

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma / Energia- ja ympäristötekniikka

Juha Jokiraita

CYMIC-KATTILALAITOKSEN KÄYTTÖÖNOTON AIKAISET APUAINEIDEN
KULUTUKSET JA PÄÄSTÖMITTAUKSET

Opinnäytetyö 2011

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

| | |
|-----------------|---|
| JOKIRAITA, JUHA | Cymic-kattilalaitoksen käyttöönoton aikaiset apuaineiden kulutukset ja päästömittaukset |
| Opinnäytetyö | 36 sivua + 17 liitesivua |
| Työn ohjaaja | Osaamisalapääällikkö Markku Huhtinen Vanhempi asiantuntija Jari Ekholm |
| Toimeksiantaja | Metso Power Oy |
| Maaliskuu 2011 | |
| Avainsanat | käyttöönotto, kattilalaitos, apuaineet, päästö |

Kuopion Energia ottaa käyttöönsä kiertoleijutekniikkaa käyttävän monipolttoainekattilan vuoden 2011 aikana. Uusi kattila on Metso Power Oy:n valmistama, ja tämän myötä Haapaniemen voimalaitoksen kapasiteetti parantuu ja muuttuu ympäristöystävällisemmäksi. Työn tarkoituksena oli tutkia kattilalaitoksen käyttöönoton aikaisia apuaineiden kulutuksia. Toisena tehtävänä oli mitata kattilan alkupoltoissa syntyvien savukaasujen päästöarvoja.

Työn aikana osallistuttiin moniin kattilalaitoksen käyttöönoton vaiheisiin, sekä oltiin yhteydessä Metso Powerin koekäyttäjiin ja Kuopion Energian laitosmiehiin. Tarvittavia lukemia kerättiin kentällä olevista virtausmittauksista ja muut saatavilla olevat tiedot Metso Automaation järjestelmästä ja tiedonkeruuhjelmasta.

Tutkimusten avulla selvisi, kuinka paljon 149 MW:n höyrytehon omaava kiertoleijukattila kuluttaa apuaineita todellisuudessa käyttöönoton aikana. Päästömittausten arvot kattilan normaaleilla toiminta-alueilla vaihtelivat suuresti kattilan ollessa vielä käyttöönottovaiheessa. Tarkasteltavat apuaineet olivat vedet, polttoaineet, kemikaalit sekä sähkö.

Valmiit mittaustulokset ovat hyvä työkalu tulevia projekteja ja niiden toiminnallista suunnittelua ajatellen. Tuloksia tullaan jatkossa käyttämään hyväksi tulevilla projekteilla.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Mechanical and Production Engineering

JOKIRAITA, JUHA

Additive Consumptions and Emission Measurements
During the Commissioning of a Cymic Boiler Plant

Bachelor's Thesis

36 pages + 17 pages of appendices

Supervisor

Markku Huhtinen, Manager of Departments
Jari Ekholm, Senior Advisor

Commissioned by

Metso Power Oy

March 2011

Keywords

commissioning, boiler plant, additives, emission

A multi fuel circulating fluidized bed boiler will be taken into use by Kuopio Energia Oy during 2011. The boiler plant is provided by Metso Power Oy. The new boiler plant allows higher capacity and simultaneously the process of the Haapaniemi power plant will be improved and turned more environmentally friendly.

The aim of this thesis work was to examine additive consumptions during commissioning. Another task was to monitor emissions and measurements during the initial firing. The research was carried out by getting familiar with the boiler plant, and also by being in contact with the commissioning engineers of Metso Power and the operators of the customer, Kuopio Energia. The necessary information was gathered from flow field measurements and other data available from Metso Automation's data collection programs.

The study results give the real additive consumptions of a 149 MW_{th} circulating fluidized bed boiler during commissioning. The tested additives were different kinds of waters, fuels, chemicals and electricity. The variations of the emission values of the boiler were quite big due to its commissioning stage.

The field logs will be a good tool for new projects and their functional design. The results will be utilized in future projects.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

| | | |
|---|---|----|
| 1 | JOHDANTO | 6 |
| 2 | METSO POWER OY | 7 |
| | 2.1 Talteenottojärjestelmät/RECOX/EVAPS | 7 |
| | 2.2 ES-ympäristönsuojelulaitteet | 9 |
| | 2.3 Leijupoltto | 9 |
| | 2.3.1 HYBEX™-voimakattila/kerrosleiju | 10 |
| | 2.3.2 CYMIC™-voimakattila/kiertoleiju | 11 |
| 3 | KUOPIO ENERGIA OY:N CYMIC™-KIERTOLEIJUKATTILA | 12 |
| | 3.1 Kattilaitoksen yleiskuvaus | 12 |
| | 3.1.1 Kattilan päämitoitussarvot | 13 |
| 4 | KATTILALAITOKSEN KÄYTTÖÖNOTON VAIHEET | 13 |
| | 4.1 Koestus ja testaus | 13 |
| | 4.2 Vesipainekoe | 14 |
| | 4.3 Käyttöhenkilökunnan koulutus | 15 |
| | 4.4 Kattilan ensitulet | 15 |
| | 4.5 Kattilan kemikaalinen puhdistus | 15 |
| | 4.6 Muurausten kuivaus | 16 |
| | 4.7 Magnetiittikalvon muodostus | 17 |
| | 4.8 Höyryjärjestelmän puhallukset | 18 |
| | 4.9 Kiinteän polttoaineen syöttö | 19 |
| 5 | KÄYTTÖÖNOTON AIKANA KÄYTETTÄVÄT AINEET | 20 |
| | 5.1 Pääpolttoaineet | 20 |
| | 5.1.1 Turve | 20 |
| | 5.1.2 Puupolttoaineet | 20 |
| | 5.2 Apupolttoaineet | 21 |
| | 5.2.1 Kivihiili | 21 |

| | | |
|-------|-------------------------------------|----|
| 5.2.2 | Kevyt- ja raskaspolttoöljy | 22 |
| 5.2.3 | Sytytyskaasu (Propani) | 23 |
| 5.3 | Voimalaitoskemikaalit | 23 |
| 5.4 | Hiekka | 24 |
| 5.5 | Kalkki | 25 |
| 5.6 | Veden käyttö | 25 |
| 5.6.1 | Lisävesi | 25 |
| 5.6.2 | Lauhdevesi | 26 |
| 5.6.3 | Jäähdytysvesi | 26 |
| 5.7 | Apuhöyryt | 27 |
| 5.8 | Sähkö | 27 |
| 6 | PÄÄSTÖT | 28 |
| 6.1 | Vaaditut päästömitoitusravot | 28 |
| 6.2 | Päästöarvoihin vaikuttavat tekijät | 28 |
| 6.2.1 | Rikkidioksidi (SO ₂) | 28 |
| 6.2.2 | Typen oksidit (NO _x) | 29 |
| 6.2.3 | Hiukkaset | 31 |
| 7 | TIEDON KERÄYS JA TULOSTEN KÄSITTELY | 32 |
| 8 | YHTEENVETO | 34 |

LIITTEET

- Liite 1. Esimerkki apuaineiden kulutuksista peittauksen ja kalvonajon aikana
- Liite 2. Kuopion kattilalaitoksen käyttöönnoton aikataulu
- Liite 3. Kuopion kattilalaitoksen käyttöohjeen kemikaaliluettelo
- Liite 4. Polttolaitosten päästöraja-arvoja, polttoaineteho ≥ 50 MW
- Liite 5. Kattilalaitoksen prosessinohjaus kaavioita
- Liite 6. Valokuvia Kuopion prosessin mittauskohteista
- Liite 7. Kuva Metso DNA- Report tiedonkeruuohjelmasta

1 JOHDANTO

Kuopion Energia ottaa käyttöön Haapaniemen lämpövoimalaitoksella uuden voimakattilan vuoden 2011 lopulla. Voimalaitos tuottaa kaukolämpöä Kuopion kaupungin lämpöverkkoon ja sähköä Kuopio Energia Oy:n asiakkaiden tarpeisiin. Uusi kattila korvaa ensimmäisenä voimalaitosalueelle rakennetun turvepölypolttokattilan. Uuden kattilan myötä Kuopion Energian on mahdollista lisätä laitoksen kapasiteettia, lisätä biopolttoaineiden käyttöä ja vähentää öljyn polttoa.

Työn kohteena oli kiertoleijutekniikkaa käyttävä monipolttoainekattila, joka on Metso Power Oy:n valmistama. Työn tavoitteena oli tarkastella käyttöönoton aikana eri vaiheissa kattilassa käytettäviä apuaineita ja niiden kulutuksia. Toinen tärkeä pääkohta käsitteli alkupoltoista syntyviä päästöjä ja niiden mittauksia. Työssä pyrittiin saamaan tarkka ja selkeä käsitys siitä, kuinka suuriksi kulutukset ja päästöt todellisuudessa nousevat CymicTM-kiertoleijukattilan käyttöönoton aikana. Todellisia kulutus- ja päästöarvoja ei ole aikaisemmin tutkittu tarkasti, joten työstä saatiin arvokasta tietoa tulevaisuutta ajatellen.

Työhön vaadittava tieto kerättiin seuraamalla käyttöönoton eri vaiheita Kuopion Haapaniemen voimalaitoksella. Pieni osa apuaineiden kulutusarvoista tarkasteltiin suoraan kentällä linjojen virtausmittauksista ja suurin osa laitoksen päävalvomosta automaatiojärjestelmän kautta. Lisää käytännön ohjeita ja vinkkejä antoivat Metson koekäyttäjät sekä Kuopion Energian laitospäälliköt. Tarvittavat mittaukset ja päästöjen analyysit tehtiin kesän 2011 aikana.

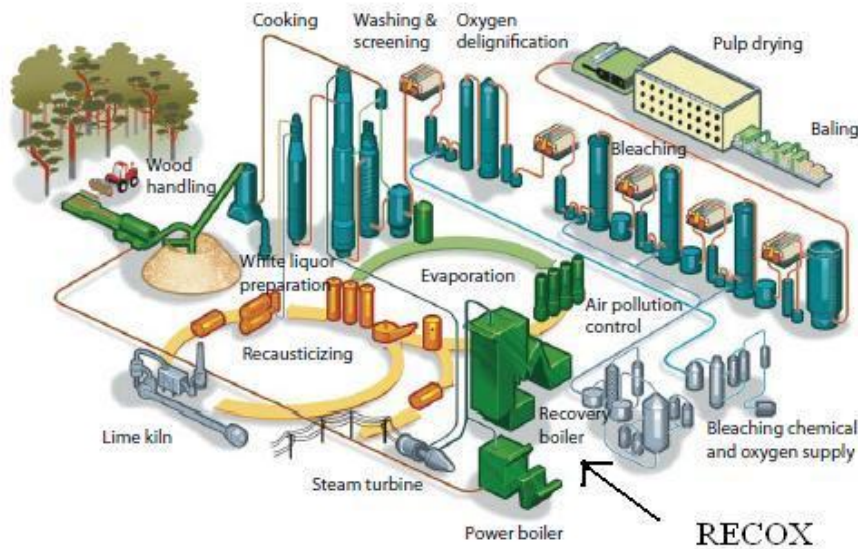
2 METSO POWER OY

Metso Oyj on maailmanlaajuinen yhtiö, jonka toiminta keskittyy kaivos- ja maanrakennusteollisuuteen, energia- ja ympäristöteollisuuteen, sekä paperi- ja massa-teollisuuteen. Metso Power Oy on yksi Energia- ja ympäristöteknologian liiketoimialue. Metso työllistää noin 28 500 työntekijää yli 50 eri maassa. Vuonna 2010 Metson kokonaisliikevaihto oli noin 5,6 miljardia euroa. (1)

2.1 Talteenottojärjestelmät/RECOX/EVAPS

Metso Power Oy on yksi maailman tunnetuimpia RECOXTM-soodakattilan valmistajia. Ne ovat tunnettuja niiden tehokkaan polttonsa, luotettavuutensa ja turvallisuutensa tähden. Kattiloiden koot vaihtelevat hyvin paljon. Suurimpien kattiloiden tuotantokapasiteetti voi olla yli miljoona tonnia selluloosaa vuodessa.

Soodakattilan pääperiaatteet ovat mustalipeän poltto, keittokemikaalien talteenotto ja uudelleen muodostaminen sekä päästöjen hallinta. Prosessissa mustalipeän kuiva-aineessa oleva hiili palaa. Nesteet haihtuvat ja nousevat ylöspäin kohti kattilan tulistimia. Palamisesta jääneet kemikaalit valuvat sularännien kautta liuottimeen. Kemikaalit saadaan regeneroitua ja tuotetusta höyrystä saadaan sähköä ja lämpöä. Kattila on pystysuora ja pääpolttoprosessin aikana tulipesässä vallitsee yli 1000 °C:een lämpötila. Ennen mustalipeän syöttöä tulipesään se lämmitetään noin 100 – 200 °C:een, jonka jälkeen se syötetään pieninä pisaroina tulipesään ruiskutuspaineen ollessa 1 – 2 bar. Mustalipeän kuiva-ainepitoisuus on noin 75 – 80 prosenttia. (3) (13)



Kuva 1. RECOX-kattila sellutehtaan kemikaalikierrossa. (4)

Metso Power Oy on yksi maailman johtava haihduttamoiden valmistaja.

EVAPSTM-haihduttamon tehtävänä on väkevöittää sellunkeitosta jäävä mustalipeä sellaiseen pitoisuuteen, että sitä voidaan käyttää soodakattilan polttoprosessissa.

Haihduttamolta tuleva syöttölipeä lämmitetään epäsuorasti höyryllä, joka yleensä on turbiinin vastapainehöyry. Kun lipeä alkaa kiehua, siitä poistuu vettä ja kuiva-ainepitoisuus paranee. Haihduttamosta poistuvaa lipeää sanotaan vahvalipeäksi. Jos mustalipeän kuiva-aine pitoisuus jää alhaiseksi ja epävakaaksi, se vaikeuttaa polttoprosessia. Siksi mustalipeän kuiva-aineen pitoisuus tulisi saada niin korkeaksi ja tasaiseksi kuin mahdollista.

