SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

# Suomen Soodakattilayhdistys ry

## Konemestaripäivä 2000

## Imatran Valtionhotelli, Imatra
## Oy Metsä-Botnia Ab, Joutseno Pulp

## 27.1.2000

## Raportti 1/2000

# SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY

## KONEMESTARIPÄIVÄ 2000

***Imatran Valtionhotelli, Imatra/Oy Metsä-Botnia Ab, Joutseno Pulp***
***torstai 27.1.2000***

### *OHJELMA*

| *klo* | |
|---|---|
| *08.30* | *Ilmoittautuminen ja aamukahvi* |
| *09.00* | *Siirtyminen Joutseno Pulpiin*<br>**Linja-autokuljetus** |
| *10.00* | *Tilaisuuden avaus*<br>**Jukka Veitola, Oy Metsä-Botnia Ab, Joutseno Pulp** |
| *10.15* | *Korkean kuiva-aineen polton erityispiirteet*<br>**Esa Vakkilainen, Ahlstrom Machinery Oy** |
| *10.50* | *Soodakattilassa poltettavat ainevirrat*<br>**Sebastian Kankkonen, Jaakko Pöyry Oy** |
| *11.15* | *Lounas* |
| *12.45* | *Ruotsin vauriot vuonna 1999*<br>**Sven Lahti, SAQ Kontroll AB** |
| *13.15* | *Metsä-Botnian Kemin tehtaiden hajukaasupolttojärjestelmän vaurio*<br>**Tapio Huuska, Oy Metsä-Botnia Ab, Kemin tehtaat** |
| *13.45* | *Kahvi* |
| *14.00* | *Vaurioita / remontteja maailmalla*<br>**Jari Ekholm, Kvaerner Pulping Oy**<br>**Lasse Koivisto, Ahlström Machinery Oy** |
| *14.45* | *Joutseno Pulpin tehdaskierros*<br>**Jukka Veitola & Jorma Viinikainen, Joutseno Pulp** |
| *17.00-18.30* | *Sauna (Imatran Valtionhotelli)* |
| *19.00-21.00* | *Päivällinen (Imatran Valtionhotelli)* |

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

ADDRESS
P.O. BOX 4
(Jaakonkatu 3)
FIN-01621 VANTAA
FINLAND

TELEPHONE
+358 9 894 71

TELEFAX
+358 9 878 1831

Eija Turunen 25.1.2000 1(3)

**KONEMESTARIPÄIVÄ 26.-27.1.2000**

| **Yritys** | **Osallistujat** | **Vauriokesk. tilaisuus 26.1.2000** | **Konemesta-ri-päivä 27.1.2000** | **Päivällinen 27.1.2000** |
|---|---|---|---|---|
| **LUENNOITSIJAT** | | | | |
| Oy Metsä-Botnia Ab, Joutseno Pulp | Jukka Veitola | | x | - |
| | Jorma Viinikainen | x | x | X |
| Ahlström Machinery Oy, Espoo | Esa Vakkilainen | | x | x |
| Jaakko Pöyry Oy, Vantaa | Sebastian Kankkonen | x | x | x |
| SAQ Kontroll AB, Ruotsi | Sven Lahti | x | x | x |
| Oy Metsä-Botnia Ab, Kemin sellutehdas | Tapio Huuska | x | x | x |
| Kvaerner Pulping Oy, Tampere | Jari Ekholm | | x | x |
| Ahlström Machinery Oy, Varkaus | Lasse Koivisto | x | x | x |

| Yritys | Osallistujat | Vauriokesk. tilaisuus 26.1.2000 | Konemestari-päivä 27.1.2000 | Päivällinen 27.1.2000 |
|---|---|---|---|---|
| **OSANAOTTAJAT** | | | | |
| Ahlström Machinery Oy/Varkaus Espoo | Lauri Hämäläinen | | x | x |
| | Timo Karvonen | | x | - |
| | Esko Mattelmäki | | x | x |
| | Ilkka Mänttäri | | x | x |
| | Petri Pynnönen | | x | - |
| | Sirpa Turunen | | x | x |
| Inspecta Oy, Lappeenranta | Kari Juvonen | | x | x |
| | Tapio Valtonen | | x | x |
| Jaakko Pöyry Oy, Vantaa | Pekka Heikkinen | | x | x |
| | Markku Lehtinen | x | x | x |
| | Eija Turunen | | x | X |
| Kvaerner Pulping Oy, Tampere | Aki Hakulinen | | x | x |
| | Markku Laitinen | | x | x |
| | Matti Salmela | | x | X |
| Kvaerner Pulping Oy Boiler Service, Tampere | Jouko Kylänpää | | x | x |
| | Risto Seppänen | | x | x |
| | Kalevi Sikanen | | x | x |
| | Jorma Ulvinen | | x | x |
| Kymi Paper Oy, Kuusankoski | Lasse Elojärvi | x | x | x |
| | Raine Rantanen | x | x | x |
| Laminating Papers Oy, Kotkan tehtaat | Matti Takala | x | x | x |
| Oy Metsä-Botnia Ab, Joutseno Pulp | Tuomo Vesterinen | | x | x |
| | Jari Keskisaari | | x | x |
| Oy Metsä-Botnia Ab, Kaskisten tehdas | Kari Auvinen | x | x | x |
| | Jorma Kenttälä | x | x | x |
| | Juhani Rissa | x | x | x |
| Oy Metsä-Botnia Ab, Äänekosken tehdas | Reijo Anttila | x | x | x |
| | Kari Lindell | | x | x |
| | Tapio Makkonen | | x | x |
| Oy Metsä-Rauma Ab, Rauma | Matti Alamaa | x | x | x |
| Neles Automation Oy, Tampere | Jukka Puhakka | | x | x |

| Yritys | Osallistujat | Vauriokesk. tilaisuus 26.1.2000 | Konemestari-päivä 27.1.2000 | Päivällinen 27.1.2000 |
|---|---|---|---|---|
| Pohjola, Helsinki | Thomas Åström | x | x | X |
| Stora Enso, Enocell Oy | Juha Matilainen | x | x | - |
| Stora Enso Oyj, Heinolan Fluting-tehdas | Rainer Kokemäki | x | x | x |
| Stora Enso Oyj, Energia, Imatra | Jukka Mikkonen | | x | - |
| Stora Enso Oyj, Imatran tehtaat | Pertti Astikainen | | x | x |
| | Tapani Hämäläinen | x | x | x |
| | Seppo Peltola | | x | x |
| Stora Enso Fine Papers Oy, Oulu | Reijo Hukkanen | x | x | x |
| | Tenho Parttimaa | x | x | x |
| Stora Enso Fine Paper, Varkauden sellutehdas | Lassi Kankala | x | x | x |
| Stora Enso Fine Papers Oy, Vetisiluodon sellutehdas | Kari Kerttula | x | x | x |
| Sunila Oy, Sunila | Tero Arvilommi | x | x | x |
| | Petri Lundén | | x | x |
| | Pekka Manninen | | x | x |
| Teollisuusvakuutus Oy, Helsinki | Esa Ilves | x | x | x |
| | Juhani Ingalsuo | | x | x |
| UPM-Kymmene Oyj Kaukas, Lappeenranta | Ari Seppänen | | x | x |
| | Olavi Virtanen | x | x | - |
| UPM-Kymmene Oyj Pietarsaaren tehtaat | Teuvo Pietilä | | x | x |
| | Lars-Martin Wikström | x | x | x |
| | Hans-Peter Österholm | | x | x |
| UPM-Kymmene Oyj, Tervasaari | Aleksi Korpelainen | | x | x |
| | Erkki Pohja | x | x | x |

# Korkean kuiva-aineen polton erityispiirteet

**Vakkilainen Esa**
**Ahlström Machinery Oy**

# Suomen soodakattilayhdistys ry. Konemestaripäivä 2000

Kehityspäällikkö Esa Vakkilainen:

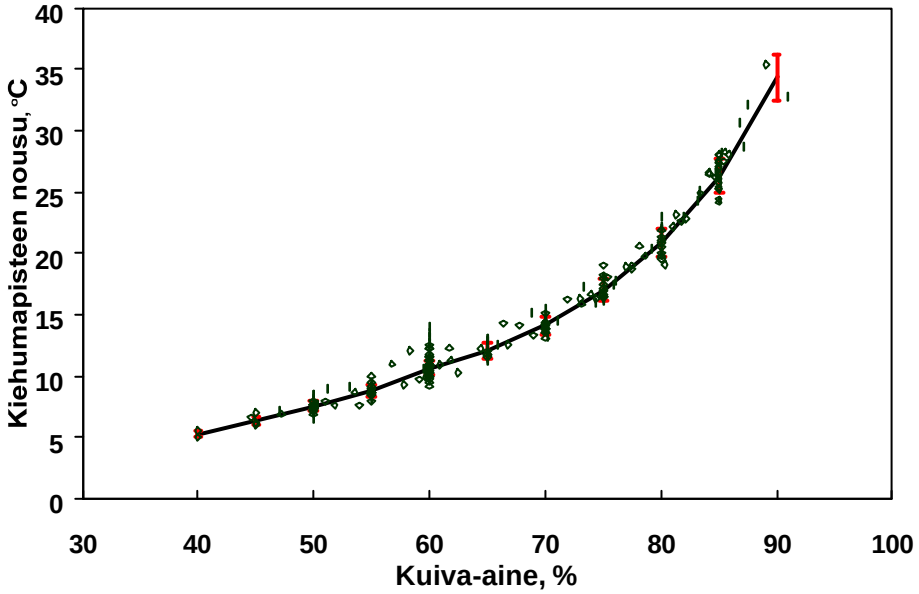
# KORKEAN KUIVA-AINEEN POLTON ERITYISPIIRTEET

**Johdanto**

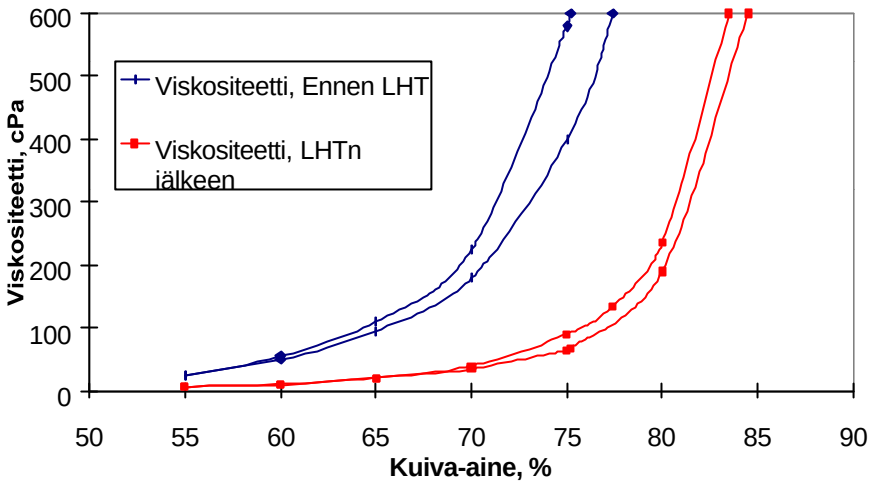
Korkean kuiva-aineen lipeän poltto on päästöjen ja likaantumisen vähenemisen sekä lisääntyneen energiantuotannon takia kiinnostanut Suomalaisia sellutehtaita. Useissa tehtaissa poltetaan lipeää yli 80 % kuiva-aineessa. Teknisesti on lipeää mahdollista polttaa jopa yli 90 % kuiva-aineessa. Ahlstrom Machineryn tosikorkean kuiva-aineen poltton kehitys aloitettiin 1997. Tehdaskokeitten ja pilotoinnin lisäksi on kehitystyössä ollut mukana useita tutkimuslaitoksia. Mustalipeän ruiskutuskokeissa on ollut yhteistyökumppanina TKK ja polttokokeissa Åbo Akademi. Tehdastason kokeita on tehty Enson Varkauden tehtailla. Kokeita 80..85 % lipeällä on tehty useassa toimittamassamme kattilassa.

**Tosikorkean mustalipeän ominaisuudet**

Mustalipeän ominaisuudet muuttuvat kuiva-aineen noustessa. Polton kannalta tärkeimmät ominaisuudet ovat kiehumapisteen nousu ja viskositeetti.




