen. Uusi IE-direktiivi kiristää merkittävästi NO_x-, SO₂- ja hiukkaspäästöjen raja-arvoja.

IE-direktiivi koskee yli 50 megawatin (MW_{pa}) laitoksia, mutta mahdollisen piipputulkinnan myötä myös alle 50 megawatin yksiköitä. Piipputulkinnalla tarkoitetaan tapausta, jolloin yksiköiden polttoainetehot lasketaan yhteen, mikäli yksiköiden savukaasut johdetaan samaan piippuun. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että nykyiset savupiippujen sisäpiiput on ennen huomioitu erillisinä piippuina, mutta tulevaisuudessa ne katsotaan yhdeksi piipuksi. Piipputulkinta vaikuttaa yksiköiden päästörajoihin siten, että IE-direktiiviin mukaan päästöraajat määräytyvät yksiköiden summatehon mukaisesti eikä yksittäisen yksikön tehon mukaisesti. Vaikka laitoksella sijaitisi useampi yksikkö omine sisäpiippuineen, voitaisiin ne laskea yhdeksi yksiköksi, jos savukaasut johdetaan samasta pisteestä taivaalle. (Rauhamäki 2011.)

IE-direktiivin voimaantulminen voi tuoda laitoksille erilaisia ongelmia päästöraja-arvojen tiukentumassa. Vanhojen voimalaitosten prosessin ja tilojen rajoitteet voivat tuoda ongelmia päästöjen hallinnassa. IE-direktiivin myötä voimalaitoksille saatetaan joutua tekemään muutoksia tai parannuksia savukaasujen tarkkailuun, puhdistukseen tai polttoprosessiin liittyen. (Rauhamäki 2011.)

Vamy Oy:n voimalaitoksella leijupetikattilan K7 kaksi piippua sekä maakaasukattiloiden K8 ja K9 piiput sijaitsevat yhteisessä suuressa piipussa. Nykyään päästöraja-arvot on määrätty kattilakohtaisesti, mutta IE-direktiivin jälkeen kolmen kattilan kompleksi käsitetään yhtenä suurena yksikkönä. Tämä todennäköisesti tuo muutoksia nykyisiin päästöraja-arvoihin sekä ympäristöluvassa määrättyihin mittaustapahtumiin. Tulevaisuudessa voi olla mahdollista se, että esimerkiksi pölypäästöt joudutaan mittaamaan ratkaisussa 3 esitellyin tavoin.

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli saattaa Vamy Oy:n kattila K7 savukaasun pölypäästömittaus lainsäädännön ja standardien mukaiseksi. Standardien mukaisesta pölypäästömittauksesta on määräys voimalaitoksen ympäristöluvassa, joten siksi pölypäästömittauksen kehittäminen standardien mukaiseksi oli tärkeää voimalaitoksen päästöseurannan kannalta.

Opinnäytetyöprosessin aikana tehtävät jakaantuivat nykyisen mittaustapahtuman ja sen ongelmien kartoittamisen sekä uusien ideoiden kehittämisen välille. Työn aikana kartoitettiin vanhan mittaustapahtuman kehittämistä sekä luotiin uusia ideoita mittaustapahtumalle. Opinnäytetyön aikana laadittiin kolme ratkaisuesitystä, jotka soveltuivat voimalaitoksen tämän hetkiselälle tilanteelle parhaiten. Näistä ratkaisuesityksistä voimalaitoksen johtajisto päätti voimalaitokselle parhaiten soveltuvan ratkaisun, jonka toteuttamista voimalaitoksella on jo aloitettu.

Ratkaisuehdotuksia laadittaessa oli tärkeä ensiksi selvittää vaadittua lainsäädäntöä, mittaustapahtumaa ohjaavia standardeja sekä yleisesti pölypäästömittauksia. Kunnollisen pohjatyön tekeminen oli erittäin tärkeää, koska ratkaisuehdotuksia laadittaessa piti ottaa huomioon monia seikkoja, kuten voimalaitosta ohjaava lainsäädäntö. Opinnäytetyön hyödynnettävyys on minusta onnistunut hyvin, koska siihen on koottu kattavasti tietoa pölypäästömittauksista sekä asioita, joita pitää ottaa huomioon, kun voimalaitokselle uusitaan savukaasun pölypäästömittausta.