Teollisuuslaitoksilla haihduttimet kytketään usein sarjaan (kuva 2.), jotka voivat olla 5 – 6-vaiheisia. Tämä mahdollistaa pienemmän energiankulutuksen. EVAPSTM-haihduttamoissa pitoisuus väkevöitetään noin 80 – 85 prosenttiin. (5) (13)



Kuva 2. Sellutehtaan haihduttamo. (5)

2.2 ES-ympäristönsuojelulaitteet

Metso Power Oy:n Environmental Systems -osasto (ES) on maailmanlaajuinen ympäristönsuojelulaitteiden valmistaja. ES valmistaa laitteita energiateollisuudelle sekä sellu- ja paperiteollisuudelle. Ympäristönsuojelujärjestelmiä on kehitetty muun muassa hajukaasujen käsittelyyn, savukaasujen puhdistukseen ja lämmön talteenottoon, valkolipeän hapetukseen, lietteen käsittelyyn ja metanolin nesteytykseen. ES:n osasto toimittaa ODOCONTM ja GASCONTM-nimisiä tuotteita. ODOCONTM-tuotteet on tarkoitettu sellu- ja paperiteollisuuden hajukaasujen käsittelyyn, kun taas GASCONTM-tuotteet on tarkoitettu sekä sellu- ja paperiteollisuuden että voimantuotantolaitosten savukaasujen käsittelyyn. (1) (13)

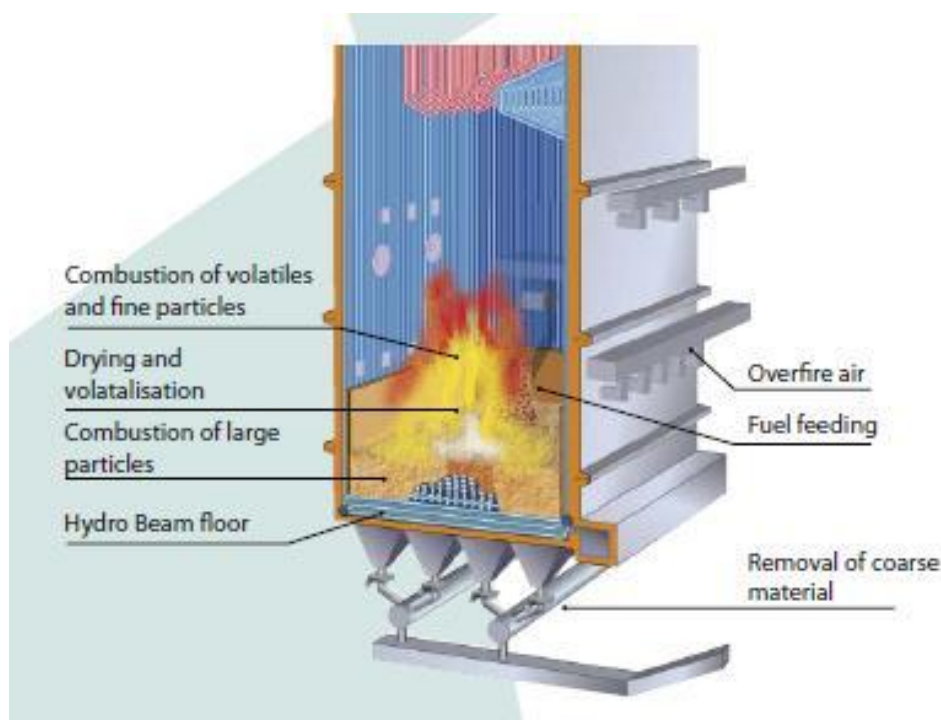
2.3 Leijupoltto

Leijupoltto on menetelmä, jossa kattilassa voidaan polttaa sekä huonon, että hyvän lämpöarvon sisältäviä polttoaineita samaan aikaan palamishyötysuhteen pysyessä hyvällä tasolla. Palamisessa syntyvien päästöjen pitoisuuksiin voidaan helposti vaikuttaa. Rikkidioksidin päästöjä saadaan pienemmiksi syöttämällä kalkkia tulipesään ja typenoksidipäästöt pysyvät sallituissa arvoissa matalan palamislämpötilan ja ammoniakkiveden syötön ansiosta. (2)

2.3.1 HYBEX™-voimakattila/kerrosleiju

Hybex™-kerrosleijukattiloita valmistaa Metso Power Oy, ja niissä käytetään BFB-polttotekniikkaa. (BFB = Bubbling Fluidized Bed). Kattilan tehokapasiteetti voi vaihdella 10 MW:sta 400 MW:iin. (7)

Kerrosleijupoltossa kattilan pohjalle syötetään korkeapaineista primääri-ilmaa, joka saa hiekan leijumaan. Leijutusnopeus on 0,7 – 2 m/s. Kiinteä polttoaine syötetään mekaanisesti syöttöaukoista tulipesään, jotka sijaitsevat hiekkapedin yläpuolella. Korkean lämpötilan ansiosta kiinteä polttoaine kuivaa, kaasuuntuu ja syttyy. Polttoaine palaa osittain hiekan seassa ja sen ulkopuolella. Jotta palaminen on mahdollisimman tehokasta, yläosan seinämistä syötetään kattilaan sekundääri- ja tertiääri-ilmaa, jonka ansiosta poltto tehostuu ja lähes kaikki polttoainepartikkelit palavat. Kattila soveltuu monenlaisille polttoaineille, joiden kosteus vaihtelee. Tyypillisesti kattilassa käytetyt polttoaineet ovat erilaiset puupolttoaineet, turve ja kierrätyspolttoaineet. Kerrosleijukattilat saavuttavat noin 90 prosentin hyötysuhteen. (7) (13)



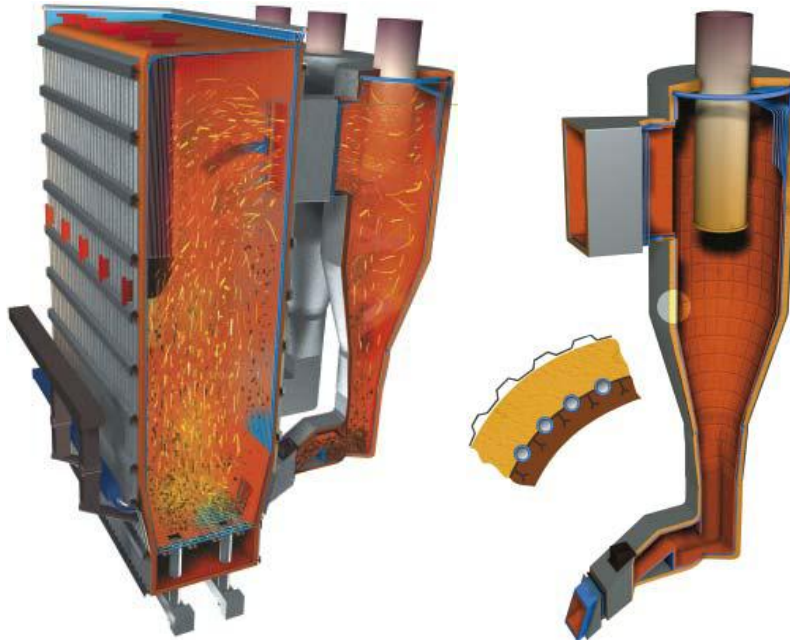
Kuva 3. Hybex-voimakattilan periaatekuva. (7)

2.3.2 CYMIC™-voimakattila/kiertoleiju

Cymic™-kiertoleijukattilat ovat Metso Power Oy:n valmistamia ja ne käyttävät CFB-polttotekniikkaa. (CFB = Circulating Fluidized Bed). Kattilan teho vaihtelee 50 MW:sta 600 MW:iin. (8)

CFB-polttotekniikka eroaa BFB-kattiloista leijutusmateriaalin leijutusprosessin osalta. Kiertoleijukattiloissa käytetään suurempia leijutusnopeuksia, noin 3 – 10 m/s ja petimateriaali on hienojakoisempaa. Kattilaan johdetaan palamisilmaa suuremmalla paineella, mikä aiheuttaa voimakkaita pyörteitä tulipesässä. Pienet hiekkapartikkelit nousevat savukaasun mukana välikanavan kautta sykloniin, jossa ne erotetaan toisistaan ja hiekka putoaa syklonin pohjalle. Sieltä hiekka johdetaan hiekkalukon kautta takaisin tulipesään. Kiertoleijutekniikalla on mahdollista polttaa myös huonolaatuista polttoainetta hyvällä hyötysuhteella. Vaikka kiertoleijukattiloissa poltetaan varsin alhaisilla lämpötiloilla (800 – 950 °C), niiden etuina ovat alhaiset päästöt. Rikkidioksidipäästöjä voi hallita syöttämällä kalkkia tulipesään ja typen oksidien muodostuminen jää vähäiseksi. (6)

Cymic™-kiertoleijukattilat soveltuvat puupolttoaineiden, hiilen, turpeen ja kierrätyspolttoaineiden polttoon, mutta myös em. polttoaineita voi polttaa samanaikaisesti eri sekoituksilla. Kattilan tuottamaa tehoa voidaan säädellä kiinteän polttoaineen syötöllä. (8) (13)



Kuva 4. Cymic-voimakattilan periaatekuva. (8)

3 KUOPIO ENERGIA OY:N CYMICTM-KIERTOLEIJUKATTILA

3.1 Kattilaitoksen yleiskuvaus

Uusi voimakattila otetaan tuotantokäyttöön tammikuussa 2012. Laitos rakennetaan kahden nykyisen kattilalaitoksen viereen Kuopion Haapaniemeen. Uusi kattila on kahteen aikaisempaan verrattuna polttoaineteholtaan kaikkein suurin. Se on ylhäältä kannatettu lieriöllä varustettu luonnonkiertokattila. Se on Metso Power Oy:n valmistama, ja se käyttää CFB-kiertoleijutekniikkaa. Kyseisellä teknologialla on mahdollista saavuttaa hyvä palamisen hyötysuhde ja alhaiset päästöt.

Kattilassa kiinteät partikkelit palavat tehokkaasti kattilaan syötettävien palamisilmojen ansiosta. Syntyvät savukaasut johdetaan välikanavan ja syklonin kautta kakkosvetoon, joka muodostuu erilaisista lämmönvaihtimista. Savukaasujen lämpötila kohoaa kattilassa noin 850 °C:een, ja lämmönvaihtimien loppulämpötilaksi muodostuu noin 145 astetta.

Kattilalaitoksen pääpolttoaineina tullaan käyttämään jyrshinturvetta ja erilaisia biopolttoaineita. Kattila mitoitetaan niin, että turpeella voidaan ajaa minimikuormasta maksimikuormaan, kun taas biopolttoaineen osuus on 70 prosenttia laitoksen polttoainetehosta minimikuormasta täyteen kuormaan.

Biopolttoaineet koostuvat metsähakkeesta, kuoresta, sahanpurusta ja peltobiomassasta. Muita käytettäviä polttoaineita ovat kivihiili sekä kevyt- ja raskas polttoöljy. Kevyttä polttoöljyä käytetään kahdella käynnistyspolttimella kattilan käynnistyksessä ja ylösajotilanteissa. Raskaasta polttoöljyä poltetaan varapolttoaineena kahdella kuormapolttimella tai esimerkiksi leijupolton häiriötilanteessa sitä käytetään tukipolttoaineena. Raskaalla polttoöljyllä pystytään tuottamaan noin 50 prosentin kattilakuorma. (2) (12)

3.1.1 Kattilan päämitoitussarvot

Kattilan päämitoitussarvot leijukerroskattilalla mitoituspolttoaineilla ovat seuraavat:

| | | |
|---|--------|------|
| Suurin jatkuva tuorehöyryvirta (Qn) | kg/s | 60,1 |
| Tuorehöyryn paine (Qn) | bar(a) | 130 |
| Tuorehöyryn lämpötila (Qn) | °C | 535 |
| Syöttöveden lämpötila sisään (Qn) | °C | 160 |
| Syöttöveden lämpötila KP-esilämmittimen jälkeen | °C | 222 |
| Tuorehöyryvirtaus minimikuormalla ilman öljyä | kg/s | 17 |
| Savukaasun loppulämpötila (Qn), turve | °C | 145 |

4 KATTILALAITOKSEN KÄYTTÖÖNOTON VAIHEET

4.1 Koestus ja testaus

Kattilan käyttöönotto tarkoittaa sitä, että kaikista laitoksen yksittäisistä laitteista ja järjestelmistä saadaan yhtenäinen kokonaisuus. Laitoksella suoritetaan mekaaniset asennukset ja tarkastukset laitoksen laitteille, jotta varmistutaan siitä, että laitos on asennettu suunnitelmien mukaisesti. Myös putkien merkinnät tarkistetaan sekä tarvittaessa suoritetaan asennusten laadudokumentointi laitetoimittajien edustajien kanssa.

Laitoksen sähkölaitteet testataan turvamääräysten ja voimassa olevien standardien mukaan. Kun sähkölaite saa testauksen jälkeen hyväksynnän, se voidaan kytkeä jännitelähteeseen. Kun kaikki mekaaniset asetukset on suoritettu hyväksytysti sekä sähköistysten ja instrumenttien esikoestukset saatu valmiiksi, voidaan ilmoittaa tilaajalle että laitos on valmis käyttöönottoon.

Varsinaisen käyttöönoton aikana koeajetaan läpi jokaisen piirin toiminta. Täytyy varmistua siitä, että laitteiden osalta viestit ja ohjaukset toimivat moitteettomasti. Kattilan käyttöönottoprosessi vie paljon aikaa ja sitä ei suoriteta yhtenä kokonaisuutena, vaan osajärjestelmittäin.

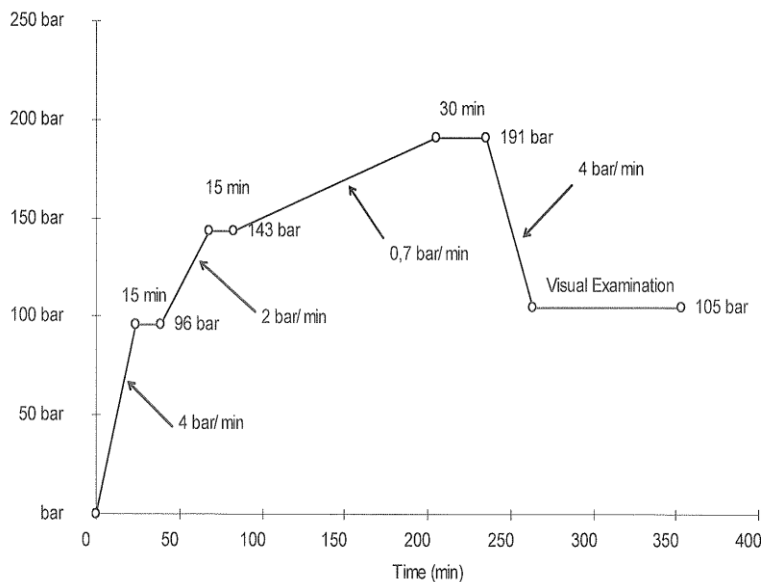
4.2 Vesipainekoe

Kattilan ja Syklonin paineenalaisten laitteiden tiiveys tarkastetaan paineilmalla ennen varsinaista vesipainekoetta. Kun kattilaa aloitetaan täyttämään, tulee kaikkien tarvittavien linjojen olla auki, jotta saadaan huuhdeltua kaikki asennuksissa syntyneet epäpuhtaudet. Myös ilma tulee poistaa koeponnistettavista laitteista. Näiden järjestelyjen jälkeen voidaan aloittaa paineen nosto kattilassa.

Täyttöveden lämpötila prosessin aikana saa olla enintään 90 °C ja sen pitää olla demineralisoitua vettä tai puhdasta kondensaattia. Vesipainekokeen aikana painetta nostetaan ja lasketaan vaiheittain paineennostokäyrän mukaisesti (kuva 5.).

Onnistuneen painekokeen jälkeen tapahtuu putkistojen tyhjennys vedestä.

Kattilaputkisto voi jäädä joltain osin täyteen vettä, silloin täytyy huolehtia, että lämpötila ei laske missään vaiheessa alle 0 °C:een.



Kuva 5. Vesipainekokeen paineennostokäyrä.

4.3 Käyttöhenkilökunnan koulutus

Kattilalaitoksen käyttö- ja huoltohenkilöstö koulutetaan Metso Power Oy:n ja eri laitetoimittajien toimesta. Koulutus sisältää sekä teoria- että käyttökoulutuksen. Koulutuksen tarkoituksena on perehdyttää koko henkilöstö niin hyvin kaikkiin kattilalaitoksen tehtäviin, että he pystyvät hallitsemaan kaikki prosessit ja laitteet itsenäisesti. Koulutus toteutetaan yleensä käyttöönoton ja koekäytön aikana.