Kuva 1, Mustalipeän kiehumapisteen nousu kuiva-aineen funktiona

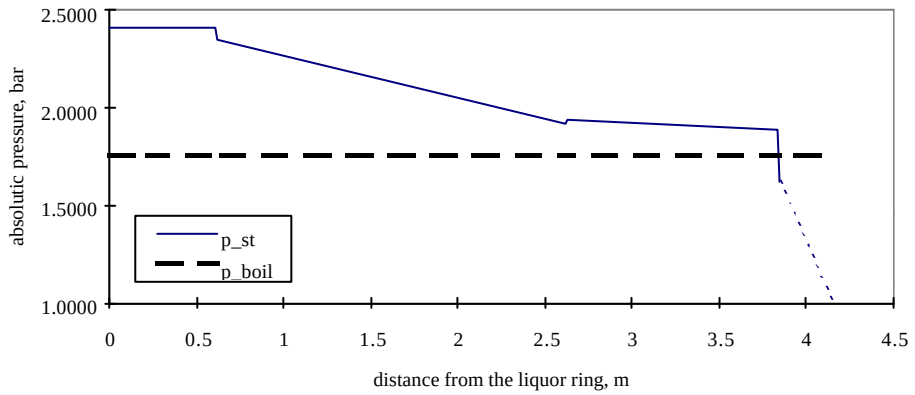



Kuva 2, Kahden mäntymustalipeän viskositeetti kuiva-aineen funktiona lämpötilassa 115 °C

Jotta mustalipeää voisi pumpata tosi korkeissa kuiva-aineissa on sen lämpötilaa nostettava ja hyödynnettävä lämpökäsittelyn tuoma viskositeetin alenema. Mustalipeän lämpötila on poltettaessa 72 – 76 % kuiva-aineista lipeää tyypillisesti hieman alle kymmenen astetta kiehumispisteen nousua vastaavaa lämpötilaa korkeampi. Viskositeetin takia on korkeakuiva-aineisia lipeitä ruiskutettava aikaisempaa huomattavasti kuumempana. Käytännössä on ruiskutuslämpötilan oltava 160 - 190 °C kun kuiva-aine nousee 90 prosenttiin. Ero kiehumapisteeseen kasvaa siten jopa 50 °C.

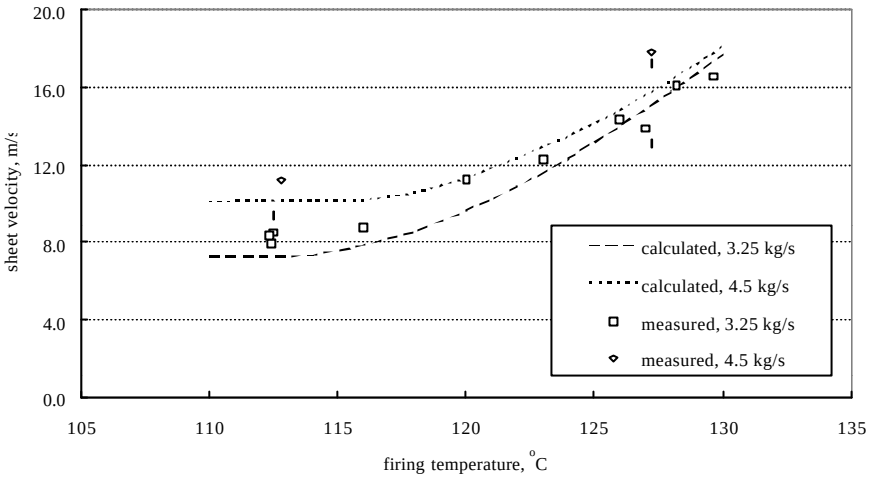
**Tosikorkean mustalipeän ruiskutus**

Mustalipeän ruiskutusta on tutkittu mallikokein, tehdaskokein ja väitöstyössä tehtävän simuloinnin puitteissa. Erityistä huomiota on kiinnitetty mustalipeän käyttäytymiseen ruiskun sisällä.



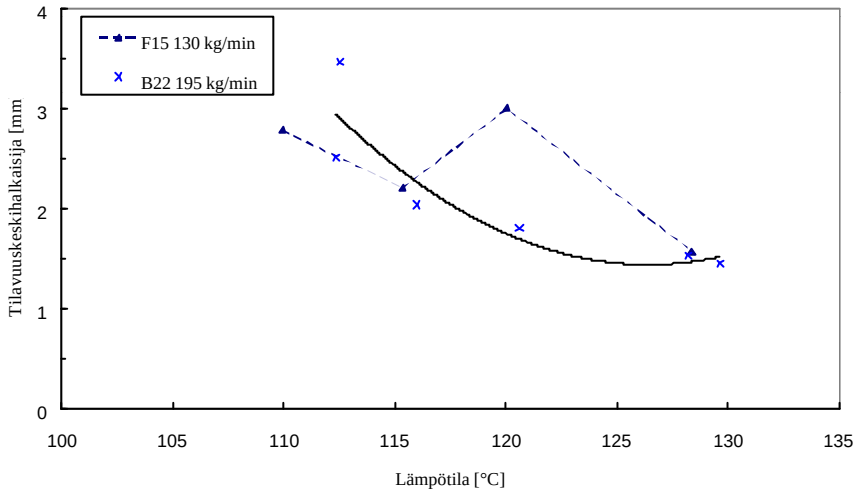

Kuva 3, Paine mustalipeän virratessa kohti suutinta

Mustalipeän paineen pudotessa suutinaukossa alle sen ruiskutuslämpötilaa vastaavan paineen se alkaa kiehua. Kiehuminen ei yleensä ole äkillistä, vaan yhä suurempi osa lipeävirtauksesta on höyrykuplia. Polttolämpötilan nousu näkyy näin ruiskutusnopeuden nousuna sekä pisarakoon ja massavirran laskuna.




Kuva 4, Lipeäpisaroiden nopeus suuttimelta ruiskutuslämpötilan funktiona.

Koska 90 % mustalipeälle joudutaan käyttämään ruiskutuslämpötilana jopa 40.. 50 °C kiehumapisteen nousua suurempaa lämpötilaa on ruiskutusparametrien ja ruiskutyypin valinnalle laitettava erityistä painoa. Jo tavanomaisissa kuiva-aineissa on havaittu eräitten ruiskujen olevan pisarakoon suhteen epästabiileja.

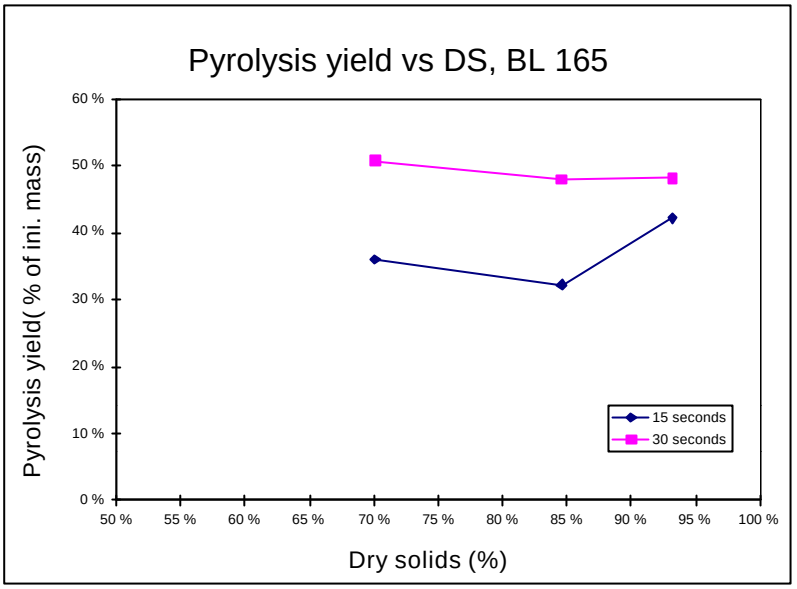



Kuva 5, Lämpötilan vaikutus pisarakokoon ruiskutettaessa mustalipeää suuttimella F15 ja Ahlstromin suuttimella B22.

**Tosikorkean mustalipeän palamisominaisuudet**

Mustalipeiden palamisominaisuuksia on tutkittu Åbo Akademin kanssa pääasiassa pisarapolttokokein. Erityisesti on oltu kiinnostuneita siitä muuttaako tosikorkea kuiva-aine eri yhdisteiden vapautumista, pisaran palamisnopeuksia ja paisumista.

Mustalipeäpisara on huono lämmönjohtaja. Prosessia hallitsee lämpötilan hidas nousu pisaran sisällä. Siksi näyttää siltä ettei kuiva-aineen nosto juurikaan vaikuta esimerkiksi haihtuvien vapautumiseen mustalipeän kuiva-ainetta nostettaessa.

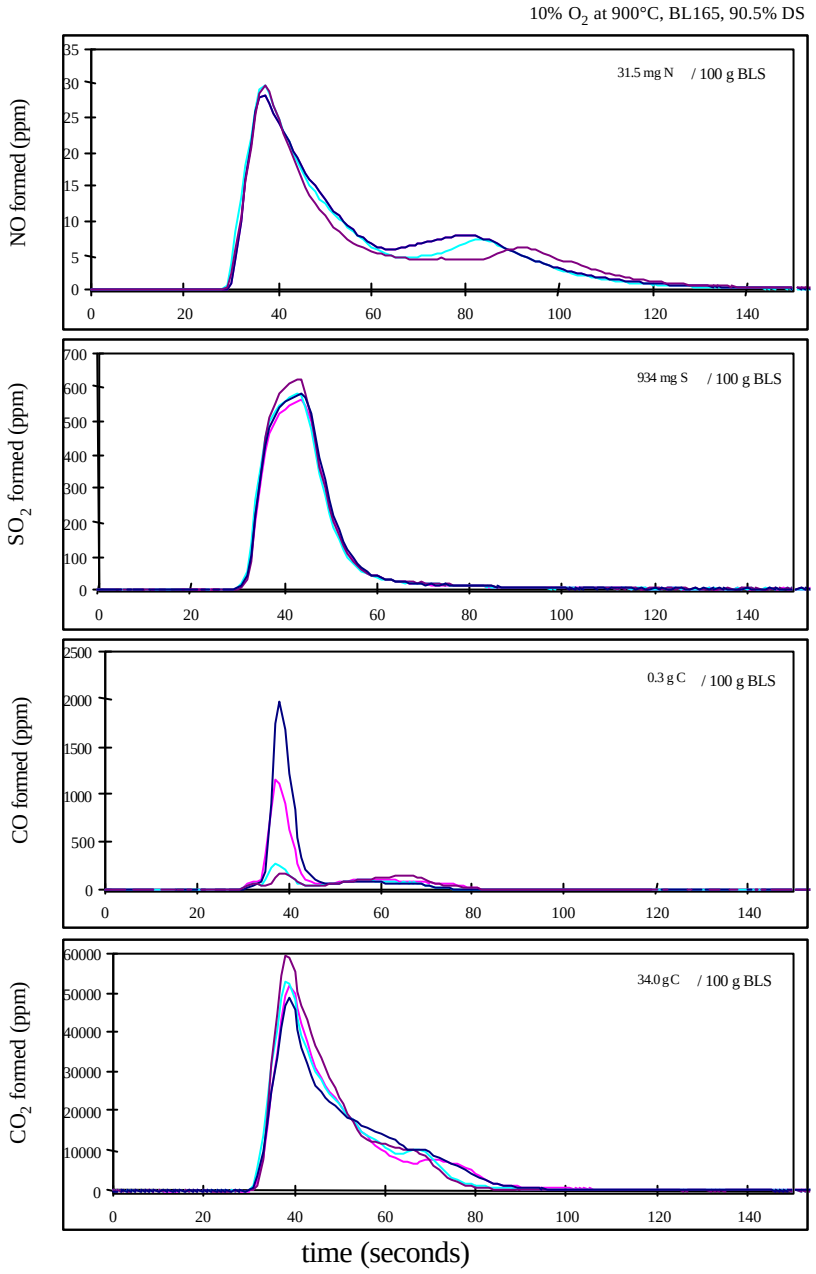



Kuva 6, Haihtuvien vapautuminen lipeän kuiva-aineen funktiona

Tosikorkean kuiva-aineen lipeän palamista on myös tutkittu polttamalla lipeäpisaroita ja analysoimalla niiden polttotuotteita eri kuiva-aineessa, happipitoisuudessa ja lämpötilassa. Erityisesti tutkittiin muuttuuko palamistuotteiden vapautumisprofiili. Esimerkki saaduista tuloksista on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1, Kuiva-aineen vaikutus palamisominaisuuksiin

| Kuiva aine | pyrolyys aika | pyrolyys saanto | paisumine | tiheys jäänös |
|---|---|---|---|---|
| | s | % | cm^3/g | g/cm^3 |
| 70.1 % | 15 | 36 % | 18.1 | 0.0486 |
| 70.1 % | 30 | 51 % | 15.9 | 0.0418 |
| 84.6 % | 15 | 32 % | 19.5 | 0.0502 |
| 84.6 % | 30 | 48 % | 14.1 | 0.0514 |
| 93.2 % | 15 | 42 % | 12.5 | 0.0712 |
| 93.2 % | 30 | 48 % | 10.7 | 0.0689 |