Ratkaisuehdotukset sisälsivät vanhan mittalaitteen käytön jatkamista sekä uuden mittalaitteen hankinnan pohdintaa. Opinnäytetyön aikana tultiin siihen tulokseen, että vanhan mittalaitteen käyttöä kannattaa voimalaitoksella jatkaa, jos mittalaitte saadaan toimintakuntoiseksi huoltotoimenpiteiden jälkeen. Käytön jatkon edellytyksenä ainoastaan on se, että mittalaitteen huoltotoimenpiteiden määrää kuukausittain lisätään radikaalisti; tätä ennen huoltotoimenpiteet mittalaitteelle ovat olleet olemattomat. Esitellyistä ratkaisuehdotuksista löytyi voimalaitokselle sovellettava ehdotus, jonka plussat ja miinukset olivat hyvässä suhteessa toisiinsa nähden.

Opinnäytetyön pohjalta valittua ratkaisua pölypäästömittauksen kehitykselle on aloitettu toteuttaa voimalaitoksella. Tavoitteena on, että mittalaite saadaan toimintakuntoiseksi ja mittaustapahtuma standardien mukaiseksi vuoden 2011 loppuun mennessä.

Opinnäytetyöprosessi antoi minulle paljon; pystyin kehittämään omia oppimis- ja työskentelytapoja, sain tuntumaa projektityöskentelystä ja ennen kaikkia opin uutta. Uuden oppiminen oli yksi opinnäytetyön aikana asettamista tavoitteista ja siinä onnistuin hyvin. Toimeksiantaja oli minulle mieluisa, koska olen aikaisemmin työskentelyt toimeksiantoyrityksessä kesätyöntekijänä, joten työympäristö oli minulle tuttu. Aihe oli myös erittäin kiinnostava, koska siinä yhdistyi moni asia: energian tuotanto, ilmansuojelu sekä niiden keskeisemmät lait ja standardit. Opinnäytetyön aikana sain myös kattavan kuvauksen energiantuotannon lainsäädännöstä sekä niiden uusista tuulista tulevaisuudessa. Toiminnallinen opinnäytetyö oli minulle mieleinen; sain toteuttaa omia ideoita konkreettisesti työn aikana. Kaiken kaikkiaan olen tyytyväinen opinnäytetyöhöni sekä koen, että siitä on ollut hyötyä toimeksiantajalleni ja itselleni.

LÄHTEET

Painetut lähteet

Aumala, O. 1996. Teollisuusprosessien mittaukset. Tampere: Tampereen pikakopio Oy.

Hannola, M. 2007. Monipolttoainekattilan päästöjen tarkkailu ja raportointi. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, teknillinen tiedekunta. Ympäristötekniikan opinäytetyö.

Huhtinen, M., Kettunen, A., Nurminen, P. & Pakkanen, H. 2000. Höyrykattilatekniikka. 5. uusittu painos. Helsinki: Edita.

Huutoniemi, K., Estlander, A. Hahkala, M., Hämekoski, K., Kulmala, A. Lahdes, R. & Laukkanen, T. 2006. Savuntarkastajista päästökauppaan. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Joronen, T., Kovacs, J. & Majanne, Y. 2007. Voimalaitosautomaatio. 2.painos. Helsinki: Copy-Set Oy.

Seinfeld, J.H & Pandis, S.N. 1998. Atmospheric Chemistry and Physics - From Air Pollution to Climate Change. Yhdysvallat: John Wiley & Sons, Inc.

Torvela, H. 1993. Päästönmittausten perusteet. Helsinki: Painatuskeskus Oy.

Ympäristölupa. 2005. 135/05/1.

Elektroniset lähteet

Electrowatt-Ekono Oy. 2003. Uusien säädösten vaikutus savukaasupäästöjen mittauksiin. Energia-alan keskusliitto Finergy. [viitattu 12.1.2011] Saatavissa: <http://www.energia.fi/content/root%20content/energiateollisuus/fi/julkaisut%20ja%20tutkimukset/ymp%3%A4rist%3%B6pooli/loppuraportit/uusien%20s%3%A4%3%A4d%3%B6sten%20vaikutus%20savukaasup%3%A4%3%A4st%3%B6jen%20mittauksiin.pdf?SectionUri=%2ffi%2fjulkaisut%2fymparistopooli%2ftutkimusaineisto>

Keinänen, T. 2011. Re: Vamy Oy:n Myllykosken voimalaitoksen päästömittauksen hinnastoon liittyvää kyselyä [sähköposti] Vastaanottaja Ahola, S. Lähetetty: 10.1.2011.