4.4 Kattilan ensitulet

Kattilassa sytytettiin ensimmäiset öljytulet käynnistyspolttimien avulla. Molempia käynnistyspolttimia käynnistettiin useita kertoja, mutta hyvin lyhyen ajan kerrallaan. Polttoaika oli korkeintaan 60 sekuntia, koska pidemmällä ajalla muuraukset olisivat saattaneet kärsiä vaurioita nopean lämpötilan vaihtelun seurauksena. Tästä samasta syystä polttimissa käytettiin poltintestien ajan pienempiä suuttimia kuin normaalissa poltossa. Testien jälkeen vain toiseen käynnistyspolttimeen vaihdettiin takaisin normaalin kokoinen suutin, ja toiseen polttimeen vaihdettiin vasta kiinteän polttoaineen syötön aikana. Kevyen polttoöljyn hetkellinen kulutus oli noin 0,2 kg/s. Sytytyskaasun kulutusta on vaikea arvioida, mutta kulutukset olivat pieniä.

4.5 Kattilan kemikaalinen puhdistus

Kattilan peitattavien osien kokonaistilavuus on noin 141 m³. Peittausta varten tarvitaan erikseen kaksi lisäpumppua, joista toinen hoitaa veden kierrätyksen ja toinen annostelee prosessissa tarvittavat kemikaalit. Myös kattilan putkistot vaativat muutostöitä.

Aluksi syöttövesisäiliöstä syötettiin kahdella putkella vettä peittauspumppulle. Pumpulta vesi pumpattiin kiertoon ylimääräisen yhdeputken kautta suoraan päähöyrylinjaan. Päähöyrylinjasta lähtevien yhteiden sulkuventtiilit olivat kaikki suljettuina, jotta vesi pääsisi suoraa linjaa pitkin tulistimille. Vettä kierrätettiin normaalista poiketen vastakkaiseen suuntaan, jotta kaikki tulistimet puhdistuivat halutulla tavalla. Tulistimilta vesi pumpattiin syklonin, lieriön ja syöttöveden esilämmittimien kautta takaisin pumpulle.

Kemikaaliseen puhdistukseen kuului kaksi eri päävaihetta, rasvanpoisto ja happokäsittely sekä neutralointi ja passivointi. Rasvanpoisto- ja happokäsittelyvaiheessa syöttövesisäiliöstä pumpattiin noin 100 °C:sta syöttövettä ja kattila täytettiin ja huuhdottiin. Tämän jälkeen annosteltiin Berol DGR-81 -nimistä kemikaalia kattilaveteen, jonka tehtävänä oli poistaa putkipinnoilta ylimääräinen rasva. Samaan liuokseen lisättiin parin tunnin kuluessa Rodine 31 A ja Fluorivetyhappo-nimisiä kemikaaleja, joiden avulla suoritettiin happokäsittely. Rodine-niminen inhibiittori syötettiin kattilaveteen ennen varsinaista happoa, koska sen tehtävänä oli suojata putkien sisäpintoja, jotta kiinteä putkimateriaali ei syövy. Se hidasti kemiallista reaktiota. Fluorivetyhapolla suoritettiin varsinainen puhdistus ja poistettiin ylimääräinen ruoste putkipinnoilta. Peittauksesta syntyvät jätevedet laskettiin kattilalaitoksen pihalla oleviin kahteen pressualtaaseen, jossa jätevesi neutraloitiin pH- alueelle 7 – 10 hienokalkilla ja lipeällä. Vielä yhden huuhton jälkeen kattila oli valmis neutralointiin ja passivointiin.

Neutralointia ja passivointia varten kattila täytettiin jälleen vedellä ja annosteltiin kemikaalit. Käytettävät kemikaalit olivat sitruunahappo, ammoniakivesi (25%) ja natriumnitriitti. Noin viiden tunnin jälkeen jätevedet pumpattiin jälleen pressualtaisiin. Viimeinen työvaihe oli huuhdella kaikki tulistimet huolella. Tämän jälkeen kattila tuli saada mahdollisimman tyhjäksi ennen putkilinjojen entisöintiä.

4.6 Muurausten kuivaus

Kuopion kattilalaitoksella muurattavat osat olivat tulipesän alaosa, kattilan ja syklonin välikanava, sykloni, hiekkalukko ja tulistimille menevä kulmakanava. Tulipesän alaosan muuraukset suojaavat ilma-, polttoaineensyöttö- ja poltinaukkoja eroosiolta. Lisäksi se toimii hyvänä eristimenä, palamislämpötila säilyy korkeampana ja polttoaine palaa paremmin. Myös syklonin ja hiekkalukon muuraukset suojaavat eroosiolta. Kulmakanava on muurattu lämpöeristyksen vuoksi.

Kattilan muurauksien kuivatuksessa käytettiin lämmitettyä kattilan kiertovettä ja käynnistyspolttimia. Kuivatus aloitettiin ottamalla syöttövesisäiliöstä noin 120 °C:sta syöttövettä ja sitä kierrätettiin kattilan putkistoissa 24 tuntia. Lämmityksen aikana valumassassa käytetty vesi alkaa haihtua. Jos lämpötilaa nostetaan liian nopeasti, muurausten sisälle saattaa muodostua höyryä. Pahimmassa tapauksessa paineen noustessa voi tapahtua höyryräjähdys, joka rikkoo muuraukset.

Seuraavassa vaiheessa käynnistettiin kattilan käynnistyspolttimia vuorotellen, ja poltettiin öljyä muutaman minuutin kerrallaan. Öljyn kulutus yhtä poltinta kohden oli tässä vaiheessa noin 0,1 kg/s. Kattilaa lämmitettiin pienimmällä mahdollisella teholla jaksoittaisesti.

- 1 - 2 tuntia: Käytetään poltinta 3 kertaa tunnissa 5 minuuttia kerrallaan minimiteholla.
- 2 - 4 tuntia: Pidentetään ajojakso 8 minuuttiin polttoa kohti.
- 4 - 6 tuntia: Pidentetään ajojakso 10 minuuttiin polttoa kohti

Jaksoittaista polttoa jatkettiin niin kauan, että kattilan lämpötila kohosi noin 200 °C:een ja pysyi samassa lämpötilassa. Pitoaika tässä vaiheessa oli noin 72 tuntia. Tämän jälkeen polttimien tehoja nostettiin varovasti, jotta kattilan lämpötila nousi noin 450 °C:een. Ilmansyöttö kattilaan tapahtui koko ajan minimikuormalla.

Kattilan syklonin ja hiekkalukon muurausten kuivaamista varten oli erikseen ylimääräinen kevytöljyllä toimiva lisäpoltin. Se toimi kahdella eri teholla; 0,7 ja 1,5 megawattia ja se asennettiin yhteen hiekkalukon miesluukkuun. Öljy pumpattiin suoraan laittamalla letku kevytöljylinjaan. Kevyen öljyn linjassa vallitseva paine oli noin 11 bar ja se oli lisäpolttimelle liikaa. Tämän takia letkuun asennettiin vielä paineenalennin.

Kiinteän polttoaineen syötöllä suoritettiin muurauksien kuivaamisen viimeinen vaihe. Polttoainetta syötettiin ensin varoen tulipesään hyvin pienissä osissa. Syynä oli se, että jos polttoaine on märkää, se ei heti syty, vaan ensin se kuivuu ja kaasuuntuu. Tämän jälkeen tapahtuu voimakas syttyminen, joka aiheuttaa nopean lämpötilan muutoksen kattilan tulipesässä. Kiinteän polttoaineen avulla kattilan lämpötila nostettiin käyttölämpötilaan asti (n. 850 – 950 °C). Kun kattila oli pysynyt normaalissa käyttölämpötilassa vuorokauden, katsottiin muurausten kuivaus päättyneeksi.

4.7 Magnetiittikalvon muodostus

Magnetiittikalvon tarkoituksena on, että muodostetaan kattilan putkiston sisäpinnalle suojakalvo, jotta prosessiveteen ei myöhemmin liukene epäpuhtauksia. Samalla varmistetaan sujuva vedenkierto, estetään putkistojen tukkiutuminen ja tulistimien

puhtaus. Muodostunut magnetiittikalvo (Fe_3O_4) on yleensä mustaa tai tumman ruskeaa, ja sillä on erittäin hyvä korroosiokestävyys.

Ennen suojakalvon muodostumista kattilan putkipintojen tuli olla puhdistettu kaikesta ylimääräisestä liasta niin hyvin, että pinnat olivat kirkkaat. Kattilan lämpötila nostettiin noin 250 °C:een ja lieriön paine 30 – 40 bar paineeseen. Se takasi tehokkaan ja suojaavan magnetiittikalvon. Magnetiittikalvon heikentymistä aiheuttavat veden sisältämät eri suolat, joten tämän takia se täytyi esikäsitellä. Magnetiittikerroksen säilymiseksi oli tärkeää kontrolloida oikein veden lämpötilaa, pH:n arvoa sekä happipitoisuutta. Magnetiittikalvon ajon aikana syöttövesisäiliöön syötettiin aika-ajoin ammoniakkivettä veden pH:n säätämiseksi. Kemikaalipumpun suurin kapasiteetti oli 0,7 l/h. Magnetiittikalvon muodostumisajaksi arvioitiin noin 50 tuntia.

4.8 Höyryjärjestelmän puhallukset

Kattilan höyryputkistoon voi jäädä kiintoainesta peittauksen jäljiltä, joten puhalluksien tarkoituksena on saada putket täysin puhtaiksi. Puhallukset aloitetaan heti magnetiittikalvon muodostumisen jälkeen.

Kattilan puhalluksissa höyryputkisto puhallettiin höyryllä samaan suuntaan kuin normaalissakin ajossa. Puhallettavat putkistot olivat lieriöltä turbiinille asti. Päähöyrylinjaan liitettiin väliaikainen puhallusputki ja säätöventtiili ennen turbiinin eri haaroja. Putki johdettiin turbiinisalista ulkona sijaitsevaan konttiin, joka vaimensi hyvin puhalluksissa syntyvää voimakasta melua.

Puhalluksia suoritettiin kahdesti päivässä. Yksi höyrypuhallus kesti noin 30 minuuttia kerrallaan ja puhallusten välissä kattilan ja höyryputkiston annettiin jäähtyä vähintään 6 tuntia. Tällä tavoin tehostettiin epäpuhtauksien irtoaminen putkipinnoilta. Ennen puhalluksen alkamista tuli varmistaa, että syöttövettä ja lisävettä on tarpeeksi. Tämän jälkeen oli lupa aloittaa kattilan paineen ja lämpötilan nostaminen. Kun lieriön paine oli 55 – 60 bar, tulistetun höyryn lämpötila oli noin 420 °C ja höyryn virtaus 30 kg/s, oli lupa aloittaa puhallus. Puhalluksien aikana tulistimien yli oleva paine-ero tuli olla vähintään 10,2 bar, joka mahdollisti onnistuneen puhalluksen. Väliaikaiseen höyryputkeen oli lisätty kaksi palovesiyhdettä, joilla jäähdytettiin putkea tarvittaessa. Puhallus lopetettiin ja poltto pysäytettiin, kun lieriön paine laski alle 30 bar. Samalla suljettiin kaikki puhallusventtiilit.

Puhalluskertojen määrää arvioitiin ylimääräiseen puhallusputkeen asennetun näytelevyn avulla. Levyt olivat kokoa 140×40 mm, ja ne kestivät hyvin lämpöä ja painetta. Jokaiseen puhallukseen asennettiin uusi levy ja puhalluksen jälkeen tarkasteltiin levyyn syntyneitä iskemiä.

4.9 Kiinteän polttoaineen syöttö

Kuopion kattilaitoksella käytettävät kiinteät polttoaineet ovat turve, erilaiset puupolttoaineet (kuori, puru, hake), ruokohelpi sekä kivihiili. Turvetta tullaan polttamaan pääpolttoaineena ja 88 – 100 %:n kuorma-alueella käytetään pelkkää turvetta. Millä tahansa kuorma-alueella poltettaessa turpeen tai kivihiilen osuus on oltava vähintään 30 % polttoainetehosta kaikilla seoksilla. Eri puupolttoaineiden maksimiosuudet polttoainetehosta ovat seuraavat:

- Hake 70 %
- Kuori 35 %
- Ruokohelpi 10 %
- Puru 5 %

Ennen kiinteän polttoaineen syöttämistä kattilaan, lieriön käyttöpaine nostettiin noin 100 bar ja lämpötila noin $310\text{ }^{\circ}\text{C}$:een. Tulipesän lämpötila oli samaan aikaan noin $400\text{ }^{\circ}\text{C}$. Aluksi polttoaineena käytettiin turvetta, mutta alle vuorokauden kuluttua turpeen sekaan sekoitettiin haketta. Alkuvaiheessa polttoaineen syöttö oli 80 % turvetta ja 20 % haketta. Hakkeen osuutta kuitenkin suurennettiin. Suurimman osan käyttöönoton ajan poltoista kiinteän polttoaineen jakokuljettimia ajettiin manuaalisesti. Päiväsiiloihin ajettu sekoitussuhde oli 45 % turvetta ja 55 % haketta. Syöttö tapahtui aluksi kattilan etuseinällä olevien tunkijaruuvien kautta vuorotellen miniminopeudella $15\text{ m}^3/\text{h}$. Yhden biosiilon maksimi polttoaineen syöttö on $173\text{ m}^3/\text{h}$. Suhteellisen nopealla aikavälillä otettiin mukaan myös kattilan takaseinän tunkijaruuvit. Tässä vaiheessa tulipesän lämpötila nousi $700\text{ }^{\circ}\text{C}$:een ja polttoaineen yhteiskulutus $60\text{ m}^3/\text{h}$. Polttoaineen syötön määrä vaihteli hyvin paljon erilaisten testausten vuoksi. Kattilan teho vaihteli 40 MW:sta 100 MW:iin.

Hiilen poltto käynnistettiin minimillä, ($3,0\text{ m}^3/\text{h}$) biopolttoaineen ohessa. Hiilen syötön maksimi kapasiteetti on $30\text{ m}^3/\text{h}$. Hiili syötettiin kattilaan etuseinältä. Eri polttoaineet sekoittuivat keskenään sulkusyöttimissä ennen tunkijaruuveja. Hiili on

hyvä polttoaine sen hyvän lämpöarvon vuoksi. Hiilen poltossa rikki- ja häkäpitoisuus nousivat, mutta toisaalta typen oksidien määrä väheni. Rungas hiilen poltto nostaa nopealla tahdilla petilämpötilaa ja kattilan tehoa.

5 KÄYTTÖÖNOTON AIKANA KÄYTETTÄVÄT AINEET

5.1 Pääpolttoaineet

5.1.1 Turve

Turve on hyvin hitaasti uusiutuva luonnonvara. Suomessa tuotetaan nykyisin suurin osa turpeesta jyrshinturpeena. Prosessi on sellainen, että suon pinnasta jyrsitään noin 2 cm:n kerros ja se kuivatetaan aurinkoenergialla. (6)

Kuopion kattilalaitoksella turvetta säilötään sille varatussa biosiilossa, jonka tilavuus on 300 m³. Polttoaineen syöttölinjoja on kaksi rinnakkain ja ne ovat toisistaan riippumattomia. Polttoainetta on mahdollista syöttää kattilaan etuseinältä tai takaseinältä. Tavoitteena on syöttää polttoaine tasaisesti kummaltakin seinältä koko tulipesän leveydeltä. Turpeen syöttö kattilaan voidaan toteuttaa molempien syöttölinjojen kautta. Biosiiloista polttoaine puretaan ruuvipurkaimien avulla kuljettimille ja tasaustaskuun. Sieltä polttoaine johdetaan sulkusyöttimille, josta se jatkaa matkaansa tunkijaruuveille ja sieltä tulipesään.