Kuva 7, 90 % kuiva-aineisen mustalipeäpisaran polton savukaasujen vapautuminen

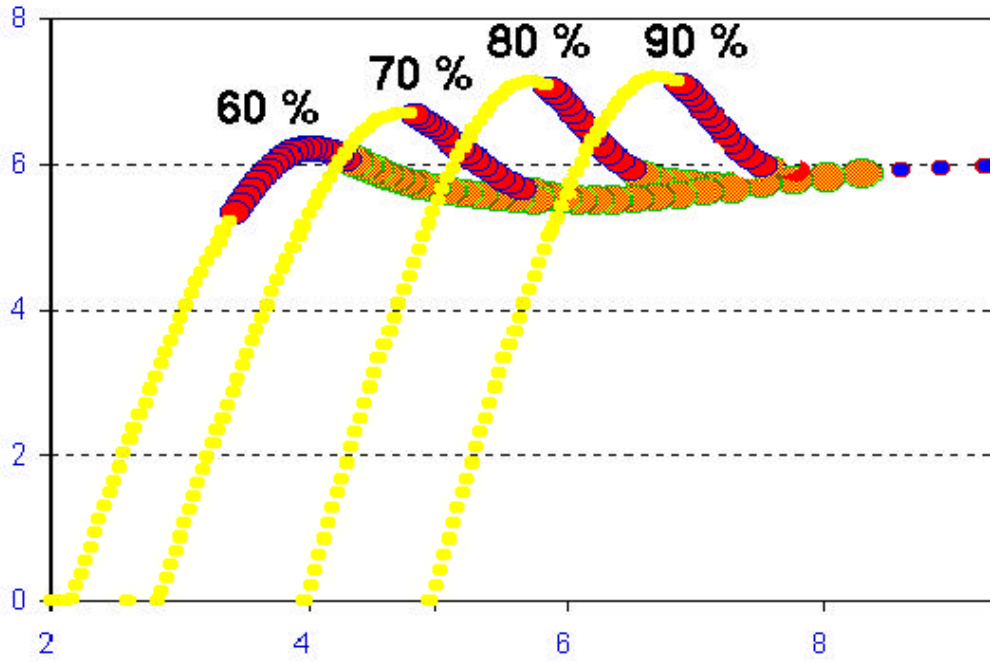
Tutkimusten tulokset voidaan summata seuraavasti

- Kuiva-aineen nosto lyhentää kuivumisaikaa, mutta ei vaikuta merkittävästi haihtuvien vapautumisen tai jäännöshiilen polton vaatimaan aikaan
- Kuiva-aineen nosto ei vaikuta merkittävästi lipeän paisumiseen
- Rikin ja natriumin vapautuminen ei riipu lipeän kuiva-aineesta

Kokeita tosikorkealla kuiva-aineella on tehty pääasiassa vain suomalaisilla havu- ja koivulipeillä, joten ruoho- tai trooppisilla lipeillä täytyy asia vielä varmistaa.

**Palamisnopeus**

Mustalipeän kuiva-aineen noustessa tarvitaan yhä vähemmän aikaa lipeäpisaran kuivumiselle. Oheinen kuva 8 on laskettu käyttäen Ahlstromin INFRN ohjelmaa.




Kuva 8, Kuiva-aineen nosto pienentää 2 mm lipeäpisaran kuivumisajan kolmasosaan

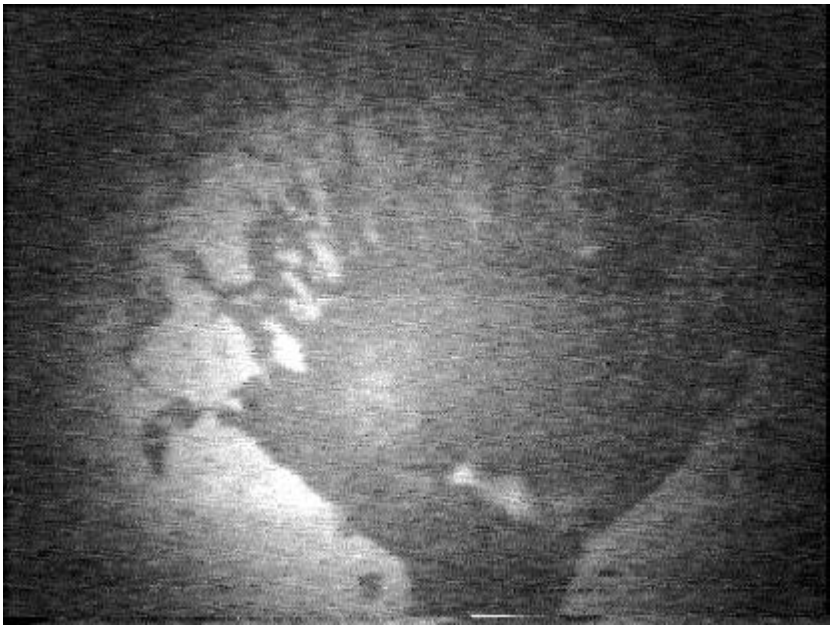
Koska palamisen eri vaiheiden vaatimat ajat ja paikka tulipesässä muuttuvat on selvää että lipeän ruiskutussuuntaa ja tapaa on muutettava.

**Tehdaskokemuksista**

Tehdastason kokeita tosikorkeakuiva-aineisen lipeän ruiskuttamiseksi on tehty Enson Varkauden tehtailla. Kokeissa ruiskutettiin eri kuiva-aineisia lipeitä tulipesään vaihdellen ruiskutuksen massavirtaa ja ruiskutyyppiä. Ruiskuina käytettiin tyypillistä Ahlstrom suutinta.

Höyrystyspotentiaali tosikorkean kuiva-aineen lipeällä on pieni. Siksi, ehkä yllättäen huomattiin 90 % lipeän käyttäytyvän ruiskulla lähes samoin kuin 75 % lipeän.

Korkeakuiva-aineisen lipeän, 80 .. 85 %, polttoa on tehty laajemmassa mitassa kolmella soodakattilalla ja yhdellä sulfiittikattilalla.

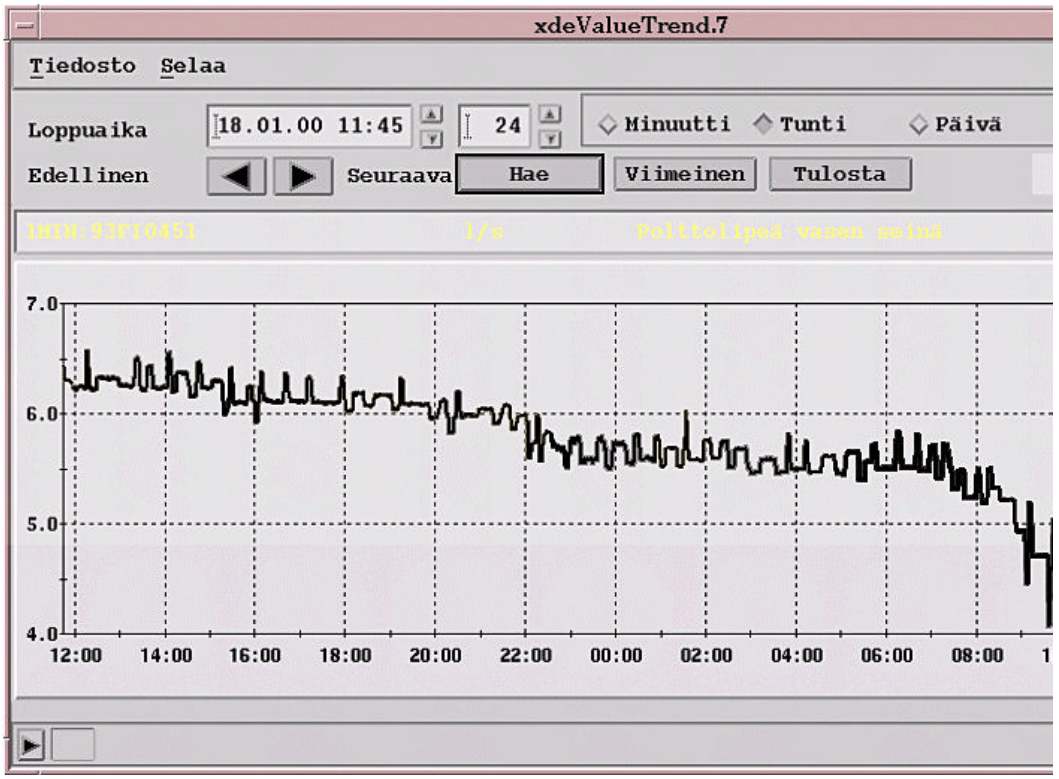


Kuva 9, 90 % lipeän ruiskutusta suuttimesta B22 Varkaudessa

Lipeäjärjestelmä, polton säätö ja ruiskutus sinänsä saadaan toimimaan halutulla tavalla. Korkeakuiva-aineisen lipeän ruiskutuksessa ei ole havaittu ylitsekäymättömiä ongelmia.

Korkeiden kuiva-aineiden etuna on havaittu

- Kattila toimii paremmin pienellä kuormalla
- Päästöt ovat hallittavissa myös hajukaasuja poltettaessa
- Polton häiriöt eivät ole niin vaarallisia




Kuva 10, Epästabiilisuutta korkeakuiva-aineisen lipeän virtuksessa

Eräitä ongelmia korkeakuiva-aineisen lipeän poltossa on ollut

- Erityisesti painemittareiden kalvomateriaali ei tahdo kestää olosuhteita
- Venttiilien toiminnassa on ollut vaikeuksia
- Vaikeuksia päästä ’suuriin lipeäpisarakokoihin’

**Yhteenveto**

Tehdastason kokeita on tehty Enson Varkauden tehtailla. Kokeissa ruiskutettiin eri kuiva-aineista lipeää tyypillisellä Ahlstrom suuttimella. Korkeakuiva-aineisen lipeän, 80 .. 85 %, polttoa on tehty laajemmassa mitassa yhdellä soodakattilalla ja yhdellä sulfiittikattilalla.

Nykykokemuksen valossa ei tosikorkean kuiva-aineen ruiskutuksessa ja poltossa ole odotettavissa suuria vaikeuksia. Päinvastoin pesä on stabiilimpi ja helpommin hallittavissa.

**Lähteitä**


Frederick, W.J., Hupa, M., (1993), Combustion Properties of Kraft Black Liquors, Åbo Akademi Department of Chemical Engineering, Report 93-3

Helpiö, T., Kankkunen, A., (1994), Measurements of the Effect of Black Liquor Firing Temperature on Atomization Performance, Part 1: Nozzle Flow Properties and Sheet Breakup, Helsinki University of Technology, Laboratory of Energy Engineering and Environmental Protection

Helpiö, T., Kankkunen, A., (1995), Measurements of the Effect of Black Liquor Firing Temperature on Atomization Performance, Part 2: Drop Size Distributions, Helsinki University of Technology, Laboratory of Energy Engineering and Environmental Protection

Helpiö, T., Kankkunen, A., (1994), Drop Formation of Black Liquor Sprays, 30 Years Recovery Boiler Co-operation in Finland, Intl Conference Baltic Sea pp. 160-161

McKeough, P.J. et al, (1995), The Release of Carbon, Sodium and Sulphur During Rapid Pyrolysis of Black Liquor, TAPPI International Recovery Conference, Toronto Canada, Preprints, pp. A217-A226

# Soodakattilassa poltettavat ainevirrat

**Kankkonen Sebastian**
**Jaakko Pöyry Oy**

**Sebastian Kankkonen** 

# Konemestaripäivä 27.1.2000
# Imatra/Joutseno Pulp

# Soodakattilassa poltettavat ainevirrat ja niiden vaikutus ilmanpäästöihin

## Johdanto

Tämä tutkielma on suoritettu Suomen Soodakattilayhdistyksen ympäristötyöryhmän (YTR) toimeksiannosta Jaakko Pöyry Oy:n Energia- ja kemikaalien talteenotto-osastolla. Työn ohjaukseen ovat osallistuneet lisäksi YTR:n asiantuntijat. Raportti (numero 2/2000) on julkaistu Soodakattilayhdistyksen sinikantisessa raporttisarjassa tammikuussa kuluvana vuonna.