Myllykoski Oy. 2011. Myllykoski Paper. [viitattu 18.1.2011]. Saatavissa: <http://www.myllykoski.com/FI/Myllykoski+Group/Myllykoski+Paper/frontpage.htm>

Mäki, T. & Posio, J. 2004. Savukaasumittaukset. Oulun yliopisto, sähkötekniikan laboratorio. [viitattu 2.2.2011] Saatavissa: <http://ntsat.oulu.fi/file.php?174>

Pellikka, T. & Puustinen, H. 2008a. Kiinteästi asennettujen mittalaitteiden laadunvarmistusstandardi, Quality assurance of automated measuring systems, qa of ams (en 14181) ja sen kansallinen tulkinta. VTT. [viitattu 25.1.2011] Saatavissa: http://www.energia.fi/content/root%20content/energiateollisuus/fi/julkaisut%20ja%20tutkimukset/ymp%3%A4rist%3%B6pooli/loppuraportit/yhteinen%20menettel-pa_en14181.pdf?SectionUri=%2ffi%2fjulkaisut%2fymparistopooli%2ftutkimusaineisto

Pellikka, T. & Puustinen, H. 2008b. Ohjeistus päästömittauspaikalle ja mittausyhteille asetettavista vaatimuksista. VTT. [viitattu 25.1.2011] Saatavissa: <http://www.energia.fi/content/root%20content/energiateollisuus/fi/julkaisut%20ja%20tutkimukset/ymp%3%A4rist%3%B6pooli/loppuraportit/p%3%A4%3%A4s>

t%c3%b6mittauspaikka.pdf?SectionUri=%2ffi%2fjulkaisut%2fymparistopooli%2ftutkimusaineisto

Piispanen, A. 2011. Re:Vamy Oy:n virallinen kuvaus [sähköpostiviesti].

Vastaanottaja Ahola, S. Lähetetty 24.1.2011.

Rauhamäki, J. 2011. LCP BREFin vaatimustaso IEDn perusteeksi - onnistuuko ja mitä maksaa. Pöyry Management Consulting Oy. [viitattu: 25.3.2011] Saatavissa: http://www.energia.fi/content/root%20content/energiateollisuus/fi/julkaisut%20ja%20tutkimukset/ymp%C3%A4rist%C3%B6pooli/liitteet/seminaari%202011/lu_rauham%C3%A4ki_ied_20012011.pdf?SectionUri=%2Ffi%2Fjulkaisut%2Fymparistopooli%2Fseminarit

Taloussanomat. 2011. UPM:n ja Myllykosken kauppa EU:n tutkintaan. [viitattu: 31.3.2011] Saatavissa:

<http://www.taloussanomat.fi/perusteollisuus/2011/03/04/upmn-ja-myllykosken-kauppa-eun-tutkintaan/20113157/12>

VTT.2007. Päästömittausten käsikirja osa 1. VTT. [viitattu 1.4.2011] Saatavissa: <http://www.isy.fi/osa1.pdf>

VTT. 2004. Päästömittausten käsikirja osa 2. VTT. [viitattu: 26.1.2011] Saatavissa: <http://www.isy.fi/Osa2.pdf>

Suulliset lähteet

En, E. 2011. Huoltoinsinööri. ABB Oy. Haastattelu 13.2.2011.

Isoviita, M. 2011. Päällikkö. Kontram Oy. Puhelinhaastattelu 3.1.2011.

Orava, I. 2011. Voimalaitospäällikkö. Vamy Oy. Haastattelu 3.1.2011.

Välikangas, T. 2010. Huoltoinsinööri. Sick Oy. Haastattelu 3.12.2010.

Muut lähteet

Lappeenrannan teknillinen yliopisto. 2011. Mitä miten miksi mitataan. Luentoaineisto. Lappeenranta.

Sick Oy. 2011a. Kosteiden savukaasujen mittalaite. Tarjous. Kouvola.

Sick Oy. 2011b. Virtausmittaus. Tarjous. Kouvola.

Vamy Oy. 2011. Savupiippu. Piirustus. Kouvola.

Vamy Oy. 2010. Kuvasarja. Kouvola.