Kuopion CymicTM-kattila mitoitetaan niin, että turpeella voidaan ajaa minimikuormasta maksimikuormaan. Yhdestä biosiilosta saatava maksimi kapasiteetti on 173 m³/h. Täydellä kuormalla ajettaessa turpeen kulutus on noin 95 kg/s. Kun turvetta tuodaan laitokselle, sen kosteus saapumistilassa on 46 % ja tehollinen lämpöarvo 10,3 MJ/kg. Jyrshinturpeen tehollinen lämpöarvo on 21,1 MJ/kg. (2)

5.1.2 Puupolttoaineet

Suomessa puuston kasvu vuodessa on noin 90 milj. m³. Tästä määrästä eri teollisuuslaitokset käyttävät noin 55 %. Yhtenä rajoittavana tekijänä on kuitenkin korjuukustannusten kalleus. Erilaiset puupolttoaineet ovat energian tuotannossa hyvin ympäristöystävällisiä niiden matalien hiilidioksidipäästöjensä ansiosta. (6)

Käytettävät puupolttoaineet Kuopion kattilalaitoksella ovat kuori, hake, ruokohelpi ja sahapuru. Myös nämä polttoaineet säilötään 300 m³:n biosiiloon. Kun niitä kuljetetaan laitokselle, eri materiaalit on jo valmiiksi sekoitettu keskenään. Puupolttoaineita voi syöttää kattilaan samalla tavalla kuin turvettakin, sekä etu- että takaseinältä ja molemmista syöttölinjoista. Kaikilla edellä mainituilla puupolttoaineilla on aikalailla samankaltaiset ominaisuudet. Kun ne saapuvat laitokselle, niiden kosteus on 50 – 55 % ja tehollinen lämpöarvo 7 – 20 MJ/kg. Koska puupolttoaineita poltetaan kattilassa eri sekoitussuhteilla turpeen kanssa, niiden määrä on riippuvainen syötettävän turpeen määrästä. Sekapoltolla saatava suurin jatkuva tuorehöyryvirta on 90 % kattilan kapasiteetista, eli noin 54 kg/s. Kun esimerkiksi turpeen ja hakkeen yhteiskulutus on noin 60 m³/h, polttoainetehoksi saadaan noin 70 MW ja kattilan tehoksi 63 MW. Nämä yllä olevat arvot ovat vain alustavia käyttöarvoja. (2)

5.2 Apupolttoaineet

5.2.1 Kivihiili

Suomen energiantuotannossa käytetään paljon kivihiiltä. Hiililaatuja voi olla monia, ja ne voidaan jakaa eri ryhmiin niiden haihtuvien aineiden ja lämpöarvon perusteella.

Suomen voimalaitoksissa hiiltä poltetaan pölypolttona. Tällaiseen polttotekniikkaan soveltuvat sellaiset hiililaadut, jotka sisältävät paljon haihtuvia aineita. Suomessa hiililaatujen haihtuvien aineiden määrä on noin 30 – 38 prosenttia. Jos haihtuvien aineiden määrä on vähäisempi, kannattaa pölypoltton sijaan käyttää kiertopetitekniikkaa. (6)

Kuopion kattilalaitoksella hiili varastoidaan sille kuuluvaan siiloon, jonka tilavuus on 100 m³. Maksimikapasiteetti hiilen syötössä on 30 m³/h. Toisin kuin muita polttoaineita syötettäessä, hiiltä voidaan syöttää kattilaan ainoastaan etuseinältä. kierto-leijukattilassa on mahdollista polttaa kivihiiltä turpeen sijaan, kun kuorma-alue on 50 – 70 % kattilan polttoainetehosta. Jos turpeen tai biopolttoaineen syötössä ilmaantuu häiriöitä, voidaan hiilen syöttö kattilaan aloittaa. Hiilen hyvien palamisominaisuuksien ansiosta tulipesän lämpötila säilyy korkeana. Hiilen syötön ollessa puoliteholla, eli 15 m³/h, kattilan polttoaineteho nousee hiilen lämpöarvosta riippuen arvoon 110 MW. Kattilan tehoksi saadaan noin 100 MW. Nämä kulutusarvot ovat vain informatiivisia. (2)

5.2.2 Kevyt- ja raskaspolttoöljy

Polttoöljyt voidaan jakaa kahteen eri ryhmään, kevyisiin ja raskaisiin polttoöljyihin niiden ominaisuuksien perusteella. Kun lämpötila laskee, pienenevät myös öljyjen tiheydet. 15 °C:een lämpötilassa kevyen polttoöljyn tiheys on 830 – 870 kg/m³ ja raskaan 970 – 1000 kg/m³. Kevyen polttoöljyn käyttö on paljon helpompaa, koska se on juoksevaa, ja erillistä lämmitystä ei tarvita. Kun raskasta öljyä käsitellään huoneenlämmössä, se on liian jäykkää ja tarvitsee ensin lämmityksen tai kokonaisen polttoainejärjestelmän. (6)

Kuopion Cymic- kattilalla kevyttä polttoöljyä käytetään käynnistyspolttoaineena, kun kattilan petihiekkaa aloitetaan lämmittää varsinaista polttoainetta varten. Öljy pumpataan varastosäiliöstä ja polttimille tullessaan se on korkeassa paineessa. Jos paine on liian suuri, se pudotetaan säätöventtiileillä sopivaksi. Starttipolttimet (2 kpl) on sijoitettu kattilan molemmille sivuseinille, ne ovat noin 3 metriä tulipesän yläpuolella 35 asteen kulmassa pohjaa kohden. Yhden starttipolttimen kapasiteetti on 0,84 kg/s ja teho 36 MW. Kevyellä polttoöljyllä voidaan saavuttaa noin 72 MW:n polttoaineteho.

Raskasta polttoöljyä käytetään tukipolttoaineena erilaisissa kattilan häiriötilanteissa. Tarpeen vaatiessa öljypoltolla voidaan tukea kiinteän polttoaineen palamista. Öljyn säilytyslämpötila on 45 °C, mutta ennen käyttöä lämpötilaa nostetaan höyryllä noin 150 °C:een. Öljystä tulee juoksevaa ja viskositeetti saadaan sopivaksi polttimia varten. Kattilalla on kaksi kuormapolttinta, yksi kummallakin sivuseinällä. Ne on sijoitettu vaakasuoraan noin 7,5 metrin korkeuteen tulipesän pohjasta. Yhden kuormapolttimen kapasiteetti on 1,06 kg/s ja teho 43 MW. Raskaalla polttoöljyllä voidaan tuottaa tarvittaessa noin 86 MW:n polttoaineteho. (2)

Alla olevista taulukoista näkee yleisiä öljyjen ominaisuuksia:

Taulukko 1. Kevyen polttoöljyn ominaisuuksia. (2)

| | | |
|--------------------------------|--------------------|------------------|
| Alempi lämpöarvo (LHV, kostea) | MJ/kg | 42,9 |
| Kosteus (H ₂ O) | mg/kg | < 200 |
| Rikki | m-% | <0,2 |
| Tuhka | m-% | <0,01 |
| Tiheys 15 °C | kg/m ³ | 870 |
| Viskositeetti 50 °C | mm ² /s | 2...4 |
| Hiltojäännös | m-% | ≤0,2 |
| Lämpötila toimitusrajalla | °C | 25 |
| Paine toimitusrajalla | bar(g) | imuyhde tankissa |

Taulukko 2. Raskaan polttoöljyn ominaisuuksia. (2)

| | | |
|-----------------------------------|--------------------|-------|
| Alempi lämpöarvo (LHV, kostea) | MJ/kg | 41 |
| Kosteus (H ₂ O) | vol-% | <0,7 |
| Rikki | m-% | <1,0 |
| Tuhka | m-% | <0,15 |
| Tiheys 15 °C | kg/m ³ | 1005 |
| Viskositeetti 50 °C | mm ² /s | 420 |
| Asfalteenit | m-% | ≤6 |
| Lämpötila toimitusrajalla | °C | 45 |
| Paine toimitusrajalla | bar(g) | 25 |

5.2.3 Sytytyskaasu (Propaani)

Propaani on nestekaasu, ja sen kiehumispiste on -42,1 °C. Tämän kiehumispisteen ansiosta propaania voidaan säilyttää ja varastoida nestemäisenä noin 0 – 15 bar paineessa. Propaanin tiheys on 2,01 kg/m³, mikä tarkoittaa sitä, että se on ilmaa raskaampaa. Tämä asia on otettava tarkasti huomioon kaikissa voimalaitoksissa, kun mietitään kattilan tuuletusta kaasuvuotojen varalta. (6)

Kuopion kattilalaitoksella on yhteensä 4 nestekaasupulloa ja niillä on oma säilytystila kattilan ulkopuolella. Sytytyskaasua käytetään kattilan öljypolttimien käynnistykseen, ja sitä otetaan yhdestä pullosta kerrallaan. Nestekaasun käyttö kattilalaitoksella on vähäistä. (2)

5.3 Voimalaitoskemikaalit

Voimalaitoksilla käytetään suuria määriä erilaisia kemikaaleja vuosittain eri tilanteissa. Käytettävät kemikaalit ovat pääsääntöisesti vedenkäsittely- ja prosessikemikaaleja. Kemikaalit voivat olla happamia tai emäksisiä. Aineiden vaarallisuutensa vuoksi ne tulee varastoida huolellisesti ohjeiden mukaan.

Kuopion kattilalaitoksella kattilavesikemikaalien annosteluasema on sijoitettu laitoksen 1. kerrokseen. Hapenpoisto-, pH-säätö- ja fosfaattikemikaaleille on omat annostelusäiliöt, joiden tilavuus on 800 litraa. Jokaisessa säiliössä on omat sekoittimet sekä kaksi annostelupumppua, joista toinen on käytössä ja toinen varalla.

Tilavuudeltaan 50 m³:ta oleva ammoniakkivesisäiliö ja sen pumppauslaitteille on oma avonainen vesikatettu huone, josta kemikaali pumpataan kattilalaitokselle.

Kattilaan syötettävää prosessivettä ei voi käyttää ilman esikäsitteilyä. Raakavesi johdetaan vedenkäsittelylaitokselle suolan poistoon, jossa poistetaan epäpuhtaudet käyttäen suolahappoa (HCl), rikkihappoa (H₂SO₄) sekä natriumhydroksidia (NaOH). Vesi- höyrykiertoon joudutaan myöhemmin lisäämään jälkiannostelukemikaaleja. Näiden avulla estetään korroosio-ongelmien ja kerrostumien synty. Hapenpoistokemikaalia on mahdollista syöttää syöttövesisäiliöön vedenpinnan alapuolelle tai kaasunpoistimeen. Kaasut poistuvat säiliön päällä olevan kaasunpoistokuvun kautta. Nykyään hapenpoistokemikaalien käyttöä on vähennetty huomattavasti, koska jotkut on todettu syöpää aiheuttaviksi kemikaaleiksi.

Kattilan vedenkierron aikana on myös huomioitava veden pH- arvon mahdolliset vaihtelut. Tarvittaessa lisätään trinitiumfosfaattiliuosta (Na₃PO₄ + H₂O) syöttövesilinjaan ennen esilämmittimiä. Se toimii kattilaveden pH:n säätökemikaalina. Kemikaaliluettelosta (Liite 3.) voi tarkastella eri voimalaitoksissa käytettäviä kemikaaleja ja niiden ominaisuuksia. (2) (10)

5.4 Hiekka

Hiekansyöttöjärjestelmään kuuluu yksi hiekkasiilo, jonka tilavuus on 50 m³. Siilon alaosassa on purkausruuvi, jonka toimesta hiekka toimitetaan kattilan tulipesään. Tulipesän ensitäyttö voidaan suorittaa pneumaattisesti erillisen ensitäyttöyhteen kautta. Hiekkaa poistuu kattilasta pohjatuhkan mukana, mutta pohjatuhkaseulan ansiosta se voidaan erottaa muusta tuhkasta ja palauttaa takaisin kattilaan. Kattilaan joudutaan syöttämään lisähiekkaa tietyin väliajoin riippuen polttoaineesta ja sen tuhkamäärästä sekä palamattomista komponenteista. Jos kattilassa poltetaan hiiltä ja turvetta, lisähiekan tarve on pienempi kuin puupolttoaineilla poltettaessa. Kun kattilaa ajetaan täydellä teholla kiinteän polttoaineen avulla, hiekan keskimääräinen kulutus 150 MW:n laitoksessa on noin 0,8 t/h. Kiertoleijukattiloissa käytettävä hiekka on kuivaa luonnonhiekkaa, jonka raekoko on noin 0,7 mm. (2)

5.5 Kalkki

Kattilalaitoksella kalkinsyöttöjärjestelmää tarvitaan vähentämään leijupoltossa syntyviä rikkidioksidipäästöjä. Syötettävä kalkki on kalsiumkarbonaattia, (CaCO_3). Kuopion CymicTM-kattilan kalkkisiilo on suuruudeltaan 200 m³ ja se täytetään pneumaattisesti täyttöputken avulla. Leijutusilmalla voidaan leijuttaa kalkkia siilon pohjasta. Kalkki syötetään kattilan tulipesään etuseinältä ja takaseinältä yläsekundäärisuuttimien avulla ja tarvittava ilmamäärä saadaan aikaan vakionopeuspuhaltimilla. Kun kattilassa poltetaan eri biopolttoaineita, kalkinsyöttöä ei aina välttämättä tarvita. Turpeella poltettaessa rikkipitoisuudet nousevat niin korkeaksi, että kalkinsyöttö on aiheellista. Kun poltetaan eri puupolttoaineita, kalkin syöttö on vähäisempää tai sitä ei syötetä ollenkaan. Jos laitosta ajetaan turpeen ja biopolttoaineen sekoituksella polttoainetehon ollessa 140 MW, tulipesään syötettävä kalkkimäärä on noin 815 kg/h. (2)

5.6 Veden käyttö

Voimalaitokselle tarvittava vesi otetaan vesijohtoverkosta. Vettä tarvitaan moniin eri käyttötarkoituksiin ja yleensä vesi tarvitsee esikäsittelyä ennen varsinaista käyttöä. Vettä käytetään eri prosesseissa, huoltovetenä tai talousvetenä. Prosesseissa vettä tarvitaan kattilan vesi-höyrypiirissä suolattoman veden valmistukseen sekä lisäveden valmistukseen. Huoltovesiä ovat sammutus- ja jäähdytysjärjestelmän vedet sekä pesuvedet. (10)

5.6.1 Lisävesi

Lisävesi on esikäsiteltyä vettä, jota syötetään kattilan vesi-höyrypiiriin korvaamaan ulospuhalluksessa, höyrystymisessä ja vuodoissa menetetyt vedet. Lisävedelle asetetaan laatuvaatimuksia ja ne riippuvat hyvin paljon kattilatyypistä ja paineesta. Kun paine kasvaa kattilassa, nousevat myös veden laatuvaatimukset. Lieriökattiloissa lisävedelle ei ole niin tarkkaa laatuvaatimusta kuin läpivirtauskattiloille, koska epäpuhtauksia voidaan poistaa lieriöstä ulospuhalluksella. Lisäveden kulutus suuren polttoainetehon omaavassa laitoksessa on 1 – 2 kg/s.

5.6.2 Lauhdevesi

Kattilassa vesi höyrytetään ja johdetaan tulistettuna turbiinille, josta saadaan tuotettua sähköä. Höyryä käytetään myös kaukolämpöveden lämmittämiseen ja suoraan lämmönlähteenä eri prosesseissa. Edellä mainituista prosesseista palautuvaa lauhtunutta höyryä kutsutaan lauhdevedeksi. Lauhdevesi on yleensä niin puhdasta, että sitä voidaan palauttaa suoraan takaisin vesi-höyrykiertoon. Näin säästetään lisäveden tuotantokustannuksissa. Lauhdeveteen sekoittuu kuitenkin epäpuhtauksia putkistoista ja lämmönvaihtimista. Jatkuvalle ulospuhalluksella ja kemikaalien annostuksella säilytetään kattilaveden puhtaus ja vältytään saostumilta ja korroosiolta. Lauhteenpuhdistus on tarpeellista etenkin lieriökattiloilla, koska ne toimivat korkeilla paineilla. Puhtaan lauhteen kulutus normaalissa tuotannossa on 50 – 55 kg/s.

