SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Suomen Soodakattilayhdistys ry

Soodakattilapäivä 2001

Best Western Hotel Haaga, Helsinki
11.10.2001

Raportti 10/2001

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY

SOODAKATTILAPÄIVÄ 2001

Hotelli Haaga, Helsinki, torstai 11.10.2001

OHJELMA

klo	
09.00-09.45	**Ilmoittautuminen ja kahvi**
09.45-10.00	**Avaus** *Heikki Keskinen, ohjelmatyöryhmän puheenjohtaja*
10.00-11.00	**Typen vähentäminen sellutehtaan kemikaalikierrosta** *Mikko Hupa, Åbo Akademi*
11.00-11.15	**Tauko**
11.15-11.45	**Turvamääräykset ja vaaranarviointi** *Urho Aarnivuo, TUKES*
11.45-12.15	**Gruvön Soodakattila** *Markku Isoniemi, Kvaerner Pulping Oy*
12.15-13.15	**Lounas**
13.15-13.45	**Kokemuksia vertikaali-ilmajärjestelmästä** *Esa Vihavainen, Andritz-Ahlstrom Oy*
13.45-14.15	**Kotka Laminating Papers - Soodakattilavaurio** *Eero Ristola, Laminating Papers Oy*
	Soodakattiloiden vesikemia *Sinikka Kurkela*
14.15-14.30	**Tauko**
14.30-15.00	**Savukaasujen puhdistus** *Harri Välimaa, Alstom Power Finland Oy*
15.00-15.30	**Report from the Swedish-Norwegian Recovery Boiler Committee** *Mette Jansson, Swedish-Norwegian Recovery Boiler Committee*
15.30-15.45	**Kahvitauko**
15.45-16.30	**Selluteollisuuden tulevaisuuden näkymät** *Johan Gullichsen*
17.30-19.00	**Cocktailtilaisuus, Sampo Teollisuusvakuutus Oy**

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE
ADDRESS
P.O. BOX 4
(Jaakonkatu 3)
01621 VANTAA
TELEPHONE
+358 9 894 71
TELEFAX
+358 9 878 7163

19.00- **Päivällinen**

(Rev. 27.9.2001)

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

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

TELEPHONE
+358 9 894 71

TELEFAX
+358 9 878 7163

E Turunen 9.10.2001 1(5)

SOODAKATTILAPÄIVÄ 11.10.2001
RECOVERY BOILER DAY 11.10.2001

Yritys *Company*	**Osallistujat** *Participants*	**Luennot** *Lectures*	**Päivällinen** *Dinner*
LUENNOITSIJAT ***LECTURERS***			
UPM-Kymmene Oyj, Pietarsaaren tehtaat, Pietarsaari	Keskinen Heikki	x	x
Åbo Akademi, Turku	Hupa Mikko	x	x
TUKES, Helsinki	Aarnivuo Urho	x	x
Kvaerner Pulping Oy, Tampere	Isoniemi Markku	x	x
Andritz-Ahlstrom Oy, Varkaus	Vihavainen Esa	x	x
Laminating Papers Oy, Kotka	Ristola Eero	x	x
	Kurkela Sinikka	x	x
Alstom Power Finland Oy, Vantaa	Välimaa Harri	x	x
Swedish-Norwegian Recovery Boiler Committee, Tukholma	Jansson Mette	x	x
Arhippainen, Gullichsen & Co, Espoo	Gullichsen Johan	x	x
Sampo Teollisuusvakuutus Oy, Helsinki	Mattsson Bror-Erik	x	x

SOODAKATTILAPÄIVÄ 2001
RECOVERY BOILER DAY 2001

Yritys ***Company***	**Osallistujat** ***Participants***	**Luennot** ***Lectures***	**Päivällinen** ***Dinner***
OSANAOTTAJAT ***PARTICIPANTS***			
Oy AGA Ab, Espoo	Ahlblad Karl	x	x
Alstom Power Finland Oy, Vantaa	Berglund Nils	x	x
	Pettersson Ralf	x	x
	Tolvanen Juha	x	x
Andritz-Ahlstrom Oy, Karhula	Wåg Kaj	x	-
Andritz-Ahlstrom Oy, Kotka	Jaakkola Heikki	x	x
	Kuusio Marjo	x	x
	Saviharju Kari	x	-
	Storbacka Jan	x	-
	Teittinen Markku	x	x
	Tuominen Jukka	x	x
Andritz-Ahlstrom Oy, Tikkurila	Alapuranen Sirpa	x	x
Andritz-Ahlstrom Oy, Varkaus	Hämäläinen Lauri	x	x
	Paju Raimo	x	x
Anthony Ross Company, Tallinna	Ait Alar	x	x
Boildec Oy, Vantaa	Karjunen Timo	x	x
CTS-Engineering Oy, Kouvola	Rimpi Pertti	x	x
Dekati Oy, Tampere	Kujanpää Jukka	x	x
	Penttilä Jyrki	x	x
	Välimäki Erkki	x	x
Diamond Power Finland Oy, Helsinki	Mustonen Juha	x	x
Electrowatt-Ekono Oy, Espoo	Halme Jyrki	x	x
	Lonka Petri	x	x
Enocell Oy, Uimaharju	Räty Ilpo	x	x