Mustalipeän polton ja kemikaalien talteenoton ohella soodakattila toimii sellutehtaalla erilaisten kaasumaisten ja nestemäisten sivuvirtojen polttouunina. Tarkoituksena on yleisesti ottaa näistä ainevirroista prosessialkuaineita talteen ja vähentää emissioita sekä ilmaan että veteen. Toisaalta nämä ainevirrat ovat potentiaalisia päästöjä lisääviä tekijöitä, koska ne sisältävät rikkiä ja typpeä sekä eri vierasaineita.

Poltto soodakattilassa näyttää usein osoittautuvan päästöjen kannalta paremmaksi ratkaisuksi kuin muut polttovaihtoehdot. Tämä edellyttää, että soodakattilan päästöjen kannalta tärkeät prosessiparametrit kuten sulfiditeetti ja mustalipeän kuiva-aine, hallitaan.

### Vierasaineiden vaikutukset

Vierasaineista ongelmallisimmat soodakattilan kannalta ovat kloori ja kalium, jotka aiheuttavat rikastuessaan kiertoon sekä kattilan lämpöpintojen tukkeentumista että korroosiota. Merkittäviä määriä klooria ja kaliumia tulee kiertoon joissakin tapauksissa puun mukana, mutta meillä suurin potentiaalinen lähde on valkaisusuodosten talteenotto. Mustalipeän typpipitoisuuden on todettu vaikuttavan polttotekniikan lisäksi eniten soodakattilan $NO_X$-päästöihin. Typpipitoisuuden vaihtelu riippuu pääasiassa puuraaka-aineesta, mutta myös eri ainevirtojen käsittelystä mustalipeävirran mukana.

**Taulukko 1:** Kemikaalikierron vierasaineiden vaikutukset ja niiden poistomahdollisuudet

| | Rikastuminen | | Vaikutukset | | | | | | Poisto | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NPE | Lipeä kierto | Kalkki kierto | Kerros-tumat | Korroosio | Tukkeu-tumia SK:ssa | Inerttien kasvu | Peroksidin kons. nousu | Ympäristö Vaikutus | Viher-lipeä dregs | Sähkö suodin tuhka | Mee-sa | Happo-käsit. | J.veden Käsitt. |
| Al | ❖ | ❖ | ❖ | | | ❖ | | | ❖ | | ❖ | | |
| Si | ❖ | | ❖ | | | | | | | | ❖ | | |
| Cl | ❖ | | | ❖ | ❖ | ❖ | | | | ❖ | ❖ | ❖ | |
| K | ❖ | | | ❖ | ❖ | | | | | ❖ | ❖ | ❖ | |
| Mg | | ❖ | | | | ❖ | | | ❖ | | ❖ | ❖ | |
| Mn | | ❖ | | | | | ❖ | | ❖ | | ❖ | ❖ | |
| Cu | | | | | | | ❖ | | ❖ | | | | |
| Fe | | ❖ | | | | | ❖ | | ❖ | | ❖ | ❖ | |
| Ca | | | ❖ | | | | | | ❖ | | | ❖ | |
| Ba | | | ❖ | | | | | | ❖ | | | ❖ | |
| P | | ❖ | | | | ❖ | | ❖ | | | ❖ | | ❖ |
| Cd | | ❖ | | | | | | ❖ | ❖ | | ❖ | | |
| Pb | | | | | | | | ❖ | ❖ | | | | |

## Eri ainevirrat

Sellutehtaan väkeviä hajukaasuja poltetaan perinteisesti meesauunissa tai erillisissä polttolaitoksissa, mutta nykyisin myös soodakattilassa. Laimeiden hajukaasujen poltto soodakattilan sekundääri- tai tertiääri-ilmana on tavanomaista tekniikkaa. Lisäksi joissakin uusimmissa kattiloissa soodakattilan liuotinsäiliön hönkä johdetaan soodakattilan polttoilmajärjestelmään.

Soodakattilassa on perinteisesti käsitelty mustalipeän joukossa suopaa, mäntyöljyn valmistuksessa syntyvää emävettä, valkaisukemikaalilaitoksen jätehappoja ja -suoloja. Nykyisin on joissain tehtaissa lisätty mustalipeän joukkoon valkaisusuodoksia, kuorimojätevesiä, paperitehtaan jätevesiä, CTMP-jätelientä ja jätevesipuhdistamon biolietettä. Näitä nestemäisiä ja kuiva-ainepitoisuudeltaan sekä lämpöarvoltaan vaihtelevia ainevirtoja syötetään kemi-kaalikiertoon eri vaiheissa kuiva-ainepitoisuudesta riippuen.

Väkevien hajukaasujen poltto soodakattilassa on uutta tekniikkaa, mikä on tullut mahdolliseksi korkeilla polttolipeän kuiva-aineilla. Yli 70% kuiva-ainepitoisuuksilla lentotuhka sisältää yleensä riittävästi kapasiteettia hajukaasunpoltossa muodostuvan $SO_2$:n sitomiseksi. Väkevät hajukaasut ja niistä nesteytetty metanoli sisältävät myös huomattavia määriä ammoniumtyppeä, mikä aiheuttaa $NO_X$-päästöjä poltettaessa kaasuja erillispolttouunissa tai meesauunissa, mutta poltettaessa kaasut soodakattilassa $NO_X$-päästöt voitaneen hallita niin, että ne saattavat pysyä samalla tasolla kuin kattiloissa, joissa ei polteta hajukaasuja. Alhaiset $NO_X$-päästöt saavutetaan polttoilman vaiheistuksella käyttämällä ylätertiääri- tai kvartääri-ilmaa ja kontrolloimalla tulipesän alaosan palamisolosuhteita ja CO-pitoisuutta.

**Taulukko 2:** Väkevien hajukaasujen tyypilliset keräilymäärät eri osastoilta

| Osasto | kg S / ADt | $m^3n$ / Adt |
|---|---|---|
| Eräkeiton pusku | 0,4 - 0,8 | 5 – 15 |
| Eräkeiton kaasaus | 0,1 - 0,2 | 1,0 - 3,0 |
| Jatkuva keitto | 0,1 - 0,4 | 0,5 - 1,5 |
| Stripperi | 0,5 - 1,0 | 15 – 25 |
| Haihduttamo | 0,4 - 0,8 | 1 – 10 |
| Metanolin käsittely | 0,5 - 2,0 | 1,0 - 2,0 |
| Mustalipeän lämpökäsittely | 2 - 3 | 1,5 - 3,0 |
| Superkonsentraattori | 2 - 10 | 1,5 – 12 |

Laimeiden kaasujen käsittely polttoilmana on toteutettu useimmissa uusissa soodakattiloissa ja sitä ollaan toteuttamassa myös vanhoilla kattiloilla. Useimmissa tapauksissa kaasut viedään tulipesään tertiääri-ilmana, joissakin tapauksissa suuresta kaasumäärästä johtuen kaasut viedään sekundääri-ilman joukkoon. Toimenpiteen ei ole raportoitu lisäävän soodakattilan päästöjä, mutta se vähentää merkittävästi tehtaan hajua.

Liuotinsäiliön hönkä on joissakin uusimmissa kattiloissa viety kattilaan teriääri-ilmana. Tällöin eliminoidaan liuotinsäiliön hönkätorvi päästölähteenä ja tarkkailukohteena.

Suovan palstoituksen emävesi sisältää mäntyöljyn palstoituksessa käytetyn rikin ja natriumin sekä orgaanisen aineen, joka näin otetaan talteen. Palstoituksessa käytetty rikkihappo on merkittävimpiä rikkilisäyksiä kemikaalikiertoon ja vaikuttaa näin ollen tehtaan sulfiditeettitasoon. Uutena prosessina on kehitetty hiilidioksidin ja bisulfiittiin perustuvia prosesseja, jotta rikkilisäystä voitaisiin pienentää. Myös suopaa poltetaan joissakin tapauksissa, silloin kun mäntyöljyn valmistus ei ole kannattavaa. Suovan poltto lisää kattilan lämpökuormaa, mutta vähentää kemikaalikierron rikkikuormaa, kun rikkihappoa ei tarvitse käyttää

Klooridioksidilaitoksen sivutuotetta jätehappoa on perinteisesti käytetty lisäkemikaalina. Kierron sulkeutuessa klooridioksidimenetelmiä on kehitetty tuottamaan vähemmän rikkiä sisältäviä sivutuotevirtoja, mutta uusissa tehtaissa on vaikea saada koko sivutuotemäärää sopimaan kiertoon rikkitaseen rajoittaessa lisäystä, sillä kaasumaiset rikkiemissiot ovat meillä hyvin alhaisia, alle 0,7 kgS/ADt v. 1998 ja trendi on vielä vähenevä. Sivutuotteen mukana kiertoon tuleva kloorimäärä on luokkaa 0,2 kgCl/ADt, mikä on samaa luokkaa kuin täydennyskemikaalien (NaOH) mukana tuleva kloorimäärä.

Biolietteen vedetöntäminen on hankalaa ilman kuitulietettä ja myös sekalietteen käsittelyssä bioliete alentaa lietteen kuiva-ainepitoisuutta niin, että biolietteen poltto kuorikattilassa ei tuota hyötyä. Biolietteen poltto mustalipeän joukossa näyttää ongelmattomalta, koska sen määrä jää pieneksi, noin 0,5 % kuiva-aineesta. Bioliete lisää mustalipeän typpipitoisuutta jopa 25-50%, mutta sen vaikutusta ilmapäästöihin tai sulan typpipitoisuuteen ei ole pystytty todentamaan.

Valkaisusuodosten talteenotolla pyritään vesikierron sulkemiseen osittain tai kokonaan niin, että valkaisun orgaaninen jätevesikuorma pienenee tai voitaisiin kokonaan eliminoida. Alkalisen suodoksen talteenotto on yleistynyt TCF-massaa valmistavissa tehtaissa. Talteenoton vaikutus on vähäinen, koska klooria ei tule kiertoon. Frövin tehtaalla TCF-valkaisu on kokonaan suljettu ottamalla sekä alkalisuodos että hapan suodos talteen haihduttamalla. Vierasaineiden aiheuttamista ongelmista ei ole raportoitu. ECF-tehtaissa talteenottoa rajoittaa kloorin ja kaliumin rikastuminen kiertoon. Pieniä määriä klooria ja kaliumia voidaan poistaa kierrosta rejektoimalla sähkösuotimen tuhkaa, mutta koska tuhkan klooripitoisuus on rajoitettu, niin normaaleilla mustalipeän klooripitoisuuksilla joudutaan helposti suuriin poistomääriin, mikä ei ole taloudellista. Suuremmilla lisäysmäärillä joudutaan klooria poistamaan tuhkasta esimerkiksi uudelleenkiteytysprosessilla. Silloinkin kloorin lisäysmäärä on rajoitettu tasolle 4-5 kgCl/ADt, jotta polttolipeän kloori voidaan hallita tunnetulla tasolla. Kloorin poisto soodakattilan savukaasuissa HCl:nä ei ole enää mahdollista, koska HCl-pitoisuus savukaasuissa alenee $SO_2$-pitoisuuden laskiessa.

Kuorimon vesikierron sulkeminen on mahdollista käyttämällä sulatuskuljetinta ja käsittelemällä kuoripuristimen suodos erikseen. Esihaihdutettu suodos tai pieni määrä suodosta voidaan sekoittaa laihamustalipeään, haihduttaa ja polttaa soodakattilassa. Sama saadaan aikaan ruiskuttamalla suodos hakkeen joukkoon. Kuoripuristinsuodos sisältää typpeä ja fosforia. Typpimäärä arvioidaan kuitenkin huomattavasti pienemmäksi kuin biolietteessä (noin 25% biolietteen typpimäärästä). Fosfori rikastuu kalkkikiertoon ja saattaa joutua takaisin jätevesiin, jos meesaa, sähkösuodintuhkaa tai skrubberivettä johdetaan kanaaliin.

CTMP-jätelientä on poltettu pienessä soodakattialassa Meadow Lake´n markkinamassatehtaassa Kanadassa. Myös integroiduissa CTMP-tehtaissa on jäteliemen talteenotto paras mahdollinen käytettävissä oleva tekniikka (BAT) vähentää jätevesikuormaa. Näin on tehty mm. Fors´in kartonkitehtaalla Ruotsissa, missä CTMP-suodos haihdutetaan ja kuljetetaan läheiselle sulfaattitehtaalle poltettavaksi mustalipeän kanssa. Prosessi ei käytä silikaattia, joten piin rikastumisongelmaa ei ole.

TMP-veden haihdutus ja konsentraatin poltto soodakattilassa on toteutettu Kotkassa. Vierasaineiden määrät ovat pieniä, eikä haittavaikutuksista ole raportoitu. Paperitehtaan jätevesien haihdutuskonsentraateille on tyypillistä korkea Na-pitoisuus tuhkassa, mikä vaikeuttaa niiden polttoa kuorikattilassa. Konsentraattien poltto onnistuu parhaiten soodakattilassa.