5.6.3 Jäähdytysvesi

Kattilalaitoksella jäähdytysveden tehtävänä on jäähdyttää laitteet, jotka ovat jäähdytysverkossa ja aiheuttavat lämpöä käydessään. Kuopion kattilalaitoksella on sekä avoin että suljettu jäähdytysvesipiiri. Avoimessa jäähdytysvesipiirissä käytetään mekaanisesti puhdistettua raakavettä. Vesi otetaan järvestä ja johdetaan ulospuhallussäiliöön jäähdyttämään kuumia lauhteita. Säiliön alapäässä on lämpötilansäätö, joka ohjaa järiveden linjassa olevaa venttiiliä säiliön lauhdevesien lämpötilan mukaan. Ulospuhallussäiliöstä on myös yhde viemäriin.

Kattilan suljetun jäähdytysvesipiirin vetenä käytetään samaa vettä kuin kattilassakin, eli se on demineralisoitua vettä. Sen käyttökohteita ovat pohjatuhkakuljettimien lämmönvaihdin, kolme syöttövesipumppua, kaksi lauhdepumppua ja kaksi näyteasemaa. Järjestelmälle on erikseen meno- ja paluurunkolinja. Lämmennyt vesi palautuu yhteiseen runkolinjaan ja siitä takaisin jäähdytysvesiverkkoon.

Pohjatuhkakuljettimille on vielä erikseen oma jäähdytysjärjestelmä. Sen vesi jäähtyy lämmönvaihtimessa laitoksen varsinaisen jäähdytysveden ansiosta. Säiliö on 1,4 m³ tilavuudeltaan. Säiliöstä vesi pumpataan ensin lämmönvaihtimen läpi ja sen jälkeen kuljettimille. Lämmennyt vesi palautetaan kaikista kohteista takaisin säiliöön.

5.7 Apuhöyryt

Kattilalaitoksen apuhöyryjärjestelmällä on 5 eri päätehtävää. Yleensä verkon kautta siirrettävä höyry on noin 3 – 6 bar paineessa ja se otetaan turbiinin väliotoista. Kuopion laitoksella siirrettävä höyry on 5 bar väliottohöyryä. Syöttövesisäiliöön syötettävä höyry lämmittää syöttöveden haluttuun lämpötilaan ja osallistuu samalla kaasunpoistoon. Myös primääri- ja sekundääri-ilman esilämmittimille syötetään höyryä, jolla nostetaan kattilaan menevän palamisilman lämpötilaa. Höyryn syöttö näihin kahteen prosessiin on pääsääntöistä ja höyryn virtaus on noin 1 – 2 kg/s.

Apuhöyryjärjestelmää käytetään myös polttoainekuljettimilla sammutushöyrynä tulipalon sattuessa, raskaan polttoöljyn esilämmittämiseen sekä kuormapolttimilla öljyn hajotukseen, jotta ruiskutus kattilaan on tasainen. Näihin toimenpiteisiin apuhöyryä syötetään vain tarvittaessa.

Kattilan ollessa tuotannossa lämpöpinnoille kertyy noki- ja lentotuhkakerrostumia. Tämän seurauksena kattilan hyötysuhde huononee ja vaikuttaa muutenkin kattilan toimintaan. Korroosioriski kasvaa ja tukkeutumisongelmat ovat mahdollisia. Silloin tarvitaan nuohousta. Käytettävät nuohoimet ovat höyrynuohoimia ja tarvittava korkeapainehöyry otetaan ensimmäisen primääritulistimen jälkeen. Painetta nuohoushöyrylinjassa on noin 25 baaria ja höyryvirta 1 – 2 kg/s. (2) (12) (13)

5.8 Sähkö

Nykyaikaiset lämmön- ja sähköntuotantolaitosten tiedonhallintajärjestelmät säilyttävät valtavia määriä prosessiaineistoa, jota jaetaan ja käsitellään läpikotaisin organisaation kesken. Kuopion kattilalaitoksen eri laitteiden sähkön kulutuksia on mahdollisuus tutkia Kuopion Energian omasta valvomosta käsin Metso DNA Report -nimisen tiedonkeräysohjelman avulla. Kyseinen ohjelma on verkkopalvelin ja se on Metso Automationin toimittama. Ohjelman avulla on mahdollista raportoida tietoa yhdestä lähteestä kerrallaan tai useista lähteistä samaan aikaan.

Järjestelmien laitteita on mahdollista hakea mm. nimen, kuvauksen tai yksikön mukaan. Ohjelma sisältää myös työkalut eri laskelmiin, trendeihin, hälytys- ja tapahtuma-analyysieihin sekä operaattorien lokikirjoihin. Trendien ja analyysien avulla voidaan tarkastella laitteiden prosentuaalisia tehoja minuutti-, tunti-, päivä-, kuukausi-

sekä vuosikohtaisesti. Kattilalaitosta ajavat operaattorit näkevät monitoreista laitteiden tehoja prosentteina. Järjestelmästä ei saa suoraan tehon arvoja watteina, vaan silloin täytyy ottaa huomioon myös operoitavien laitteiden sähkömoottoreiden nimellistehot.

Suurimpia sähkön kuluttajia Kuopion kattilalaitoksella ovat primääri- ja sekundääri-ilmapuhaltimet, syöttövesipumput sekä savukaasupuhaltimet. (12) (14)

6 PÄÄSTÖT

6.1 Vaaditut päästömitoitussarvot

Kiinteitä-, nestemäisiä- tai kaasumaisia polttoaineita polttaville voimalaitoksille on asetettu tietyt päästöraja-arvot. Tiedot, jotka tulee toimittaa alueelliselle ympäristökeskukselle tai ympäristönsuojeluviranomaiselle vuosittain voimalaitoskäyttäjän puolesta ovat rikkidioksidin, typpioksidien ja hiukkasten kokonaispäästöt, laitoksen käyttämä kokonaisenergia polttoaineittain luokiteltuna, päästöjen jatkuvien mittausten tulokset sekä mittalaitteiden tarkastukset. Polttolaitosten päästöraja-arvoja, joiden polttoaineteho on suurempi tai yhtä suuri kuin 50 MW:a, voi tarkastella liitteessä 4. (9)

6.2 Päästöarvoihin vaikuttavat tekijät

6.2.1 Rikkidioksidi (SO₂)

Isoissa polttolaitoksissa, joissa poltetaan öljyä, turvetta tai hiiltä, rikkidioksidipäästöiltä ei voi välttyä, koska eri polttoaineet sisältävät itsessään rikkiä. Palamisreaktiossa polttoaineiden sisältämä rikki hapettuu rikkidioksidiksi. (10)



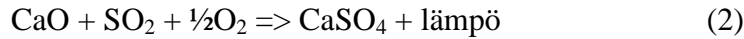
Jos kattilassa poltetaan leijupolttotekniikalla esimerkiksi turvetta, rikin päästöihin voidaan vaikuttaa syöttämällä kalkkikiveä tulipesään. Kattilassa tapahtuu seuraavia kemiallisia reaktioita:



CaCO_3 = kalsiumkarbonaatti

CaO = kalsiumoksidi, poltettu kalkki

CO_2 = hiilidioksidi



CaO = kalsiumoksidi, poltettu kalkki

SO_2 = rikkidioksidi

O_2 = happi

CaSO_4 = kalsiumsulfaatti, kipsi

Kuopion kattilalaitoksella on 200 m^3 :n kalkkisiilo, josta lähtee kaksi eri kalkinsyöttölinjastoa kattilan molemmille seinille. Kalsiumkarbonaatti (CaCO_3) johdetaan tulipesään paineilmaa tuottavien syöttöilmapuhaltimien avulla. Kalkin syöttö voidaan tarvittaessa sulkea toiselta-tai molemmilta seiniltä yhtä aikaa sulkuventtiilien avulla. Kun kattilassa poltetaan turvetta täydellä teholla, tarvitaan myös kalkin syöttöä. Turpeen kulutus on $15,7 \text{ kg/s}$ ja rikkidioksidipäästöjen alentamiseen tarvittava kalkin määrä on noin $0,25 \text{ kg/s}$. Muilla biopolttoaineilla poltettaessa rikin määrä on niin alhainen, ettei kalkinsyöttöä aina tarvita. Rikkidioksidin päästötakuu on 200 mg/Nm^3 laskettuna 6% :n happitasossa kuivista savukaasuista tuntikeskiarvona. (2) (12)

6.2.2 Typen oksidit (NO_x)

Voimalaitoskattiloissa typenoksidipäästöt ovat yleisiä kun poltetaan öljyä, puupolttoaineita, hiiltä ja turvetta. Öljyllä poltettaessa NO_x -päästötaso riippuu hyvin paljon kattilan koosta ja tulipesän mitoituksesta. Myös eri polttoaineiden oma tyypipitoisuus ja polttimen tyyppi vaikuttavat päästöarvoihin.

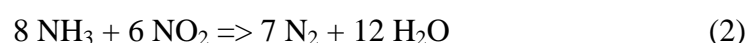
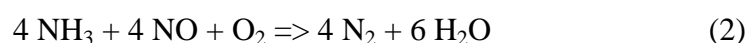
Puupolttoaineiden, turpeen ja hiilen poltossa typenoksidipäästöjen määrään vaikuttavat samat tekijät. Jos vertaillaan eri kattilatyyppisiä, alhaisimmat NO_x -

päästötasot saavutetaan leijukattiloissa alhaisen polttolämpötilan ansiosta ja suurimmat typpipäästöt syntyvät arinakattiloissa ja kaasutuspoltoissa. (10)

Kuopion uudessa kierto-leijukattilassa typenoksidipäästöt pidetään sallittavissa rajoissa kahdella tavalla, palamisilman säädöillä ja ammoniakkin syötöllä. Tarvittava palamisilma voidaan ottaa kattilahuoneesta imuilmakanavasta tai tarvittaessa ulkoilmasta. Riippuen ulkoilman lämpötilasta, palamisilma voidaan esilämmittää glykoliesilämmittimessä niin, että lämpötila ennen puhaltimia on vähintään 5 °C. Sisältä ja ulkoa otetut palamisilmat sekoitetaan keskenään ja lopulta haarautuvat primääri- ja sekundääripuhaltimille. Kun kattilassa poltetaan täydellä teholla esimerkiksi turvetta, arvioitu kokonaisilmamäärä on 54,2 Nm³/s. Kun poltetaan turpeen ja puupolttoaineiden sekoituksia ilman määrä jää pienemmäksi. (2)

SNCR (Selective Non Catalytic Reduction)-ammoniakinsyöttöjärjestelmän aineena käytetään ammoniakkivettä, jonka väkevyys on 25 %. Aine voidaan varastoida sille kuuluvaan säiliöön, jonka tilavuus on 50 m³. Säiliöstä aine pumpataan prosessiin ja ruiskutuslaitteille. Suuttimia on yhteensä 4 kappaletta ja ne on sijoitettu kattilan ja syklonin väliseen välikanavaan päällekkäin metrin välein. Ammoniakkivesi ruiskutetaan paineilman avulla suoraan savukaasuvirtaan. Reaktiossa ammoniakki reagoi typen oksidien kanssa muodostaen typpeä ja vettä. Kun savukaasujen lämpötila nousee alueelle 850 – 1000 °C, reaktiot tapahtuvat tehokkaimmin. Typen oksidien päästötakuu on 200 mg/Nm³ laskettuna 6 %:n happitasossa kuivista savukaasuista tuntikeskiarvona. (2)

Kattilassa pääreaktiot ovat seuraavat:



NH₃ = ammoniakki

NO = typpioksidi

NO₂ = typpidioksidi

O_2 = happi

N_2 = typpi

H_2O = vesi

6.2.3 Hiukkaset

Savukaasut sisältävät paljon hiukkasia ja ne muodostuvat polttoaineiden sisältämästä tuhkasta, palamattomasta polttoaineesta ja myös osittain hienojakoisesta petimateriaalista. Kun poltetaan öljyä polttimilla, alhaisimmat hiukkaspäästötasot saadaan kattiloissa, jotka sisältävät yhden tai useamman syklonin. Syklonin ansiosta hiukkaset saadaan erotettua hyvin tehokkaasti savukaasuista. Suurimmat päästöt muodostuvat pienemmissä kattiloissa, jotka eivät sisällä minkäänlaisia hiukkaserottimia. Polttoaineen laatu, polttimen tyyppi sekä kattilan koko ja palamisolosuhteet vaikuttavat voimakkaasti hiukkaspäästöjen määrään.

Erilaisilla puupolttoaineilla, hiilellä ja turpeella poltettaessa ei voi myöskään välttyä hiukkaspäästöiltä. Pienimmät päästöarvot saadaan arina- tai leijukattiloissa, joissa jäähdytetyt savukaasut johdetaan sähkösuodattimelle. Suurimmat päästöt syntyvät kaasutuspoltoissa sekä puupolttoaineita polttavissa arinakattiloissa. (10)

Kuopion voimalaitoksella jäähdytetyt savukaasut imetään ilmanesilämmittimien jälkeen sähkösuotimelle kahdella taajuusmuuttajakäyttöisellä savukaasupuhaltimella. Sähkösuodatin koostuu kahdesta osasta, korkeajännitteisestä emissiojärjestelmästä ja erotusjärjestelmästä. Näiden kahden järjestelmän välinen potentiaaliero muodostaa sähkökentän suotimen sisälle, johon sen toiminta perustuu. Sähkösuodattimessa hiukkaset johdetaan maadoitettujen kokoojalevyjen ja jänniteyksikköön liitettyjen emissioelektrodien väliin. Elektrodien tasavirtajännite toimii alueella 50 – 80 kV. Kaasumolekyylit törmäävät elektrodeihin, joilla on negatiivinen varaus. Seurauksena kaasumolekyylit ionisoituvat ja hiukkaset saavat myös negatiiviset varaukset. Hiukkaset kerääntyvät kokoojalevyjen pinnoille, joista ne voidaan ravistamalla pudottaa esilämmitettyihin pohjasuppiloihin. (2)

7 TIEDON KERÄYS JA TULOSTEN KÄSITTELY

Tiedon keräys Kuopion Haapaniemen kattilalaitoksella toteutui kahdella eri tavalla. Tietoa kerättiin putkilinjoissa olevista virtausmittauksista ja muut saatavilla olevat tiedot Metso DNA- järjestelmän trendeistä ja tiedonkeruuohjelmasta. Tarkasteltavia apuaineita kattilalaitoksella olivat vedet ja lauhteet, höyryt, nestemäiset, kiinteät ja kaasumaiset polttoaineet, voimalaitoskemikaalit sekä sähkö. Toinen suuri tutkinnan aihe oli kattilan alkupoltoista syntyvät päästöt.

Vesien kulutuksien seuraaminen oli tämän prosessin vaativin osa. Asiakkaalta tulevaa lisäveden virtausta syöttövesisäiliöön oli mahdollista seurata virtausmittauksen avulla, mutta prosessiveden, jäähdytysveden ja paloveden kulutuksia oli mahdotonta mitata, koska linjoissa ei ollut mittauksia. Lauhteita tarkasteltiin vasta myöhemmässä vaiheessa kiinteän polttoaineen syötön yhteydessä. Uuden kattilalaitoksen puolella olevaan päälauhdelinjaan oli asennettu virtausmittaus. Uuden kattilan päänhöyryä ajettiin vanhalle turbiinille ja syntyvä lauhde palautettiin syöttövesisäiliöön. Lauhteita pumpattiin myös kaukolämpövaihtimien kautta.