SOODAKATTILAPÄIVÄ 2001
RECOVERY BOILER DAY 2001

Yritys ***Company***	**Osallistujat** ***Participants***	**Luennot** ***Lectures***	**Päivällinen** ***Dinner***
ENWIN Oy, Pirkkala	Tamminen Ari	x	x
Inspecta Oy, Jyväskylän toimisto	Virtanen Markku	x	x
Inspecta Oy, Kuopion toimisto	Hassinen Toivo	x	x
	Hiltunen Jaakko	x	x
Inspecta Oy, Lappeenrannan toimisto	Juvonen Kari	x	x
	Valtonen Tapio	x	x
Inspecta Oy, Oulun toimisto	Martin Hannu	x	x
Inspecta Oy, Tampereen toimisto	Koivisto Markku	x	x
	Lehtonen Lasse	x	x
Inspecta Oy, Turun toimisto	Väänänen Tapio	x	x
Jaakko Pöyry Oy, Vantaa	Kankkonen Sebastian	x	x
	Lehtinen Markku	x	x
	Parviainen Kari	x	x
	Pekkanen Markku	x	x
	Rautkorpi Jyrki	x	x
	Turunen Eija	x	x
	Vakkilainen Esa	x	x
Kauppa- ja teollisuusministeriö, Helsinki	Rajala Juha	x	x
Kemijärven Sellu Oy, Kemijärvi	Martikainen Seppo	x	x
	Raassina Antero	x	-
Kvaerner Pulping Oy, Tampere	Haaga Kari	x	x
	Mäntyniemi Jussi	x	x
	Rautiainen Marko	x	x
	Siiskonen Pekka	x	x
	Tuiremo Johanna	x	x
	Wallenius Katariina	x	x
Kvaerner Pulping Oy, Boiler Service Tampere	Ekholm Jari	x	x
	Koskinen Jouni	x	x
	Kylänpää Jouko	x	x
	Salmela Matti	x	x

SOODAKATTILAPÄIVÄ 2001
RECOVERY BOILER DAY 2001

Yritys ***Company***	**Osallistujat** ***Participants***	**Luennot** ***Lectures***	**Päivällinen** ***Dinner***
Kymi Paper Oy, Kuusankoski	Rantanen Raine	x	x
	Tikka Matti	x	x
Laminating Papers Oy, Kotkan tehtaat	Latva Jarmo	x	x
	Rautapää Harri	x	x
	Takala Matti	x	x
Metso Automation Oy, Tampere	Koskinen Jukka	x	x
	Loukiala Mauri	x	x
	Puhakka Jukka	x	x
	Setälä Ari	x	x
Oy Metsä-Botnia Ab, Kaskisten tehdas	Auvinen Kari	x	x
	Lahti Lasse	x	x
Oy Metsä-Botnia Ab, Kemin sellutehdas	Posti Pekka	x	x
Oy Metsä-Botnia Ab, Rauman tehdas	Alamaa Matti	x	x
	Kiuru Reijo	x	x
Oy Metsä-Botnia Ab, Äänekosken tehdas	Lindell Kari	x	x
	Malinen Esko	x	x
	Saikkonen Ilkka	x	x
Projekti-insinöörit Oy, Vantaa	Kainu Veli	x	x
Stora Enso Oyj, Heinola	Sihto Harri	x	x
Stora Enso Oyj, Imatra	Ijäs Matti	x	-
	Mikkonen Jukka	x	-
Stora Enso Oyj, Imatran tehtaat IMS/Voimalaitos	Peltola Seppo	x	x
Stora Enso Oyj, Oulun tehtaat	Parpala Juha	x	x
Stora Enso Fine Papers Oy, Varkauden tehdas	Kankala Lassi	x	x