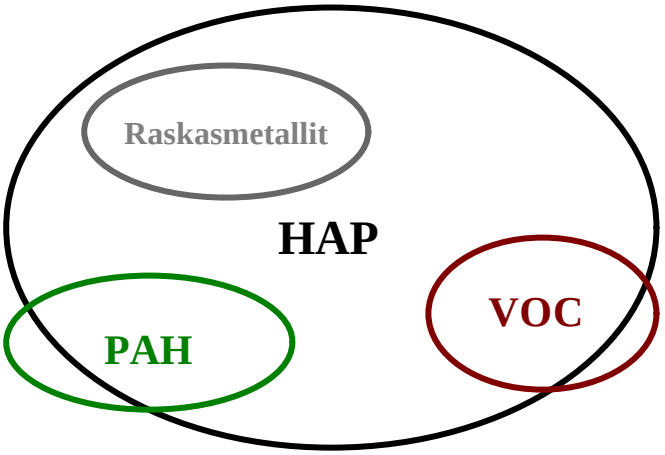
## Ilmanpäästövaikutukset

EU:n alueella tullaan siirtymään ns. yhtenäislupakäytäntöön, joka korvaa aikaisemmat erilliset vesi-, ilma-, jätehuoltoluvat jne. Yhtenäisluvassa emissioiden vähentäminen tulee perustumaan BAT:iin, jonka tyypilliset päästöt on määritelty parhaiden tehtaiden perusteella.

USA:ssa Cluster Rules määrittelee ns. MACT II (Maximum Achievable Control Technology) päästörajat. Niissä viitataan mm. HAP, VOC ja TGO yhdisteisiin,

mutta näistä vain liuotinsäiliölle on määritelty HAP raja, jos partikkelipitoisuus ylittää 90 g/t ka. MACT II ei ota kantaa esim. HCl-päästöihin, koska sen terveyshaittoja ei ole pystytty osoittamaan. HAP ja VOC yhdisteet koskevat erilaisia prosessihönkiä; mm. hajukaasut ja lauhteet on käsiteltävä, jotta normit täytetään. HAP-määritelmä ei ole laajemmin käytössä Euroopassa.

**Kuva 1:** HAP-yhdisteet (Hazardous Air Pollutants) sisältävät lukuisia muihin ryhmiin laskettavia haitallisia yhdisteitä.




Raskasmetallipäästöjä rajoitetaan mm. Saksan TA-Luft ohjeistuksessa. Rosenthalin soodakattilan savukaasujen raskasmetalleille on annettu tarkat rajoitukset.

Rikkidioksidipäästö riippuu suuresti mustalipeän kuiva-ainepitoisuudesta, kattilan kuormitusasteesta ja sulfiditeetista sekä mahdollisesta hajukaasujen rikkikuormasta. Korkea kuiva-ainepitoisuus vähentää rikkidioksidipäästöjä riittävästi myös silloin kun poltetaan väkeviä hajukaasuja.

Korkea sulfiditeetti vaikuttaa rikkidioksidipäästöjä kohottavasti. Lisäksi rikkidioksidipäästö on riippuvainen kattilakuormasta, alikuormalla rikkidioksidipäästö on suurempi poltettua mustalipeämäärää kohden.

Typen oksideja muodostuu pääosin polttoaineen typestä. Muodostumista ei tapahdu polttoilman typestä johtuen soodakattilan suhteellisen alhaisesta lämpötilasta. Kolmasosa polttoainetypestä reagoi ammoniakiksi ($NH_3$) josta osa hapettuu $NO_X$:eiksi. Lisäksi sulan typestä osa hapettuu $NO_X$:eiksi. Koivulipeän typpipitoisuus on lähes kaksinkertainen havulipeän typpipitoisuuteen verrattuna.

Palamisilmaa vaiheistamalla voidaan vähentää $NO_X$:in muodostumista. Nelivaiheinen ilmansyöttö (kvartääri- tai ylätertiääri-ilma valmistajasta riippuen) on tehokkain käytössä oleva tekniikka tämän päivän moderneissa soodakattiloissa.

Ainevirroista hajukaasujen poltto on potentiaalisin rikkidioksidipäästöjä ja $NO_X$-päästöjä lisäävä tekijä. Muista ainevirroista lähinnä bioliete voi vaikuttaa $NO_X$-päästöihin. Typpipäästöjä saadaan tosin sopivalla ilman vaiheistuksella hyvin kuriin.

Suolahapon määrä savukaasuissa vähenee kuiva-ainepitoisuuden noustessa, eikä sitä voida enää käyttää kloorin poistoreittinä. Dioksiinia ja furaania voi syntyä hyvin pieniä määriä, mikäli ainevirrat sisältävät runsaasti klooria ja näin ollen nostavat polttolipeän klooripitoisuutta.

# Ruotsin vauriot vuonna 1999

**Lahti Sven**
**SAQ Kontroll AB**

**Konemestaripäivä 27.1.2000**
**Imatra/Joutseno**

**Sven B Lahti, SAQ Kontroll AB, Sverige**
(Käännös suomeksi Jaakko Pöyry Oy/Jarmo Salmi)

Edellisen vuoden konferenssissa raportoin kahdesta soodakattila-räjähdyksestä: Vallvik ja MoDo Husum. Tässä tilaisuudessa minulla ei raportoitavaa räjähdyksistä. Sitävastoin meillä on ollut Ruotsissa odottamattoman monta käyttöseisakkia, jotka ovat johtuneet vaurioista ja muista häiriöistä soodakattiloissa.

Ensiksi kuitenkin muutama sana tähän mennessä saaduista kokemuksista Vallvikin räjähdyksestä.

1998 syyskuun 23. ja 24. päivän välisenä yönä tapahtui suuri sula/vesi-räjähdys Vallvikin soodakattilassa. Yksi seinäputki, aivan lipeäruiskun yläpuolelta, vasemmalla seinällä, aukesi noin 0,5 m matkalta.

Kattila vahingoittui räjähdyksessä niin pahoin, että paineenalaiset osat jouduttiin suurelta osalta vaihtamaan:

- uusi suurempi kompound-pesäosa
- seinät ja katto lieriöön asti
- tulistin
- uusi höyrynjäähdytysjärjestelmä
- lieriöiden välisten kattilapukien tiivistehitsaus
- levyvaippa
- sähkö- ja instrumentointi

Asennus kesti vain 9 viikkoa. Kattila koeponnistettiin 12.1.99 ja lipeänpoltto alkoi 28.1.99. Hitsaukset suoritti Kvaerner Pulpingin omat hitsaajat hyvin ja vähin virhein: 4346 saumasta vain 38 eli 0,9 % korjattiin.

Räjähdyksen johdosta meillä Sodahuskommitténissa on tarkasteltu useita aihepiirejä, tässä muutamia:

- hälytysjärjestelmät
- lukitukset
- pakotiet
- porraskäytävän muoto
- hissin sijoitus
- peäputkien seinämäpaksuuden mittaus

Sodahuskommitténin tarkastelut ovat johtaneet siihen, että uusia suosituksia tullaan julkaisemaan ja vanhemmat suositukset uusitaan. Esimerkkinä mainitsen, että räjähdyksen jälkeen, 15 minuutin aikana hälytysjärjestelmä tuotti 9 A4-sivua, yhteensä 432 eri hälytystä. Tästä seurasi, että oli vaikeaa, jollei mahdotonta tietää mitä oikein oli tekeillä. Vallvikissa on nyt valittu 12 eri hälytystä erilliseen hälytystauluun.

Me SAQ:ssa tarkastelemme käytäntöä, joka on ollut vallalla vesijohto-putkien seinämäpaksuudenmittauksessa. Vuosien aikana olemme muun muassa lisänneet mittaustasojen lukumäärää kompoundosan yläpuolella. Eräässä kattilassa olemme mitanneet materiaalin paksuudet 0,5 m välein, 3 mittauspistettä per putki. Mittausten lukumääräksi kompoundosan ja nokan valissä tuli noin 34.000. Nykyisillä uudenaikaisilla ultraäänimittareilla tällainen mittauslaajuus seisakin aikana ei ole mikään ongelma.

Olemme myös kokeilleet mitata materiaalipaksuuksia ulkopuoleisella pyörrevirta-scannauksella (eddy current) hyvin tuloksin. Uusien mittaus-menetelmien kehittäminen, tavoitteena mitata 100 % putkista, on meneil-lään kiihkeänä sekä Ruotsissa että Saksassa.

Nyt soodakattiloiden vaurioihin 1999.

Ruotsissa meillä on käytössä tänään 32 soodakattilaa. Norjassa käytössä on 2. SAQ Kontroll on tarkastanut 32 näistä 34:stä vuoden 1999 aikana.

Vuonna 1999 meillä ei ollut yhtään kattilaräjähdystä, ei kaasu- eikä sula/vesiräjähdystä. Meillä oli sitä vastoin lukuisia vaurioita, jotka johtivat käyttökatkoon.

Mainitsen tässä joukon pienempiä vaurioita:

**1. Vuoto kannatinraudan kiinnityshitsauksessa putkeen**

Tämän tyyppisiä vaurioita sattui vesiputkissa useita. Muutamissa tapauksissa vaurio on ilmennyt kattiloissa, jotka ovat olleet käytössä yli 20 vuotta. Vaurio muodostuu halkeamistä hakakannattimen ja putken välisen hitsaussauman vieressä. Särömuodostus on alannut sisäpuolelta (vesi).

**2. Vuoto pesän nurkissa**

Tällainen vaurio tapahtui useasti vanhemmissa kattiloissa. Siellä missä takaseinä kääntyy sisään ja muuttuu katon putkiksi syntyy hitsisauman päätös, johon helpolla muodostuu läpimenevä särö. Samanlainen vaurio on ollut pesän alaosassa, jossa takaseinä kääntyy ja muuttuu pohjan putkiksi.

**3. Vuoto alalieriön lähellä**

Eräässä kattilassa vuoto ilmestyi kattilaputkeen, vesilieriön lähelle. Kyseessä on mielestämme “Near Mud Drum Corrosion” tapaus eli paikallinen korroosio kattilaputkessa. Tässä tapauksessa jouduttiin 4 putkea tulppaamaan toisiovaurioiden takia.

**4. Kompoundputkivaurioita**

Eräässä kattilassa löysimme voimakasta korroosiota sula-aukon putkista, materiaalina Sanicro 38/4L7. Ruostumaton kerros oli paikallisesti hävinnyt 24 kuukaudessa. Saman kattilan etuseinän putkista, sula-aukkojen

alapuolelta, löysimme runsasta särömuodostusta, joka näyttää olevan samanlaista kuin mitä on todettu useiden kattiloiden pohjaputkissa.

**5. Vaurioita kattoputkissa**

Toisessa norjalaisista kattiloista etsittiin ulkopuolista korroosiota kattoputkista pyörrevirtamenetelmällä. Ulkopuolisella korroosiolla tarkoitan tässä tapauksessa eristyspuolen korroosiota, jonka aiheuttaa vuosien aikana tehty vesipesu. Olemme todenneet useissa vanhemmissa kattiloissa, joissa kattoputket eivät ole paneelihitsattuja, tämän tyyppistä korroosiota. Mittauksessa työnnetään kattoputkeen lierioöstä päin mittalaite, joka havainnoi materiaalihäviön. Mittalaite on kalibroitu huomaamaan poikkeamat putken eristyspuolella. Mittustulokset käsitellään sitten tietokoneella. Tässä mittauksessa löytyi joukko arvoja, jotka eivät sopineet mittausmenetelmään ja siksi teimme täydentäviä seinämänpaksuus-mittauksia pesän puolelta. Silloin todettiin, että useissa katto-putkissa oli voimakasta korroosiota pesän puolella. Seinämän paksuudet olivat vain 1,5-1,9 mm. Ohuin mitattu putkenseinämä oli vain 0,9 mm. 58 kattoputkea 3-5 m matkalta vaihdettiin, mikä pidensi seisakkia 8 vuorokaudella.

**6. Vuotoja tulistimissa**

Vuonna 1999 joutuivat ruotsalaiset kattilanomistajat pysäyttämään kattilansa vuotavien tulistimien takia. Tässä muutama:

- Kahdessa kattilassa oli putkivaurio katon läpiviennissä. Vaurio johtui väsymisestä.
- Toisessa näistä kattiloista löytyi korjauksen jälkeisessä koeponnistuksessa yhdestä alamutkasta vuoto. Vaurio muodostui mutkan sivussa (keski-linjalla) olevasta läpimenevästä säröstä, joka oli syntynyt tulistimen heiluessa kattilan pituussuuntaan.
- Eräässä kattilassa putkeen syntyi pitkittäinen repeämä (nuohoinlinjan kohdalla), koska seinämä oli ohentunut. Vain yksi putki oli ohentunut.
- Kahdessa kattilassa oli vuodot tulistinsiteiden kiinnityksissä putkeen.