Höyryn kulutusta seurattiin höyryputkiston puhalluksissa, joita oli yhteensä 9 kpl, tulistimien nuohouksessa sekä turbiinille menevää tuotantohöyryä eri kattilan tehoarvoilla. Käyttöönoton aikana öljyllä lämmitettäessä muodostui pieniä määriä tuorehöyryä, joka johdettiin päänhöyrylinjasta starttiventtiilin kautta taivaalle. Myöhemmin kiinteällä polttoaineella poltettaessa höyryä muodostui jo kattilan omiin tarpeisiin. Aluksi otettiin käyttöön apuhöyry- ja kaukolämpöreduktiolinjat, ja myöhemmin höyry johdettiin vanhalle turbiinille. Uudelle kattilalle tulevaa apuhöyryä ei pystynyt mittaamaan, koska se johdettiin vanhan laitoksen jakotukilta. Samalta tukilta höyryä otettiin vanhalle ja uudelle laitokselle.

Kevyen ja raskaan polttoöljyn kulutuksista sai hyvin tarkat kulutustiedot. Kevyen öljyn tarkkaa kulutusta seurattiin kentällä polttimien läheisyydessä olevista öljyn virtausmittauksista kilon tarkkuudella. Raskaalla öljyllä oli samanlaiset mittarit, mutta jatkuvan öljynkierron vuoksi kulutusta ei voinut seurata kentältä vaan polttimien kulutukset näkyivät automaatiojärjestelmässä olevasta laskurista tuhannen kilon tarkkuudella. Käyttöönoton aikana käytetty sytytyskaasun määrä jäi vähäiseksi, vaikka kaasua käytettiin sekä vanhalla että uudella kattilalla samaan aikaan. Kaasupulloilla oli oma säilytyspaikkansa kattilalaitoksen ulkopuolella.

Kattilan höyrypuhallusten jälkeen oli entisöintiviikko, jolloin ylimääräiset peittaus- ja puhallusputkistot ja pumput poistettiin ja samalla tapahtui kattilan huoltotoimet normaaliin ajotilaan. Tämän jälkeen kattila oli valmis kiinteän polttoaineen polttoon. Ensimmäiset syötöt kattilaan tehtiin turpeella, mutta heti vuorokauden kuluessa turpeen sekaan lisättiin metsähaketta, seossuhteeksi muodostui turvetta 45 % ja haketta 55 %. Kiinteän polttoaineen polton aikana kattilassa poltettiin myös pieniä määriä hiiltä. Hiiltä poltettiin biopolttoaineen kanssa seoksena, sekä 100 %:n kuorma-alueella. Biopolttoaineen ja hiilen kulutuksia pystyi helposti seuraamaan kuution tarkkuudella automaatiojärjestelmästä.

Kalkin syöttöä tulipesään alettiin testata pienellä kuormalla vasta käyttöönoton loppupuolella. Kalkki syötettiin ensin kattilan etuseinältä ja myöhemmin etu- ja takaseinältä samanaikaisesti. Kalkin kulutus näkyi automaatiojärjestelmässä tuhannen kilon tarkkuudella. Ammoniakkiveden syötön testaus syklonin välikanavaan tapahtui samoihin aikoihin kalkin kanssa. Kulutus näkyi kentällä olevasta virtausmittauksesta kuution tarkkuudella ja järjestelmässä tuhannen kilon tarkkuudella.

Käyttöönoton aikana käytettyjen kemikaalien ominaisuuksissa oli eroja. Toiset kemikaaleista olivat myrkyllisiä ja syövyttäviä, kun taas toiset olivat haitallisia ja ärsyttäviä. Kaikki kemikaalit olivat ympäristölle haitallisia. Peittauksessa käytettiin sekä emäksisiä että happamia kemikaaleja. Eniten kului fluorivetyhappoa happokäsittelyssä ja natriumhydroksidia jätehapon neutralointiin. Kattilaveden säätökemikaaleina käytettiin ammoniakkivettä pH:n säätämiseen ja trinatriumfosfaattiliuosta Ca^{2+} - ja Mg^{2+} - ionien saostamiseen. Hapenpoistokemikaalia ei käytetty käyttöönoton aikana.

Toinen tutkinnan aihe käyttöönoton aikana oli alkupolttojen päästöt ja niiden mittaukset. Mittausten asennus myöhästyi alkuperäisestä aikataulusta sillä vasta kiinteän polttoaineen polton aikana mittaukset alkoivat näyttää oikeita lukuja. Kaikki mittaukset sijaitsivat savupiipussa noin 30 metriä maanpinnasta. Piipussa oli kaksi eri mittausyksikköä, jotka mittasivat päästöarvoja kosteista savukaasuista todellisessa hapessa. DCS- järjestelmästä päästöarvoja näkyi kahdelta eri näytöltä. Nämä mittaukset olivat kuivista savukaasuista redusoituna 6 %:n hapella. Molemmat yksiköt mittasivat samoja suureita: typpiyhdisteet, rikkiyhdisteet, hiilimonoksidi, pöly, vesi ja

happi. Näiden mittausten lisäksi oli mahdollista seurata hapen ja hiilimonoksidin arvoja heti kattilan jälkeen.

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli mitata ja analysoida Kuopion Energian Cymic -kattilalaitoksen käyttöönoton aikaisia apuaineiden kulutuksia ja alkupolttojen aikana syntyviä päästöjä. Tarvittaessa osallistuin myös laitoksen erilaisiin koekäyttötehtäviin.

Apuaineiden kulutuksia mitattiin noin kolmen kuukauden ajan, mikä käsitti pääkohdat kattilan käyttöönotosta. Tutkimukseni tuloksena voidaan todeta, että aikaisemmat, vanhoista projekteista kerätyt apuaineiden kulutustiedot ovat olleet vain karkeita arvioita. Todelliset mittaustulokset osoittautuivat edellä mainittuja tietoja huomattavasti alhaisemmiksi. Apuaineiden kulutuksien kannalta työni onnistui suunnitellusti. Kaikki saatavilla oleva tieto kerättiin talteen mittauspöytäkirjana Excel-tiedostoon, mutta vain pieni osa siitä julkaistaan. Suurin osa mittaustuloksista jää salaiseksi.

Ensi poltoissa syntyvien päästöjen tutkimuksia varten savupiipussa oli kaksi mittausyksikköä. Kuopion Energian päävalvomossa päästöjä seurattiin kahdelta eri näytöltä ja mittaukset olivat kuivista savukaasuista redusoituna 6 %:n happitasoon. Onnistunut mittausjakso, jolloin tuloksia sai kerättyä, oli noin kuukauden mittainen. Kattilan teho vaihteli hyvin paljon, koska kiinteän polttoaineen kuormaa vaihdeltiin eri järjestelmien testausten ohessa. Tulosten perusteella voi sanoa, että mitatut päästöt vaihtelivat paljon kattilan ollessa vielä asennus- ja käyttöönottovaiheessa.

Työn alussa oli ensin selvitettävä, minkälaisessa laitoksessa tulen työskentelemään. Kattilalaitoksen varsinaiset käyttö- ja huolto-ohjeet eivät olleet vielä valmiit, sen sijaan opiskelin aivan vastaavanlaisen laitoksen ohjeita. Päästyäni Kuopioon tutustuin aluksi voimalaitokseen, Metson henkilökuntaan sekä ajan kuluessa Kuopion Energian työntekijöihin. Kuopion voimalaitos oli urallani ensimmäinen, johon tutustuin käytännön tasolla. Tästä johtuen työtehtävät tuntuivat alusta alkaen hyvin haastavilta ja kiinnostavilta. Kesän edetessä ympäristö ja ihmiset tulivat tutuiksi ja viihdyin todella hyvin voimalaitoksella.

LÄHTEET

1. Metso Oyj. 2010. Metso yleiskatsaus. Saatavissa:
[http://www.metso.com/corporation/about_eng.nsf/WebWID/WTB-080921-2256F-817B2/\\$File/Metso_General_Presentation_Finnish.pdf](http://www.metso.com/corporation/about_eng.nsf/WebWID/WTB-080921-2256F-817B2/$File/Metso_General_Presentation_Finnish.pdf) [Viitattu 25.3.2011]
2. Metso Power Oy, CymicTM-Kuopio, käyttö- ja huolto-ohje.
3. Energia Suomessa - Tekniikka, talous ja ympäristövaikutukset (3. painos). VTT. 2004. Edita Prima Oy. Saatavissa:
http://www.bioenergia.fi/default/www/etusivu/tietoa_bioenergiasta/energiatuotannon_tekniikka/polttotekniikka_nestemaisille_polttoaineille/soodakattila/
[Viitattu 28.3.2011]
4. Metso Power Oy. 2007. Recox-kattilan esite. Saatavissa:
[http://www.metso.com/pulpandpaper/recovery_boiler_prod.nsf/WebWID/WTB-090513-22575-48DAB/\\$File/RECOX.pdf](http://www.metso.com/pulpandpaper/recovery_boiler_prod.nsf/WebWID/WTB-090513-22575-48DAB/$File/RECOX.pdf) [Viitattu 28.3.2011]
5. Metso Power Oy. 2010. mEvap-haihduttamon esite. Saatavissa:
[http://www.metso.com/Automation/pp_prod.nsf/WebWID/WTB-100108-2256F-46A34/\\$File/mEvap.pdf](http://www.metso.com/Automation/pp_prod.nsf/WebWID/WTB-100108-2256F-46A34/$File/mEvap.pdf) [Viitattu 28.3.2011]
6. Huhtinen, M., Kettunen, A., Nurminen, P. & Pakkanen, H. 2000. Höyrykattilatekniikka. Helsinki. Oy Edita Ab.
7. Metso Power Oy. 2007. Hybex-kattilan esite. Saatavissa:
[http://metso.com/energy/boiler_prod.nsf/WebWID/WTB-090517-22575-35FC6/\\$File/HYBEX.pdf](http://metso.com/energy/boiler_prod.nsf/WebWID/WTB-090517-22575-35FC6/$File/HYBEX.pdf) [Viitattu 31.3.2011]
8. Metso Power Oy. 2007. Cymic-kattilan esite. Saatavissa:
[http://metso.com/energy/boiler_prod.nsf/WebWID/WTB-090517-22575-9DCEB/\\$File/CYMIC.pdf](http://metso.com/energy/boiler_prod.nsf/WebWID/WTB-090517-22575-9DCEB/$File/CYMIC.pdf) [Viitattu 31.3.2011]
9. Valtion sääöstietopankki. 2002. Polttolaitosten päästöraja-arvot. Saatavissa:
<http://www.finlex.fi/pdf/sdliite/liite/4412.pdf> [Viitattu 21.4.2011]
10. Suomen ympäristökeskus. 2003. Paras käytettävissä oleva tekniikka polttolaitoksissa suomessa, s. 76 – 87. Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=3708> [Viitattu 21.4.2011]
11. Niemi, E. 2011. Käyttöpalveluinsinööri. Metso Power Oy. Keskustelut kevät. 2011. Keskustelu 1.
12. Keinonen, T. 2011. Käyttöpalveluinsinööri. Metso Power Oy. Keskustelu kevät. 2011. Keskustelu 2.
13. Ekholm, J. 2011. Vanhempi Asiantuntija. Metso Power Oy. Keskustelu kevät. 2011. Keskustelu 3.
14. Metso Automation Oy. 2011. Metso DNA Report-tiedonkeruuhjelman esite. Saatavissa:

[http://www.metso.com/Automation/docs2.nsf/0/042D9E5961F2673BC2257790002BEC35/\\$file/E8399_EN_03-DNA%20Report.pdf](http://www.metso.com/Automation/docs2.nsf/0/042D9E5961F2673BC2257790002BEC35/$file/E8399_EN_03-DNA%20Report.pdf) [Viitattu 25.7.2011]

Kuopion Energia**CFB- kattila****Käyttöönoton aikaiset kulutukset****Peittaus ja magnetiittikalvon ajo****Lähtötiedot:**

Starttipolttimet: 2 * 36 MW (kevyt polttoöljy)

Kuormapolttimet: 2 * 43 MW (raskas polttoöljy)

Lisävesi: Täyssuolanpoisto tehty

| Apuaine | Toimenpide | Ajanjakso | Kattilan teho (MW) | Kesto (h) | Aineen keskikulutus (kg/s) | Kulutus yhteensä (kg, m ³) |
|---|---|------------------|--------------------|-----------|----------------------------|--|
| Berol DGR 81 | Peittaus, rasvanpoisto | 13.6.2011 | 10 | 6 | | 40 kg |
| Fluorivetyhappo HF*H₂O (75%) | Peittaus, happokäsittely | 13.6.2011 | 10 | 4 | 0,3 | 2170 kg |
| Rodine 31 A, (inhibiittori) | Peittaus, happokäsittely | 13.6.2011 | 10 | 4 | 0,1 | 300 kg |
| Sitruunahappo, C₆H₈O₇ | Peittaus, passivointi | 14.6.2011 | 10 | 5 | 0,1 | 300 kg |
| Natriumnitriitti, NaNO₂ | Peittaus, passivointi | 14.6.2011 | 10 | 5 | | 50 kg |
| Ammoniakkivesi, väk. ≤ 25 %, NH₃*H₂O | Peittaus, passivointi | 14.6.2011 | 10 | 5 | 0,1 | 360 kg |
| Lipeä, (natriumhydroksidi) NaOH | Peittaus, jätehapon neutralointi. pressualtaat | 14.6.2011 | 10 | 5 | 0,3 | 1000 kg |
| Kalkki, (CaO) | Peittaus, jätehapon neutralointi. pressualtaat | 14.6.2011 | 10 | 5 | | 3000 kg |
| Kevyt polttoöljy | Magnetiittikalvon ajo. | 17.6 - 18.6.2011 | 20 | 50 | 0,2 | 35 500 kg |
| Lisävesi | Kattilan peittaus, rasvanpoisto ja happokäsittely sekä neutralointi passivointi | 13.6 - 14.6.2011 | 10 | 11 | 15 | 580 m³ |

| | | | | | | | |
|---------------------|--|------------------|----|----|------|---------------------|---------------------------|
| Prosessivesi | Peittaus, kattilan ja tulistimien huuhtelut | 14.6.2011 | 10 | 3 | 30 | 360 m ³ | |
| | Magnetiittikalvon ajo. | 17.6 - 18.6.2011 | 20 | 50 | 8 | 1500 m ³ | |
| | | | | | | TOTAL: | 2440 m³ |
| | Kattilan tyhjennys Peittauksen happokäsittelyn jätevedet ja huuhteluvedet pressuallaille | 13.6.2011 | 10 | 2 | 20 | 145 m ³ | |
| | Peittauksen neutralointi ja passivointi jätevedet pressuallaille | 13.6.2011 | 10 | 3 | 25 | 290 m ³ | |
| | Peittauksen neutralointi ja passivointi jätevedet pressuallaille | 14.6.2011 | 10 | 2 | 20 | 145 m ³ | |
| | Peittaus, tulistimien huuhteluvedet Peittauksen jälkeinen huuhtelu ennen painekoetta | 14.6.2011 | 10 | 1 | 19 | 70 m ³ | |
| | | 15.6.2011 | 10 | 2 | 20 | 145 m ³ | |
| | Magnetiittikalvon ajo. | 17.6 - 18.6.2011 | 20 | 50 | 0,25 | 45 m ³ | |
| | | | | | | TOTAL: | 840 m³ |

Kuopio, Haapaniemi
CFB- kiertoleijukattila (150 MW_{th})
Käyttöönotto, aikataulu 2011

| Toimenpide | Ajanjakso | Viikko | Kattilan teho (MW) | Huom. |
|--|-------------------|--------|--------------------|---|
| Vesipainekoe | 14.2 - 15.2.2011 | 7 | | 6 tuntia |
| Kattilan ensitulet käynnistyspolttimilla | 2.6 - 3.6.2011 | 22 | 0 - 10 | 4 tuntia / päivä |
| Kemikaalinen puhdistus/peittäys | 13.6 - 14.6.2011 | 24 | 0 - 20 | 6 tuntia / päivä |
| Entisöinti 1 | 14.6 - 16.6.2011 | x | x | x |
| Muurausten kuivatus | 16.6 - 22.6.2011 | 24 | 0 - 150 | 130 tuntia |
| Magneetiikkalvon ajo | 17.6 - 19.6.2011 | 24 | 0 - 70 | 50 tuntia |
| Höyryjärjestelmän puhallukset/kattilan puhdistus | 20.6 - 27.6.2011 | 25 | 0 - 150 | 2 puhallusta / päivä |
| Entisöinti 2 | 28.6 - 30.6.2011 | x | x | x |
| Kiinteän startti +viritys, (turve) | 7.7 - 8.7.2011 | 27 | 45 - 100 | keskiteho 75 MW, lukitustestit |
| Kiinteän ajo, (turve+hake) | 11.7 - 17.7.2011 | 28 | 45 - 140 | keskitehto 100 MW, lukitus- ja kuormitustekstit |
| | 18.7 - 24 .7.2011 | 29 | 55 - 135 | Osakuormatetit |
| | 25.7 - 31.7.2011 | 30 | 55 - 135 | Osakuormatetit |
| Kiinteän ajo, (turve+hake seos)+ kivihiili | 1.8 - 7.8.2011 | 31 | 55 - 135 | Osakuormatetit |
| | 8.8 - 14.8.2011 | 32 | 55 - 135 | Osakuormatetit |



Kattilalaitoskemikaalit

Prepared by Tuomo Keinonen
Project name 647K-CYMIC
Subject Käyttö- ja huolto-ohje

Tämän asiakirjan tarkoituksena on koota kemikaaleihin liittyvää tietoa, joka parantaa Metso Powerin osaamista HSE-asioissa. Tämä asiakirja ei välttämättä sisällä kaikkia kattilalaitoksella esiintyviä kemikaaleja, ja toisaalta kaikkia tässä asiakirjassa esitettyjä kemikaaleja ei esiinny kaikilla kattilalaitoksilla.

| Nimi | CAS # | Esiintyminen | Varoitukset |
|---|------------|--|-------------|
| Alumiinijauhe | 7429-90-5 | Lentotuhka | F |
| Ammoniakin vesiliuos | 1336-21-6 | Aine, jota käytetään typen oksidien vähentämiseen. | C, N |
| Ammoniakki | 7664-41-7 | | T, N |
| Ammoniumbifluoridi | 1341-49-7 | Peittaus (happoseos) | T, C |
| Dimetyylisulfidi (haisevat rikkiyhdisteet) | 75-18-3 | Haihduttamo | - |
| Fluorivety | 7664-39-3 | Peittaus, fluorivetykäsittely | T+, C |
| Fosforihappo | 7664-38-2 | Peittaus, fosforikäsittely | C |
| Glykoli | 107-21-1 | Esilämmitin - ilmastointi | Xn |
| Hiili | 7440-44-0 | Polttoaine | - |
| Hiilidioksidi | 124-38-9 | Palamistuote | - |
| Hiili-monoksidi | 630-08-0 | Palamistuote | F+, T |
| Hydratsiini | 302-01-2 | Lauhteen käsittely, magnetiittikalvon muodostus, kemiallinen hapenpoistoaine | T, N |
| Kadmium | 7440-43-9 | Lentotuhka | T+, N |
| Kalsiumhydroksidi | 1305-62-0 | Lentotuhka, (peittaus; fluorivedyn neutralisointi) | Xi |
| Kalsiumkarbonaatti | 471-34-1 | Lentotuhka, kalkki | - |
| Kalsiumoksidi | 1305-78-8 | Lentotuhka | Xi |
| Kalsiumsulfaattidihydraatti, kipsi | 13397-24-5 | Lentotuhka | - |
| Kevyt polttoöljy | 68476-30-2 | Polttoaine | Xn, N |






























Kattilalaitoskemikaalit

Prepared by Tuomo Keinonen

Project name 647K-CYMIC

Subject Käyttö- ja huolto-ohje

| | | | | |
|---|------------|--|--|-----------|
| Kvartsi, piidioksidi | 14808-60-7 | Hiekka | - | |
| Laimeat hajukaasut | | Haihduuttamo, RECOX |   | T+, F |
| Lipeä - Natriumhydroksidi | 1310-73-2 | Mustalipeä, valkolipeä, viherlapeä, sula: alkalinen keitto. |  | C |
| Lyijy | 7439-92-1 | Lentotuhka | - | |
| Metaani | 74-82-8 | Maakaasu |  | F+ |
| Metanoli | 67-56-1 | Haihduuttamo |   | F, T |
| Metyylimerkaptaani (haisevat rikkiyhdisteet) | 74-93-1 | Haihduuttamo |    | F+, T, N |
| Muurahaishappo | 64-18-6 | Peittaus, happoseos |  | C |
| Natriumkarbonaatti, sooda | 497-19-8 | RECOX, alkalinen keitto |  | Xi |
| Natriumnitriitti | 7632-00-0 | Alkalinen keitto, detergentti |    | O, T, N |
| Natriumsulfaatti | 7757-82-6 | Massan valmistus | - | |
| Natriumsulfidi | 1313-82-2 | Massan valmistus |   | C, N |
| Natriumvetysulfitti, natriumbisulfitti | 7631-90-5 | Bisulfittipesuri |  | Xn |
| Propaani | 74-98-6 | Sytytyskaasu |  | F+ |
| Raskas polttoöljy | 68476-33-5 | Polttoaine |  | T |
| Rikkidioksidi | 7446-09-5 | Palamistuote |  | T |
| Rikkihappo | 7664-93-9 | Haihduuttamo, veden käsittely |  | C |
| Rikkivety, vetysulfidi | 7783-06-4 | Palamistuote |    | F+, T+, N |
| Seleeni | 7782-49-2 | Lentotuhka |  | T |
| Sulfamidihappo | 5329-14-6 | Hölkäkaasupesuri, (voidaan myös käyttää peittauksessa) |  | Xi |
| Sykloheksanoliamiini, sykloheksyyliamiini | 108-91-8 | Lauhteen käsittely (neutraloiva amiini) |  | C |
| TCDD (2,3,7,8), dioksiinit | 1746-01-6 | Palamistuote | - | |
| Trinatriumfosfaatti (vedetön) | 7601-54-9 | Alkalinen keitto, detergentti | - | |



Kattilalaitoskemikaalit

Prepared by Tuomo Keinonen

Project name 647K-CYMIC

Subject Käyttö- ja huolto-ohje

| | | | | |
|--------------------------|------------|---------------------------|--|-------|
| Typpioksidit | 10102-43-9 | Palamistuote | - | |
| Typpioksiduuli, Ilokaasu | 10024-97-2 | Palamistuote | - | |
| Tärpähti | 8006-64-2 | Haihduuttamo |  | Xn, N |
| Voiteluöljy | 64741-97-5 | Hammaspyörien voiteluöljy |  | T |
| Väkevät hajukaasut | | Haihduuttamo, RECOX |  | T+, F |

Uusien polttolaitosten ja kaasuturbiinien, joiden polttoaineteho on suurempi tai yhtä suuri kuin 50 megawattia päästöraja-arvot
Taulukko 1. Kiinteitä polttoaineita polttavien polttolaitosten rikkidioksidipäästöraja-arvot

| Polttoaineteho MW | Päästöraja-arvo, mg SO ₂ /m ³ (n), 6 % O ₂ | | |
|----------------------|---|-------------------|---------------|
| | Polttoaine | | |
| | Biomassa | Turve | Muut kiinteät |
| 50 ≤ P ≤ 100 | 200 | 400 | 850 |
| 100 < P ≤ 300 | 200 | 200 ¹⁾ | 200 |
| P > 300 | 200 | 200 | 200 |

¹⁾ Jos päästöraja-arvoa ei turpeen ominaisuuksien vuoksi voida noudattaa näissä laitoksissa, niin vähintään 92 prosentin rikinpoistoastetta tai päästöraja-arvoa 300 mg SO₂/m³(n), on noudatettava.

Taulukko 2. Nestemäisiä polttoaineita polttavien polttolaitosten rikkidioksidipäästöraja-arvot

| Polttoaineteho MW | Päästöraja-arvo mg SO ₂ /m ³ (n), 3 % O ₂ |
|----------------------|---|
| 50 ≤ P ≤ 100 | 850 |
| 100 < P ≤ 300 | 400—200 (lineaarinen vähennys) |
| P > 300 | 200 |

Taulukko 3. Kaasumaisia polttoaineita polttavien polttolaitosten rikkidioksidipäästöraja-arvot

| Polttoaine | Päästöraja-arvo mg SO ₂ /m ³ (n), 3 % O ₂ |
|--|---|
| Kaasumaiset yleensä | 35 |
| Nestekaasu | 5 |
| Koksiuunissa tuotetut kaasut, joiden lämpöarvo on pieni | 400 |
| Masuunissa tuotetut kaasut, joiden lämpöarvo on pieni | 200 |

Taulukko 4. Kiinteitä polttoaineita polttavien polttolaitosten typenoksidipäästöraja-arvot

| Polttoaineteho MW | Päästöraja-arvo, mg NO ₂ /m ³ (n), 6 % O ₂ | |
|----------------------|---|---------------|
| | Polttoaine | |
| | Biomassa | Muut kiinteät |
| 50 ≤ P ≤ 100 | 400 | 400 |
| 100 < P ≤ 300 | 300 | 200 |
| P > 300 | 150 | 150 |

Taulukko 5. Nestemäisiä polttoaineita polttavien polttolaitosten typenoksidipäästöraja-arvot

| Polttoaineteho MW | Päästöraja-arvo mg NO ₂ /m ³ (n), 3 % O ₂ |
|----------------------|---|
| 50 ≤ P ≤ 100 | 400 |
| 100 < P ≤ 300 | 200 |
| P > 300 | 175 |

Taulukko 6. Kaasumaisia polttoaineita polttavien polttolaitosten typenoksidipäästöraja-arvot

| Polttoaineteho MW | Päästöraja-arvo mg NO ₂ /m ³ (n), 3 % O ₂ | |
|----------------------|--|------------------|
| | Polttoaine Maakaasu ^{*)} | Muut kaasumaiset |
| 50 ≤ P ≤ 300 | 150 | 200 |
| P > 300 | 100 | 200 |

^{*)} Maakaasu koostuu pääosin metaanista ja maakaasun tilavuudesta enintään 20 % on inerttejä kaasuja ja muita aineosia.

Taulukko 7. Kaasuturbiinissa poltettavien polttoaineiden typenoksidipäästöraja-arvot

| Polttoaine MW | Päästöraja-arvo, mg NO ₂ /m ³ (n), 15 % O ₂ (kuorma yli 70 %) |
|------------------------------------|---|
| Maakaasu (viite 1) | 50 (viite 2) |
| Nestemäiset polttoaineet (viite 3) | 120 |
| Kaasumaiset muu kuin maakaasu | 120 |

Taulukko 8. Kiinteitä, nestemäisiä ja kaasumaisia polttoaineita polttavien polttolaitosten hiukkaspäästöraja-arvot

| Polttoaine | Päästöraja-arvo, mg /m ³ (n) | |
|---|---|------------|
| | Polttoaineteho | |
| | 50 ≤ P ≤ 100 MW | P > 100 MW |
| Kiinteä, 6 % O ₂ | 50 | 30 |
| Nestemäinen, 3 % O ₂ | 50 | 30 |
| Kaasumaiset, 3 % O ₂ | | |
| - Yleensä | 5 | 5 |
| - Masuunikaasut | 10 | 10 |
| - Terästeollisuuden tuottamat kaasut, joita voidaan käyttää muualla | 30 | 30 |

Taulukko 12. Kiinteitä polttoaineita polttavien polttolaitosten typenoksidipäästöraja-arvot

| Polttoaineteho MW | Päästöraja-arvo, mg NO ₂ /m ³ (n), 6 % O ₂ | | | |
|----------------------|---|---------------|---------------------------|---------------|
| | I vaihe 31.12.2015 saakka | | II vaihe 1.1.2016 lähtien | |
| | Polttolaitos | Muut kiinteät | Polttolaitos | Muut kiinteät |
| 50 ≤ P ≤ 500 | 600 | 600 | 600 | 600 |
| 500 < P ≤ 1000 | 500 | 500 | 200 | 200 |
| P > 1000 | 200 | 200 | 200 | 200 |

Taulukon 7 raja-arvoja ei sovelleta alle 500 tuntia vuodessa toiminnassa oleviin hätätarkoituksessa käytettäviin kaasuturbiineihin. Toiminnan harjoittajan on toimitettava ympäristölupaviranomaiselle vuosittain selvitys tällaisen laitoksen käyttäjästä.

Viite 1: Maakaasu koostuu pääosin metaanista ja maakaasun tilavuudesta enintään 20 % on inerttejä kaasuja ja muita aineosia.

Viite 2: Päästöraja-arvoa 75 mg NO₂/m³(n), voidaan noudattaa tapauksissa, joissa kaasuturbiinin hyötysuhde määritetään ISO-olosuhteissa

- sähkön ja lämmön yhteistuotannossa olevissa kaasuturbiineissa, joiden kokonaishyötysuhde on yli 75 %,
- CCGT-järjestelmissä käytettävissä kaasuturbiineissa, joiden keskimääräinen vuosittainen sähkön tuotannon hyötysuhde on kaiken kaikkiaan yli 55 %,
- mekaanista voimansiirtoa tekevissä kaasuturbiineissa.

Yhden kierroksen kaasuturbiineissa, jotka eivät kuulu edellä mainittuihin luokkiin ja joiden hyötysuhde on yli 35 % ISO-olosuhteissa, voidaan noudattaa päästöraja-arvoa 50*η/35, jossa η on kaasuturbiinin hyötysuhde prosentteina (ISO-olosuhteissa).

Viite 3: Nestemäisten polttoaineiden päästöraja-arvoa sovelletaan ainoastaan kevyt- ja keksittöisiä polttavissa kaasuturbiineissa.