**7. Vaurioita syöttöveden esilämmittimissä**

Joukko ekovaurioita on myös aiheuttanut joukon äkkinäisiä ja suunnittelemattomia käyttöseisakkeja. Nämä ovat olleet tavallisia, kattilan iästä johtuvia ekovaurioita. Mainitsen muutaman:

- halkeama putken ja jakotukin välisen pienahitsin vieressä
- halkeama putkessa, joka kulkee tuhkataskun läpi
- halkeama putkessa, evähitsauksen huonon lopetuksen vieressä

**8. Sulavuodot**

Viime vuosina meillä on ollut joukko selittämättömiä sulavuotoja pohjan tiivistysten läpi. Parissa tapauksessa tilanne on jouduttu arvioimaan niin vakavaksi, että kattilahuone on tyhjennetty 15 tunniksi.

Sulavuodot ovat monesti olleet paikoissa, joissa keko on korkein, vaikka yleisemmin vuodot ovat esiintyneet sivuseinän ja pohjan välisissä tiivistyksissä.

Lopetan toteamalla, että Ruotsin soodakattiloissa ei ollut vakavia vaurioita vuoden 1999 aikana, mutta sitävastoin vaurioiden tai muiden häiriöiden aiheuttamien käyttökatkosten lukumäärä on ollut suurempi kuin moniin vuosiin. Syytä en tiedä varmuudella, mutta arvelen sen liittyvän kattiloiden ikään.

# Metsä-Botnian Kemin tehtaiden hajukaasu-polttojärjestelmän vaurio

**Huuska Tapio**
**Oy Metsä-Botnia Ab, Kemin tehtaat**

Talteenottolinja/T Huuska/MLK 13.1.2000

**KONEMESTARIPÄIVÄT 27.1.2000**

**SK1, VAURIOSELOSTUS**
**LAIMEIDEN HAJUKAASUJEN LÄMMÖNVAIHTAJAN**
**VAURIO 29.12.1998 KLO 14.07.22**

**Tilanne ennen vauriota**

Kattila ajettiin alas jouluseisokkiin 21.12.1998. Öljytulet sammutettiin klo 9.00.

Vahvalipeäsäiliöt laihdutettiin ja kaasattiin paineettomaksi. Säiliöt olivat paineettomia ja linja suljettu laimeisiin hajukaasuihin 21.12. klo 5.00 – 23.12. klo 6.00 välisen ajan, jona aikana yhdistettiin palovesivarmistus vesilukkoihin sekä lämmönvaihtajan toinen vesilukko.

Laimeat hajukaasut oli johdettu suorantien piipun kautta katolle ja kattilalle menevän linjan automaattiventtiili oli kiinni. Ulkona oleva pesuri oli käytössä keskeytymättä koko seisokin ajan ja hajukaasut poistuivat luonnon vedolla ohiajopiippuun.

Kattilan tertiäärikanavassa olevat liekinestimillä varustetut laimean hajukaasun suuttimien käsiventtiilit olivat etuseinältä kiinni ja takaseinältä oli kolme suutinta auki kattilaan.

**Kattilan käyttö tapahtumahetkellä**

Kattila oli ajettu verkkoon jouluseisokin jälkeen öljyillä 28.12.1998 klo 20.00.

Kattilalla aloitettiin lipeänpoltto 29.12.1998 klo 14.05 yhdellä ruiskulla takaseinän keskiaukolla, määrä n. 5 l/s.

Kattilan höyrynkehitys 39 kg/s nousi lipeänpolton aloituksen jälkeen 60 kg/s, paine 84 bar.

Tilanne valvomossa

Ennen lipeänpolton aloitusta valvomonhoitaja nosti tulipesän vedon - 1 mbar → 2 mbar.

Valvomonhoitajan kertoman mukaan lipeänpolton aloituksessa 14.05 tulipesän paine heilahti, vaikka heilahdusta ei erota tulipesän paineen piirrosta.

Tertiääri-ilmakanavan paine heilahti, vaikka puhallin oli seisomassa. Sitä, tapahtuiko heilahdus lämmönvaihtajan räjähdyksen aikana, valvomonhoitaja ei pysty sanomaan. Heilahdus näkyy trendissä. Valvomonhoitajan havainto räjähdysäänen jälkeen oli järjestelmähälytys laimeiden hajukaasujen puhaltimen tärinästä klo 14.07.22. (Tarkastuksessa todettiin mittausanturin kytkentäkaapin hajonneen lämmönvaihtimen vieressä.)

Tilanne kattilahuoneessa

Kiertävä valvoja oli hetkeä aikaisemmin siirtynyt kattilan etuseinältä takaseinälle ja asettanut lipeäsuuttimen aukkoon. Poltto oli aloitettu ~ 5 l/s. Hänen kertomansa mukaan lipeänpolton aloituksessa suutinaukosta puhalsi samalla tavalla kuin usein, kun poltto aloitetaan. Tulipesän veto korjautui kuitenkin nopeasti.

Noin kolme minuuttia polton aloituksesta lämmittäjä kuuli terävän räjähdyksen kattilan etupuolelta. Lämmittäjä kiersi kattilan päähoitotasolla kattilan etuseinälle ja totesi laimeiden hajukaasujen lämmönvaihtajan hajonneen räjähdyksen voimasta.

## Räjähdykseen johtaneet tapahtumat

Tehtyjen selvitysten perusteella todennäköisin syy räjähdykseen on vahvamustalipeäsäiliön 2 paineennousu ja sen kaasauksen yhteydessä laimeiden hajukaasujen järjestelmään muodostunut räjähdysalueella oleva kaasuseos, joka syttyessään aiheutti räjähdyksen.

Kaasuseos syttyi todennäköisesti soodakattilan tertiääritasolla takaseinän aukinaisissa (3 kpl) hajukaasusuuttimissa lipeän polton aloituksen yhteydessä (tulipesä kävi hetken paineella → lämpöä järjestelmään). Tuli on päässyt etenemään väärinpäin hajukaasukanavistoa pitkin lämmönvaihtimen etupuolelle, missä se aiheutti räjähdyksen.

Edellä mainittua tapahtumaketjua tukee liitteiden 2 ja 5 tapahtumat ja niiden ajoitukset.

Normaaliajon aikana tehdyissä mittauksissa laimeiden hajukaasujen pitoisuudet eivät ole olleet räjähdysalueella. Poikkeustilanteita (alas- ja ylösajot) ei ole mitattu.

Räjähdysalueella oleva kaasuseos on todennäköisesti kulkeutunut polttojärjestelmään osittain auki olleen sulkuventtiilin HV-3954.1 ja/tai vesityssputkistojen kautta. Pääsyä on edesauttanut ohiajopiipun huono luonnonveto (kaasujen lämpötila on alhainen). Soodakattilan tulipesän veto on voittanut luonnonvedon (kolme hajukaasusuutinta auki takaseinällä → kattilan veto pääsee hajukaasujärjestelmään). Vahvalipeäsäiliön kaasauksen seurauksena järjestelmä ”on paineistunut” ja työntänyt kaasua eteenpäin voimakkaammin.

# Vaurioita/remontteja maailmalla

**Ekholm Jari**
**Kvaerner Pulping Oy**

17 January 2000

## 1. VAURIOITA / REMONTTEJA MAAILMALLA

## 2. Taustaa

Esitys kertoo soodakattilasta, jota, tuntuu siltä, ei ole tehty ”onnellisten tähtien alla”. Kattilan lyhyen elinkaaren aikana on sattunut hyvinkin ikäviä ja vaarallisia asioita. Soodakattilan ns avaimet käteen-toimitusaika oli 33 kuukautta. Kokoluokaltaan kattila oli suurin mitä oli koskaan aiemmin toimitettu kyseiselle mantereelle. Myös päävastuu projektin suunnittelusta, valmistuksesta ja asennuksesta olivat vieraassa maassa. Tässä mielessä odotukset ja toiveet olivat valtaisat. Oli näytön paikka. Kuitenkin uskon ja toivon, että kaikki ne tapahtumat, joita kyseiselle kattilalle on sattunut, ovat opettaneet meitä, vaikkakin kovalla kädellä, suhtautumaan kattilan tekemiseen koko tekoprosessin ajan sillä vakavuudella ja nöyryydellä, joka sille kuuluu.

## 3. Kattilan arvoja ja dimensioita

Soodakattila on suunniteltu polttamaan 2700 tonnia kuiva-ainetta mustalipeää vuorokaudessa. Tulistetun höyryn määrä on 122 kg/s ja lämpötila 488 º C paineessa 97 baaria. Tulipesän pohjan pinta-ala on noin 176 $m^2$ ja sen korkeus pohjasta kattoon on noin 61 m. Kyseisen kattilan startti oli helmikuussa 1995.

## 4. SATTUMAA, HUOLIMATTOMUUTTA VAI TAITAMATTOMUUTTA?

Maaliskuun kuudentena 1995 kattila pikatyhjennettiin (ESP) vuodon takia. Tarkemmissa tutkimuksissa vuodon havaittiin sijaitsevan tulipesän takaseinässä kompound-osuuden yläpuolella asennussauman alapuolella hiiliteräsputkessa numero 102. Putken metallurgisessa vaurioselvityksessä sen todettiin ylikuumentuneen. Vaurioon johtaneen syyn selvittämiseksi katkaistiin alakiertoputkia, jotta päästiin tutkimaan alakammiot. Vaurioituneesta putkesta saatiin ulos lusikan muotoon taivutettu säilykepurkin kansi. Kansi oli mahdollisesti jätetty lieriöön tai pudotettu laskuputkeen. Joko lieriöstä tai laskuputkesta liikkeellelähtien se oli kulkeutunut seinäputkeen aiheuttaen vedenkiertohäiriön. Kiertohäiriö aiheutti putken tulipesän puoleisen seinämän ylikuumenemisen, joka johti kalansuun muotoiseen halkeamaan. Laajemmassa alakammioiden tarkastuksessa löydettiin kokonainen säilykepurkki etuseinän kammioon johtavasta kiertoputkesta.

Tulipesän seinäputkivuoto olisi pahimmillaan saattanut johtaa tulipesäräjähdykseen. Näin ei kuitenkaan kaikkien onneksi käynyt. Kyseisessä tapauksessa riittävän nopea päätös pikatyhjennyksen suorittamisesta saattoi olla pelastava tekijä.

Vieraan esineen jääminen kattilaputkistoon johtui osaltaan siitä, että työntekijät eivät ymmärtäneet millaisia seurauksia siitä voi seurata. Kysymys voi olla joko koulutuksen puutteesta, kulttuurieroista tai vaikkapa välinpitämättömyydestä. Esimerkiksi, jos purkki putosi vahingossa, olisi ehdottomasti ollut parempi kertoa siitä, kuin vaieta. Tällaisessa tapauksessa kaikki ne, jotka tietävät mahdolliset seuraukset mieluummin kiittävät kertojaa kuin moittivat häntä. Vahinkoja sattuu, sille me emme mahda mitään, mutta oleellista on se, miten toimitaan sen jälkeen.



**Kvaerner Pulping Oy**
Box 109, Kelloportinkatu 1 D
FIN-33101 Tampere, Finland
*Reg. No. in Finland: 501.956*

Tel +358 (0)3 241 3111
Fax +358 (0)3 241 3275

May 31, 2000

Tämän tapauksen jälkeen ohjeistimme asennukseen toimenpiteitä ja välitarkastuksia, jotka estävät esineiden pääsyn vesitilaan tai ne poistetaan sieltä tarkastuksissa. Lisäksi kuvasimme tulipesää lämpökameralla seuraavassa projektissa vesitäytön ja öljytulien aikana. Näillä kuvauksilla olisimme pystyneet paikallistamaan oleelliset tukokset, jos niitä olisi ollut.

Edullisinta ja vaivattominta olisi mielestäni pääosin ennaltaehkäisevä työ (ohjeet, säännöt, niiden kertaus) ja niiden toteutumisen valvonta. Tällä tarkoitan sitä, että kaikki ne, jotka ovat missä tahansa tehtävässä kattilatyömaalla tietävät mitkä riskit edellä mainitun kaltaiseen asiaan liittyvät ja tietävät, että vesipuolelle ei saa joutua mitään esineitä tai, jos näin pääsee käymään eivät vaikene siitä, vaan edesauttavat omalla toiminnallaan esineiden poisottoa. Tämä tarkoittaa, että kattilatyömaalla tarvitaan korkean moraalin omaavia ja huolellisia ammattimiehiä.

## 5. TODELLISTA HUOLIMATTOMUUTTA, VAIKO VAIN SATTUMAA?

Seitsemän viikkoa kestäneen ajojakson jälkeen järjestelmä hälytti tulipesän paineesta ja lieriön vesipinnasta. Aluksi operaattori luuli, että kyseessä ei olisi vesivuotoja ja jatkoi tuuletusta sekä ajoa kaasutulilla. Kun asiaa tutkittiin tarkemmin, havaittiin veden valuvan alas pitkin nokkaa. Välittömästi tämän jälkeen suoritettiin kattilan pikatyhjennys (ESP).

Keittoputkielementti on rakennettu siten, että elementin kaksi ”etummaista” (putki numero 1 ja 2) putkea taipuu tulipesän takaseinän hilan taakse muodostaen nuohoinsolan. Nämä putket on piirustuksessa liitetty toisiinsa sidoksella, joka on hitsattu kumpaankin edellä mainittuun putkeen. Ensimmäisessä putkessa (nro 1) ei ole evää, toisessa (nro 2) on. Putkikoko keittoputkielementissä on 42,4•4,5.

Tarkemmissa tutkimuksissa havaittiin putken numero kaksi elementistä 53 (elementtien kokonaismäärä on 69 kappaletta) olevan poikki kokoojakammioliitoksestaan. Lisäksi kyseisen putken evän yläpään kiertohitsin vieressä oli särö. Väsyminen todettiin murtopinnan metallurgisissa tutkimuksissa putken säröytymisen ja sen katkeamisen syyksi. Väsymiselle löytyi luonnollinen syy siitä, että edellä mainitut sidokset puuttuivat elementin kahden etummaisen putken välistä. Näinollen putken tukematon pituus oli noin 9,5 metriä. Lisäksi muista putkipareista löytyi rikkonaisia sidoksia joihin oli todennäköisimpänä syynä kyseiseen paikkaan vajaalla tunkeumalla tehdyt toispuoleiset hitsit.

Korjaavana toimenpiteenä kyseinen putkipari sidottiin toisiinsa ja putkiparien heiluntaa rajoitettiin niin sanotuilla liikkeen estimillä. Myös rikkoutuneet ja säröilleet sidokset korjattiin.

Tämä tapaus ositti, että valvontaa / tarkastusta ei ole koskaan liikaa varsinkin, jos tekijät ovat ”uusia” ja heillä ei ole kokemusta soodakattilan rakentamisesta.

## 6. HALLITSEMATONTA RISKINOTTOAKO? SITÄ ME EMME TIEDÄ

Vajaan vuoden käyttöjakson jälkeen marraskuussa 1995 kattila ajettiin alas huolto ja tarkastustoimenpiteitä varten. Tarkastuksessa havaittiin voimakkaita indikaatioita keittoputkielementtien putkissa numerot 2 ja 3.

May 31, 2000

Nämä edellä mainitut indikaatiot esiintyivät evityksen yläpään kiertohitsin vieressä. Ilmiö oli niin huolestuttava, että syitä vaurioitumiseen lähdettiin tutkimaan sekä Suomessa että kattilan sijaintimaassa. Päämääränä oli ei sen enempää eikä vähempää kuin poistaa kaikki todennäköiset vaurioitumiseen johtavat syyt seisokkiajasta suuremmin välittämättä. Tutkimuksista merkittävimpinä voidaan mainita murtopintojen tutkiminen useassa eri paikassa, vertaileva tutkimus B&W kattilan keittoputkirakenteeseen (kyseisessä kattilassa saman tyyppinen vaurioitumismekanismi), elementtiputkien heilunnan analysointi, vedenkierron laskenta ja erikattiloiden rakenteiden vertailu. Kallista mutta opettavaista!

Murtopinnan metallurginen tutkimus osoitti, että putkirivissä kaksi on kyse ei pelkästään näyttämästä vaan säröstä. Selvitys osoitti särön syntyvän väsymismekanismilla, mikä sinällään ei ole uutta. Uutta sensijaan oli, että väsymisen syynä todettiin olleen mitä todennäköisemmin elementtiputken etu ja takapuolella olevan evän lämpötilaeron vaihtelu nuohouksen aikana. Tämä voi olla seurausta nuohouksen aikaisesta suuresta lämpövirran tiheydestä tai putken paikallisesta jäähdytyksen vähenemisestä tai puutteesta.

Kuten aikaisemmin todettiin, korjaavien toimenpiteiden esteenä ei ollut aikataulu eli seisokkiajan pituus. Sen sijaan molemmat osapuolet, toimittaja ja käyttäjä, halusivat, että kyseinen alue kattilassa ei aiheuta enää ennakoimattomia vaurioseisokkeja. Siksi päädyttiin tekemää seuraavat suuritöiset muutokset varsinkin elementtien yläpäihin varmistamaan kattilan häiriötön käyttö.

1) Kaikki elementit nostettiin ylös täydellistä yläpään tarkastusta varten.
2) Kaikki näyttämät (säröjä ei ollut muissa kuin putkissa 2 ja 3) hiottiin pois.
3) Kaikkien evien yläpäät viistettiin.
4) Lisättiin sivuttaisliikkeen estimiä, vaikka analyysit osoittivat, että elementtiputkien heilunta ei ole vaurioitumisen perimmäinen syy.
5) Elementtiputket 1 ja 2 siirrettiin kiinni elementin muihin putkiin. Samalla jätettiin putkesta 2 evä pois.
6) Elementin syöttöputken sisähalkaisija kasvatettiin noin yhdellä tuumalla (25,4mm), koska laskenta osoitti virtauksen epästabiiliutta tietyissä olosuhteissa putkissa 1 ja 2.
7) Samalla syöttöputken joustoa lisättiin tekemällä siihen taipeita. Todettakoon, että kyseisessä kattilassa ei ollut elementtien alapäissä ongelmia, mutta aikaisemmat ongelmat kotimaassa johtivat tähän ratkaisuun myös tässä kattilassa.

Vaikka vesivirtauksella olisi pieni tai suuri merkitys tässä kyseisessä tapauksessa, voidaan kuitenkin todeta ”vanhan” nyrkkisäännön toimivan edelleen: ”Lämpöpintaputki, joka ei saa lämpöä alapäähänsä, mutta saa sitä sitäkin enemmän yläpäähänsä, on erittäin altis vaurioitumaan ja varsinkin yläpäästään”.

## 7. ONKO KYSEESSÄ ENEMMÄNKIN SEURAUS?

Kattilan ollessa kaasutulilla 50%:n kuormassa kattila trippasi 25 kesäkuuta 1996 lieriön alavesipinnasta. Juuri ennen trippausta tulipesän paine nousi hetkellisesti kunnes se korjattiin savukaasupuhaltimilla, höyryn määrä tipahti ja syöttöveden määrä kasvoi. Kun kattilan operaattori havaitsi tarkastuskierroksellaan vettä keittoputkiston yläpäässä oikealla puolella, kattilalle suoritettiin pikatyhjennys (ESP).

May 31, 2000

Aluksi luultiin vuodon olevan keittoputkialueella, joka oli peseytynyt puhtaaksi. Kuitenkin vesitäytön yhteydessä havaittiin vuodon olevan takaseinäputkessa numero 135 juuri siinä, missä nokka muuttuu savukaasuhilaksi. Putki oli täysin poikki paikasta, jossa ovat lähekkäin evän lopetus, kamparauta tiivistystä varten ja asennusjatkosauma. Hilaputket ovat irrallisia ja ne on sidottu muuhun rakenteeseen katon alueella, missä ne ovat osaltaan muodostamassa kattoa. Magneettijauhetarkastuksella ei löydetty evien lopetuksista mitään indikaatioita koko tulipesän leveydeltä. Sen sijaan tarkastuksessa, joka taas tehtiin koko tulipesän leveydelle, löytyi samanlaisia säröjä kuin katkenneessa putkessakin, viidestä muusta putkesta. Katkenneella ja niillä putkilla, joissa oli samanlaisia säröjä, on se yhteinen tekijä, että ne kaikki ovat hilaryhmän ensimmäisiä putkia. (Jälkeenpäin havaittiin pääosin vaurioputkien sidosten kattoalueella olleen rikki). Murtopinta-analyysi osoitti vaurioitumisen syynä olleen korkeataajuisen matalan jännityksen väsymisen. Kaikkien vaurioputkien asennusjatkosaumat olivat lähempänä evän lopetusta ja kamparautaa, kuin mitä piirustuksessa on esitetty, muodostaen näin melkoisen hitsikeskittymän. Näin ollen päädyttiin teoriaan, jossa asennusvaiheen ”vaikeudet” ovat johtaneet sellaiseen ”asennusväkivaltaan”, joka on aiheuttanut jännitystilan, jota suhteellisen joustava rakenne ei voi kestää.

Toinen tässä tapauksessa vaurioputkiin tuhoisan jännitystilan aikaansaava tapahtuma on esitetty tämän esityksen kohdassa 3. Keittoputkielementti 53, jossa oli vuoto, on samassa kohdassa kuin kyseinen takaseinäputki 135. Lisäksi vastaavat särövauriot ovat enimmillään 1,9 metrin päässä keittoputkivuodosta. Näin ollen on mahdollista, että aikaisempi vuoto suihkutti lauhtunutta kattilavettä päin takaseinäputkia ja sai niissä aikaan vetojännitystilan ja mahdollisen kurouman, joka sitten samassa lämpötilassa muun rakenteen kanssa johtaa kuroutuneen putken puristusjännityksen kautta nurjahdukseen ja vääntöön taipeiden jälkeen. Vääntöjännitys yhdessä heilunnan aikaansaavan taivutujännityksen kanssa on yleensä tuhoisa.

Vaurioputken uusinnan, säröjen hionnan ja päällehitsauksen lisäksi sidottiin hilaputket toisiinsa, jotta jäykkyyden lisääntyessä väsyminen vältettäisiin.

Tässä on taas esimerkki liian suuresta käytön aikaisesta jännitystilasta, joka yleensä johtaa väsymiseen varsinkin paikoissa, jotka liikkuvat joko nuohouksen tai jonkun muun syyn johdosta. Sillä ei ole merkitystä, miten jännitystila on saatu aikaan, sillä onko (liian suurta) jännitystilaa vai ei, ON!

## 8. JA LISÄÄ SEURAUKSIA!

Alunperin kattilan tulipesän alaosa toimitettiin 304L pintaisella perinteisellä kompoundputkella siten, että etu- ja takaseinän kompoundputket jatkuvat pohjalle noin 900 millimetrin matkan. Lisäksi pohjan reunoilla oli 12 putkea 304L pintaista kompoundputkea. Pohjan keskialue on seostamatonta hiiliteräsputkea.

Kaikki oli hyvin kunnes pohjalle tehtiin tarkastus huhtikuussa vuonna 1997. 304L pinnoitteesta ja evistä löytyi runsaasti säröjä. Säröpaikkoja olivat,

1) pohja-alue etuseinän ja hiiliteräputkialueen välissä
2) reunaputket sivuseinien ja hiiliteräsputkialueen välissä
3) vasen sivuseinä sulapinnan yläpuolella lähellä etuseinää
4) oikea sivuseinä sulapinnan yläpuolella seinän keskiosalla
5) takaseinällä sulapinnan yläpuolella.

Tulipesän seinille ja pohjan alle on aikanaan asennettu lämpötila-antureita. Näiden antureiden mittaamia lämpötiloja analysoimalla ja jännityslaskelmia tekemällä päädyttiin teoriaan, jossa pikatyhjennys (ESP) aikaansaa tilanteen, jossa tulipesän alaosan jäähdytys romahtaa. Lämmönsiirron romahtaminen mahdollistaa putki- ja evämateriaalin ylikuumenemisen. Jäähdytyksen romahtaminen voi olla seurausta joko veden höyrystymisestä kokonaan pois, koska kyseessä on valtaisa tulipesä suhteessa vesimäärään, tai veden niin rajusta kiehumisesta, että ei voida puhua jäähdytyksestä.

Korjaus päätettiin tehdä uusimalla säröytyneet alueet materiaalilla, joka ei ole niin herkkää säröytymään kuin 304L. Suurin osa uusinnasta tehtiin kompoundputkella, jonka pintamateriaalina on San38. Etu- ja takaseinällä San38 ulotettiin aina primääriaukkojen alapuolelle. Yksi sula-aukkoalue tehtiin kompoundputkesta pintamateriaalilla San65.

(Tarkastuksessa 1999 ei seostomattoman hiiliteräsputken ole todettu korrodoituvan San38:n rinnalla yhtään sen nopeammin kuin 304:n rinnalla.)