Taulukko 13. Nestemäisiä ja kaasumaisia polttoaineita polttavien polttolaitosten typenoksidipäästöraja-arvot

| Polttoainetehto MW | Päästöraja-arvot, mg NO ₂ /m ³ (n), 3 % O ₂ | |
|-----------------------|--|-------------|
| | Polttoaine | |
| | Nestemäinen | Kaasumainen |
| 50 ≤ P ≤ 500 | 450 | 300 |
| P > 500 | 400 | 200 |

Taulukko 14. Nestemäisiä ja kaasumaisia polttoaineita polttavien kaasuturbiinien typenoksidipäästöraja-arvot

| Polttoainetehto MW | Päästöraja-arvot, mg NO ₂ /m ³ (n), 15 % O ₂ | | |
|-----------------------|---|---------------------|-----------------------|
| | Polttoaine | Kaasumainen | |
| | | Lupa ennen 1.4.1991 | Lupa 1.4.1991 jälkeen |
| 100 ≤ P ≤ 500 | 200 | 150 | 100 |
| P > 500 | 120 | 150 | 100 |

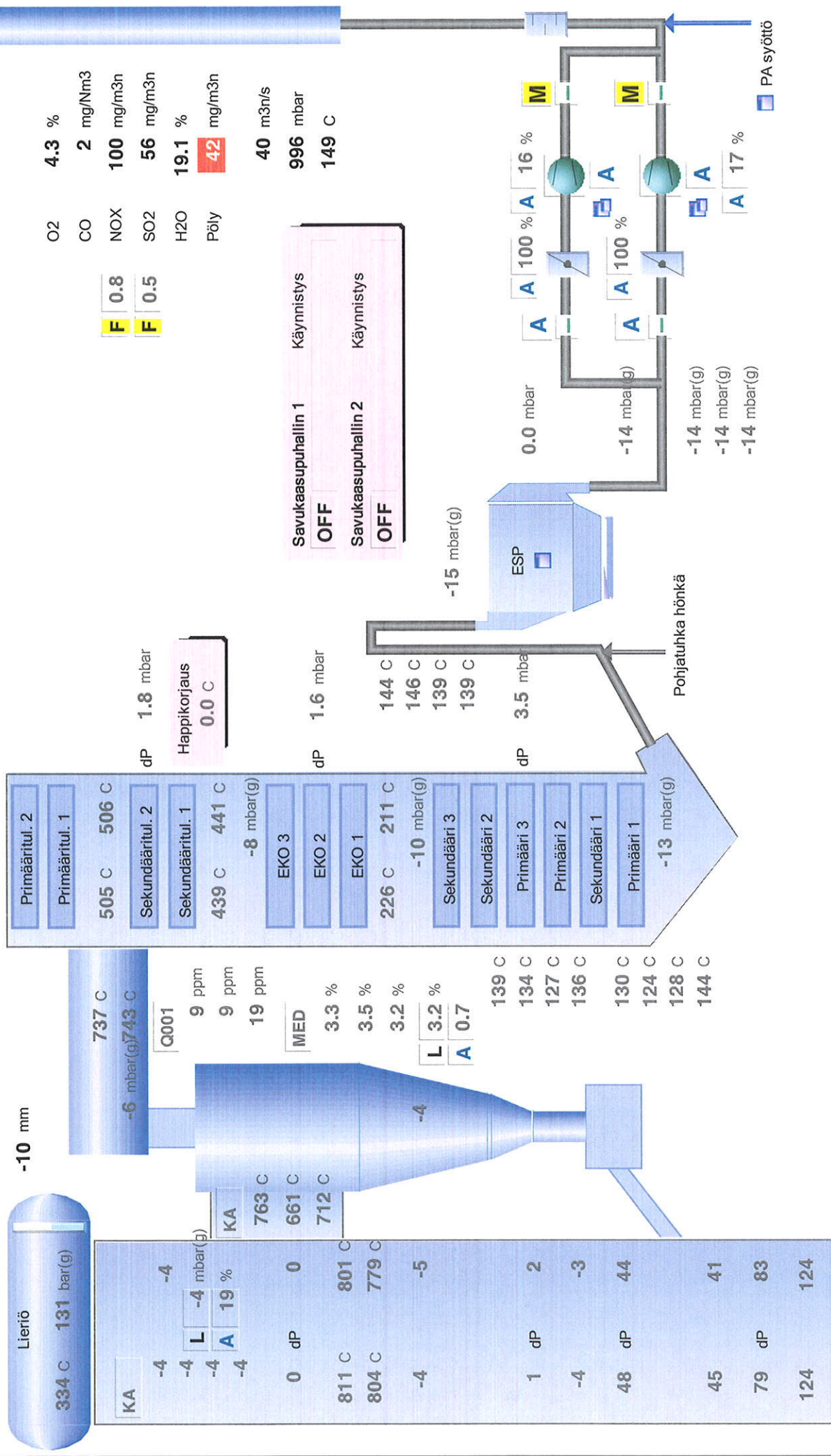
Taulukko 15. Kiinteitä, nestemäisiä ja kaasumaisia polttoaineita polttavien polttolaitosten hiukkaspäästöraja-arvot

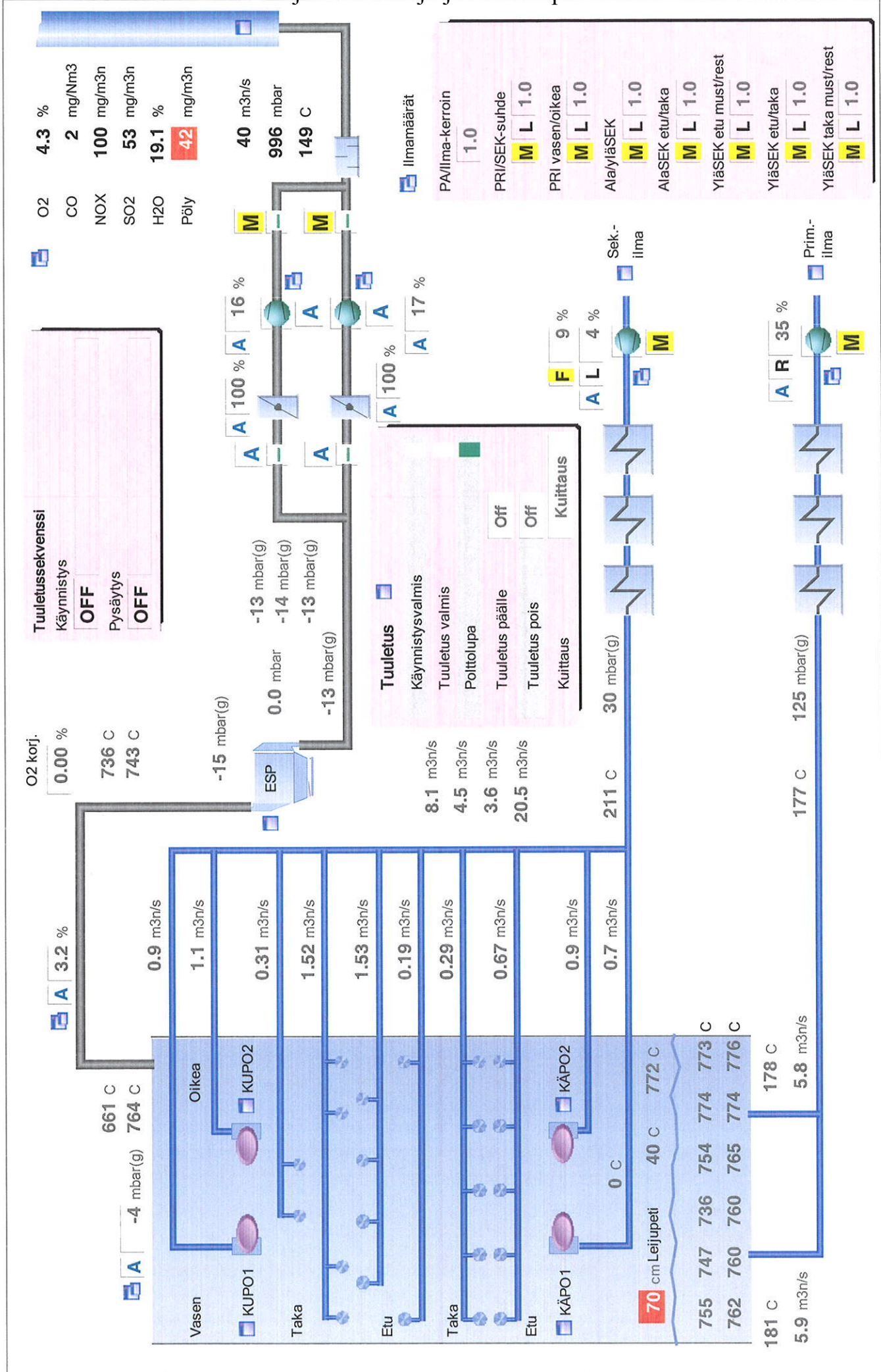
| Polttoaine | Päästöraja-arvot, mg/m ³ (n) | | |
|---|---|----|------------|
| | Polttoainetehto | | |
| | 50 ≤ P ≤ 300 | MW | P > 300 MW |
| Kiinteä, 6% O ₂ | | | |
| - Lupa ennen 1.1.1994 | 50 | | 50 |
| - Lupa 1.1.1994 jälkeen | 50 | | 30 |
| Nestemäinen, 3% O ₂ | | | |
| - Lupa ennen 1.1.1994 | 50 | | 50 |
| - Lupa 1.1.1994 jälkeen | 50 | | 30 |
| Kaasumaiset, 3 % O ₂ | | | |
| - Yleensä | 5 | | 5 |
| - Masuunikaasu | 10 | | 10 |
| - Terästeollisuuskaasut, joita voidaan käyttää muualla | 50 | | 50 |

mw:A1:Savupiippu

Savupiipun mittaukset

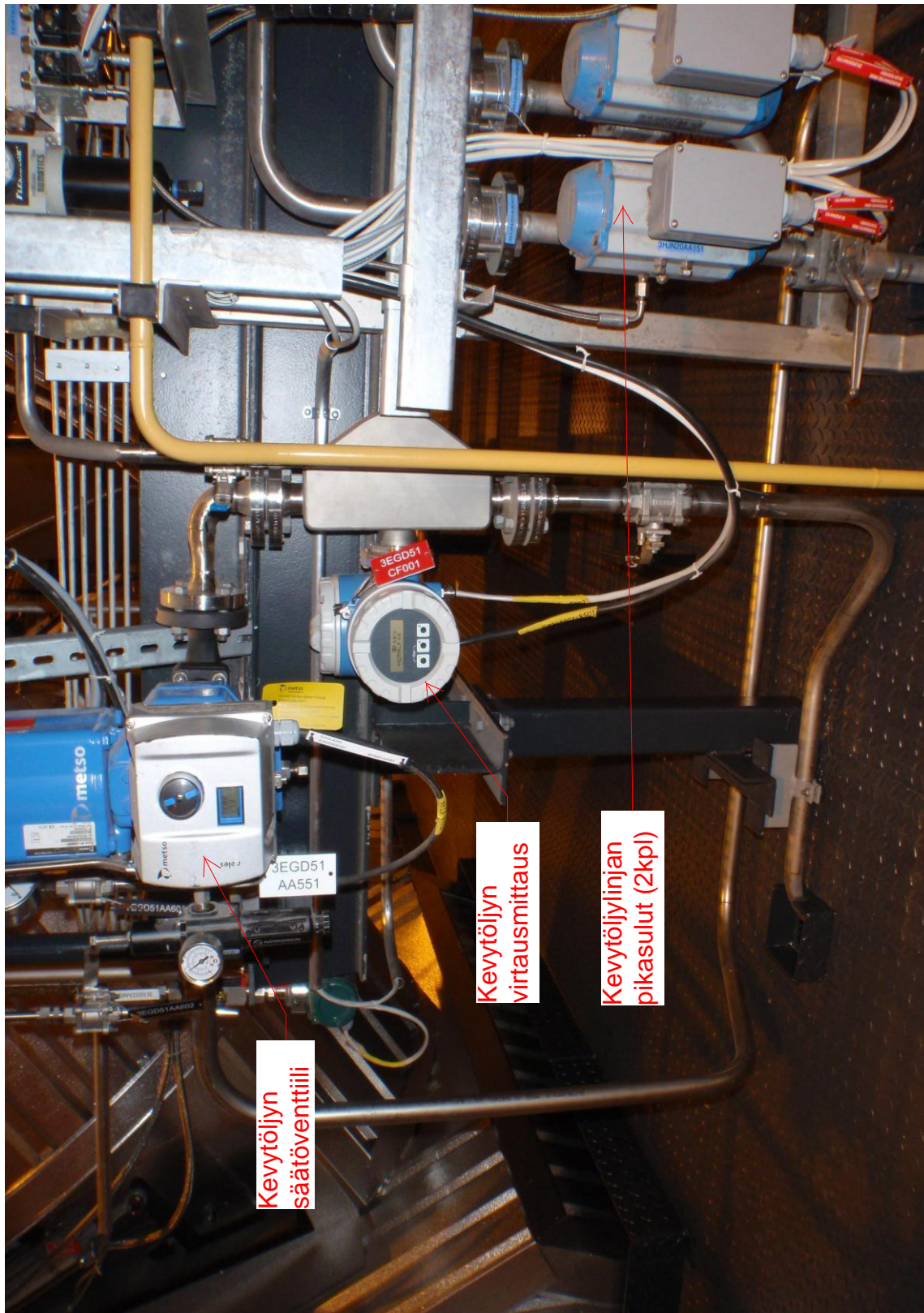
| Lähetin | Laskettu |
|-------------------------|--|
| 4.3 % | O ₂ |
| 2 mg/Nm ³ | CO |
| 176 mg/Nm ³ | NO _x 205 mg/m ³ n |
| 120 mg/m ³ n | SO ₂ 141 mg/m ³ n |
| 18.6 % | H ₂ O |
| 36 mg/m ³ | Pöly 56 mg/m ³ n |
| 77 m ³ /s | Virtaus |
| 998 mbar | Paine |
| 149 C | Lämpötila |











Kevytöljyn
säätöventtiili

Kevytöljyn
virtausmittaus

Kevytöljylinjan
pikasulut (2kpl)

Tag Master File Help

Filter

Name:

Description:

Department:

Process Area:

Type:

| Tag Name | Description | Unit | Tag Type | Min | Max | Value |
|-----------------------|--------------------------|-------|----------|-----|--------|---------|
| 9NG01U001:ins:binstat | FD/ID Fans Left | % | Discrete | | | 1 |
| 9NG02C001 | FD Fan Damper | % | Analog | 0 | 100 | 12.9808 |
| 9NG02C001:R | FD Fan Damper | | Discrete | | | 0 |
| 9NG02C001:me | FD Fan Damper | % | Analog | 0 | 100 | 12.9808 |
| 9NG02C001:pos | FD Fan Damper | % | Analog | 0 | 100 | 12.9808 |
| 9NG02C001:spa | FD Fan Damper | % | Analog | 0 | 100 | 12.9808 |
| 9NG02D001 | FD Fan | % | Discrete | 0 | 0 | 1 |
| 9NG02D001:ins | FD Fan | % | Discrete | | | 1 |
| 9NG02F001 | Air Flow Left ja MAA | Nm3/h | Analog | 0 | 200000 | 33750 |
| 9NG02F001:av | Air Flow Left ja MAA | Nm3/h | Analog | 0 | 200000 | 33750 |
| 9NG02G051 | FD Fan Damper | % | Analog | 0 | 100 | 12.9808 |
| 9NG02G051:av | FD Fan Damper | % | Analog | 0 | 100 | 12.9808 |
| 9NG02U001 | FD/ID Fans Right | % | Discrete | 0 | 0 | 1 |
| 9NG02U001:H | FD/ID Fans Right | | Discrete | 0 | 0 | 0 |
| 9NG02U001:H:binstat | FD/ID Fans Right | | Discrete | | | 0 |
| 9NG02U001:ins:binstat | FD/ID Fans Right | % | Discrete | | | 1 |
| 9NG03C001 | Inlet Air Pressure | mbar | Analog | 0 | 25 | 1.00001 |
| 9NG03C001:K | Inlet Air Pressure | | Analog | 0.5 | 1.5 | 1 |
| 9NG03C001:K:av | YHDYSKANAVAN PAI- NEE... | | Analog | 0.5 | 1.5 | 1 |
| 9NG03C001:me | YHDYSKANAVAN PAI- NEE... | mbar | Analog | 0 | 25 | 1.00001 |

Tags : 703 Selected Tags: 4