## 9. USKOMATONTA, MUTTA PAKKO SE ON KAI USKOA!!

Pohja- ja seinäputkien asennuksen 1998 otti aikanaan hoitaakseen asiakkaamme eli kattilan käyttäjä, me toimitimme ”raudan”.

Kuluvan vuoden toisella viikolla tuli Soodakattilayhdistykseltä BLRBAC:n ”MINUTES OF MEETING” October 4., 5. & 6. 1999. Kyseisestä dokumentista löytyy vaurioilmoitus, jossa kerrotaan lyhyesti kyseisellä kattilalla olleen kolme seinäputkivuotoa yhdessä takaseinäputkessa kuormapolttimen aikaansaavan korkean lämpövuon alueella. Vuodot ovat olleet välillä noin 18:sta 20:een metriin pohjasta mitattuna. Vuotovaurioiden syynä on ollut putken pitkän ajan ylikuumeneminen ja korroosio. Putken ylikuumenemisen syynä pidetään pohjan hiiliteräs- ja kompoundputken jatkosaumaan kertynyttä metallikasaumaa. Tämä kertymä on todennäköisesti johtanut vähentyneeseen vesivirtaukseen kyseisessä putkessa.

Onko niin, että ihminen ei opi, vai muistiko pettää. Jo kaksi samantyyppistä ja todella vakavaa tulipesän seinäputkivuotoa samassa kattilassa. Varmimmin tulipesän seinäputki saadaan vaurioitumaan estämällä vesivirtaus tai jarruttamalla sitä riittävästi!

## 10. YHTEENVETO MYÖS MUISTA KUIN KYSEISEN KATTILAN KOKEMISTA SATTUMUKSISTA

Kuten edelläoleva ja muut sattumukset usein osoittavat, soodakattila on erittäin vaativa kokonaisuus rautaa, vaikka se näyttää ja tuntuu yksinkertaiselta. Kyseessä on tuote, joka pitää hallita kaikkine materiaalisine ”oikkuineen” kaikissa sen synty- tai elinvaiheissa. Emme koskaan saa aliarvioida sen vaatimaa tuote-, suunnittelu-, valmistus-, asennus- tai käyttöasiantuntemusta. Viimeisin sattumus kyseisellä kattilalla osoittaa asian, josta voidaan olla erittäin huolestuneita. ”Ketjussa”, joka ottaa osaa soodakattilan ylläpitotoimiin, on asiantuntemattomuutta, ammattitaidottomuutta tai ehkä välinpitämättömyyttä. Emme saa antaa sijaa edellä

mainituille puutteille minkään muun asian huumassa. Varmistakaamme kaikessa soodakattilan riskitön ja toisaalta huoleton käyttö tekemällä asiat riittävällä huolellisuudella ja riittävällä aikataululla jopa kustannuksia säästämättä!

Mielestäni on liian yksinkertaista sanoa, kun kohdataan ongelmia, että ne johtuvat kattilakoon suurenemisesta. Näin ei mielestäni ole, vaan todellinen syy on ollut ennemminkin siinä, että ei ole osattu ottaa huomioon niitä todella merkittäviä ja vaikuttavia tekijöitä, joilla on oma vaikutuksensa, kun kattilan koko kasvaa. Esimerkkinä voi mainita kappalemäärän lisäyksen ilman dimensioiden kasvattamista. Tästä on esimerkkinä kierrolliset häiriöt. On myös muistettava, että kattilarakenteella on kaksi vastakkaista vaadetta niin kauan kun sitä kuormittaa lämpö ja heilunta. Sen pitää olla riittävän joustava, mutta toisaalta samalla riittävän jäykkä!

Lähdeteoksina ovat olleet eri tekijöiden Vaurioraportit, HotLine Special Heinäkuu –95 sekä Minutes of Meeting, Atlanta, Georgia October 4, 5, & 6, 1999

# Vaurioita/remontteja maailmalla

**Koivisto Lasse**
**Ahlström Machinery Oy**

Kehityspäällikkö, Materiaaliteknologia Lasse Koivisto:

# Vaurioita ulkomailla

## A. Lieriövaurio

### Vaurio

Kattila on vuodelta –64 ja sen käyttöikä oli vaurion sattumisen aikaan –92 paikallisen käytännön mukaan lopussa ja kattila siis valmis romutettavaksi. Asiasta kuitenkin neuvoteltiin sikäläisen viranomaisen kanssa ja he antoivat suostumuksensa korjaukseen.

Vaurioituneet lieriöt tarkastettiin –91 ja –92. Molemmissa lieriöissä havaittiin erittäin runsaasti säröjä. Niitä oli pääasiassa reikäkentän alueella. Halkeamia oli sekä keittopintaputkien säteen suuntaan että kehän suuntaan. Syvimmät säröt ulottuivat –91 tarkastuksessa ( ylälieriö ) lähes vaipan läpi ja –92 ( alalieriö ) oli myös läpimeneviä säröjä. Pisimmillään särö ulottui reiästä toiseen.

### Tutkimukset

Magneettijauhetarkastuksen ja visuaalisen tarkastuksen lisäksi tehtiin seuraavia tutkimuksia:

- mikrorakennetutkimus
- lujuusarvot
- virumisaste

Nämä materiaalin ominaisuudet eivät muutu mikäli lämpötila pysyy suunniteltuna n. 300 °C paikkeilla. Tässä tapauksessa ne haluttiin kuitenkin lähinnä viranomaisen taholta tarkistaa.

- materiaalin analyysi

Tämä tarkistettiin korjaushitsauksen parametrien määrittelemiseksi.

### Korjaus

Korjauksessa säröt poistettiin normaaliin tapaan hiomalla ja varmistamalla niiden poistuminen välillä magneettijauhetarkastuksella.

Mikäli lujuuslaskujen mukainen tarvittava seinämän paksuus ylittyi, ei säröä hitsattu, vaan se jätettiin hyvin pyöristettynä sellaisenaan lieriön vaippaan.

Syvemmät säröt jouduttiin täyttämään hitsaamalla. Tällaisen massiivisen paksuseinämäisen kappaleen korjauksessa tietenkin ongelmana on aina lämpökäsittely, joka toisaalta on

tarpeellinen, mutta käytännössä hyvin vaikea suorittaa ja joka saattaa aiheuttaa monenlaisia ongelmia vetelyiden muodossa.

Yleinen tapa, jota tässäkin tapauksessa käytettiin on suorittaa hitsaus niin, että palkokerrokset tai yksittäiset palot lämpökäsittelevät aiemmin hitsatut kerrokset t. palot. Näin aikaansaatu lämpökäsittely ei ole tietenkään niin eksakti kuin uunissa tehty, mutta on kokemuksien mukaan riittävä hiiliteräksillä t. hienoraeteräksillä.

Erittäin tärkeätä tällaisessa korjaushitsauksessa on käyttää riittävää esilämmitystä ja huolehtia puikkojen kuivauksesta ja kuivana pitämisestä.

**Vaurioon johtaneet syyt**

Säröilymekanismin tässä tapauksessa voidaan katsoa olevan korroosioväsyminen eli vaihtelevien lämpöjännitysten ja kattilaveden yhteisvaikutus.

Kattilan käyttö oli ollut erittäin epätasaista. Lipeän poltto jaksot olivat ainoastaan 7…10 päivää jota seurasi 1…2 päivää öljyllä. Pahiten lieriöitä rasittivat kuitenkin n. kerran kuussa tapahtuvat alasajot.

Veden laatua ei sinänsä analysoitu, mutta voidaan olettaa, että se ei ollut kehuttava.

**Nykytilanne**

Kattila on edelleen käytössä ja lieriöiden korjaukset ovat kestäneet moitteitta.

## B. Tulistinvaurio

**Vaurio**

Edellä mainitussa kattilassa sattui useita tulistinvuotoja v. –98…. – 99. Tulistin on uusittu v. –90 ja se jälkeinen höyryn loppulämpötila on suhteellisen matala 420 °C. Vauriot sattuivat melko satunnaisesti ja niiden paikka vaihteli kerrasta toiseen. Vauriot näyttivät silmämäärin tarkasteltuna johtuvan seinämän ohentumisesta, joka oli sitten johtanut viimein murtumiseen.

**Metallurginen tutkimus**

Näytteeksi otetuista vaurioituneista putkista voitiin metallurgisissa tutkimuksissa todeta voimakas materiaalin kuumentuneen jossain vaiheessa voimakkaasti aina > 600 °C lämpötiloihin. Tämä katsottiin putkivaurioiden perussyyksi ja tästä kuumenemisesta tietysti seurasi nopea korroosio ja viruminen ja putkiseinämän pettäminen.

## Vaurion syy ja sen toteaminen

Vaurion toden näköisimmäksi syyksi todettiin ruikutusveden epäpuhtauksien aiheuttama putkien tukkeutuminen tulistajan jakokammiossa. Muita syitä kuten vähäinen höyryvirta, voimakas säteily tai savukaasujen kanavoituminen pidettiin epätoden näköisinä.

Esitettiin myös sellainen teoria, että syöpymisen syy on make-up suolan osana käytetyssä tiosulfaatissa. Ko. suola analysoitiin, mutta siinä ei todettu mitään vaarallisia epäpuhtauksia. Toisaalta tiosulfaatti hajoaa tulipesässä eikä näin ollen sinänsä aiheuta mitään poikkeavaa tilannetta. Kuitenkin myös tulistinputken pinnalle kertynyt suolakerrostuma analysoitiin ja siitä voitiin todeta että se ei normaaliolosuhteissa voi olla syynä korroosioon.

Kammioille tehtiin endoskooppitutkimus joka paljasti että oletettu syy oli oikea; jakokammiossa putkien suissa oli 5-15 mm paksuja kerrostumia.

Endoskoopilla pystyttiin tarkastamaan vain kolmen laitimmaisen elementin putket joten pahemminkin tukeutuneita putkia saattoi olla keskemmällä.

Ruiskutusveden epäpuhtaudet puolestaan johtuivat vuotavasta Dolezalista, jossa syöttövettä pääsi sekaantumaan lauhteeseen.

## Ongelman poistaminen

Kerrostuman havaittiin olevan vesiliukoinen ja se huuhdeltiin niin ollen pois vedellä. Dolezal korjattiin, jotta syöttövesi ei pääse sekoittumaan ruiskutusveteen. Tämän jälkeen ( kesä –99 ) ongelmia ei ole ollut.

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
RAPORTTISARJA

1/99 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestarip@iv@ 1999, 20.-21.1.1999 Joensuu, esitelm@t
16A0913-21, 00-A221-16A/E4

2/99 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta. Vuosikertomus 1998.
16A0913-26, 00-A221-16A/E5

3/99 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Vuosikokous 1999, 25.3.1999 Lappeenranta, Pöytäkirja
16A0913-31, 00-A221-16A/E6

4/99 Suomen Soodakattilayhdistys ry
KCL, Niemelä, K/ Jyväskylän yliopisto, Alén, R
Puun delignifioinnin eri vaiheissa muodostuvat liukoiset ja haihtuvat yhdisteet
Kirjallisuuskatsaus ja esiselvitys, 2.5.1999
16A0913-36, 00-A221-16A/E7

5/99 Suomen Soodakattilayhdistys ry
KCL, Sirén, K, Kaliumin ja kloorin poisto viherlipeää kiteyttämällä
15.4.1999
16A0913-38, 00-A221-16A/E8

6/99 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilapäivä 1999, 13.10.1999 Helsinki, esitelmät
16A0913-48, 00-A221-16A/E9

7/99 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Karjunen Timo, Kaasuräjähdykset soodakattiloissa vesivuotojen aikana
27.10.1999
16A0913-52, 00-A221-16A/E10

8/99 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Lehtinen. M, BLRBAC syyskokous; matkaraportti.
27.10.1999
16A0913-53, 00-A221-16A/E11

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
RAPORTTISARJA

1/2000 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestarip@iv@ 2000, 27.1.2000
Imatran Valtionhotelli/Oy Metsä-Botnia Ab, Joutseno Pulp, esitelm@t
16A0913-65, 00-A221-6A/E12

# Soodakattilassa poltettavat ainevirrat

Kankkonen Sebastian
Jaakko Pöyry Oy

# Ruotsin vauriot vuonna 1999

**Lahti Sven**
**SAQ Kontroll AB**

# Metsä-Botnian Kemin tehtaiden hajukaasu-polttojärjestelmän vaurio

**Huuska Tapio**
**Oy Metsä-Botnia Ab, Kemin tehtaat**

# Vaurioita/remontteja maailmalla

**Ekholm Jari**
**Kvaerner Pulping Oy**

# Vaurioita/remontteja maailmalla

**Koivisto Lasse**
**Ahlström Machinery Oy**