SOODAKATTILAPÄIVÄ 2001
RECOVERY BOILER DAY 2001

Yritys ***Company***	**Osallistujat** ***Participants***	**Luennot** ***Lectures***	**Päivällinen** ***Dinner***
Stora Enso Fine Papers Oy, Veitsiluodon sellutehdas	Kerttula Kari	x	x
Sunila Oy, Sunila	Arvilommi Teroi	x	x
	Dufva Eero	x	x
	Lundén Petri	x	x
Suomen KL-Lämpö Oy, Tampere	Vihavainen Rauno	x	x
Suomen Nalco Oy, Espoo	Ojala Pekka	x	x
Teknillinen korkeakoulu, Energiatekniikka ja ympäristönsuojelu, Espoo	Järvinen Mika	x	x
	Miikkulainen Pasi	x	x
UPM-Kymmene Oyj, Kaukas, Lappeenranta	Kiuru Jukka	x	x
	Kytö Hannu	x	x
	Virtanen Olavi	x	x
UPM-Kymmene Oyj, Pietarsaaren tehtaat	Niemelä Jani	x	x
	Sjö Håkan	x	x
	Wikström Lars-Martin	x	x
UPM-Kymmene Oyj, Tehdaspalvelu, Rauma	Raivio Raimo	x	x
UPM-Kymmene Oyj, Tervasaari	Saarinen Miikka	x	x
Vattenfall Sähkömyynti Oy, Hämeenlinna	Nieminen Petri	x	x
Åbo Akademi, Turku	Forssén Mikael	x	x
Helsinki	Söderhjelm Liva	x	-
Helsinki	Heikkinen Pekka	x	x
Tampere	Hyöty Paavo	x	x

TYPEN VÄHENTÄMINEN SELLUTEHTAAN KEMIKAALIKIERROSTA

MIKKO HUPA
ÅBO AKADEMI

TYPPI KEMIKAALIKIERROSSA

Mikko Hupa
Maritta Kymäläinen, Mikael Forssén, Pia Kilpinen, Nikolai DeMartini
Åbo Akademi

SISÄLTÖ

		sivu
1.	JOHDANTO	1
2.	MUSTALIPEÄN TYPPI JA SOODAKATTILAN NO_X	2
2.1	Mustalipeän typpi	2
2.2	Mustalipeätypen reaktioreitit soodakattilassa	4
3.	TYPPI MUUALLA KEMIKAALIKIERROSSA	8
3.1	Tehdasnäytteiden analysointia	9
3.2	Yleiskuva	10
3.3	Ammoniakin muodostuminen viherlipeässä	12
3.4	Ammoniakin vapautuminen	13
4.	JOHTOPÄÄTÖKSET TYPPIPÄÄSTÖJEN HALLITSEMISEKSI	14
VIITTEET		14

1. JOHDANTO

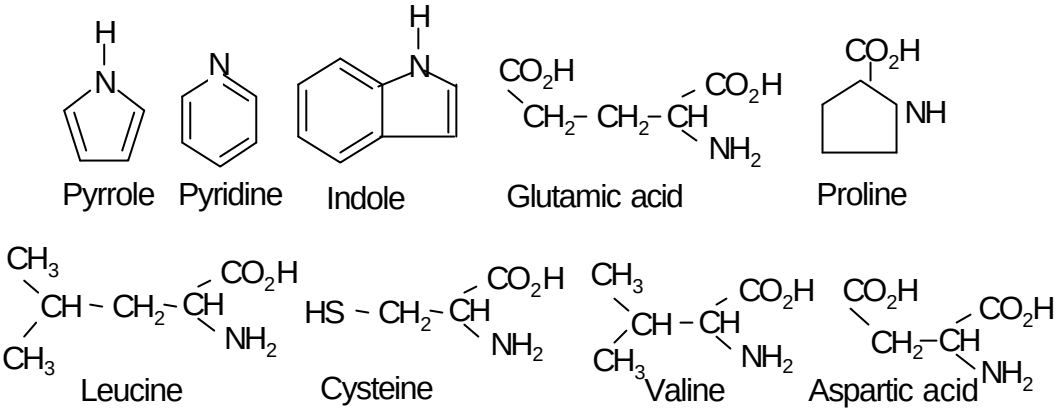
Typen käyttäytymistä kemikaalien talteenottoprosessissa on viime vuosina tutkittu Åbo Akademissa useissa eri projekteissa. Aluksi tutkimuksessa keskityttiin selvittämään typpikemiaa mustalipeän poltossa, ja myöhemmin tutkimus laajeni käsittämään typen käyttäytymistä koko kemikaalikierrossa.

Soodakattilan typpikemiatutkimuksissa saatiin hyvä kuva soodakattila-NO_x:n muodostumisesta /1,2,3,4/. Työssä saatiin myös yllättävä havainto, että osa lipeän typestä jääkin sulaan, ja siirtyy näin edelleen kemikaalikiertoon. Tämän havainnon pohjalta heräsikin kiinnostus työn jatkamiseen ja laajentamiseen ”soodakattilatypen” tarkastelusta typen tarkasteluun koko kemikaalikierrossa tavoitteena selvittää aiheuttaako dakattilalta edelleen talteenotto-prosessiin kulkeutuva typpi mahdollisesti käyttö- tai päästöongelmia. Tämän työn tuloksena saatiin puolestaan hyvä yleiskuva typen käyttäytymisestä ja kulusta koko kemikaalikierrossa /5,6,7,8/. Tämän pohjalta on opittu ymmärtämään tiettyjä typpeen liittyviä hallitsemattomia päästöjä prosessista, kuten ammoniakki liuottajalta ja kaustisoinnista, tai korkeat NO_x-päästöt hajukaasujen/metanolin poltosta. Tässä esityksessä käsitellään ensin mustalipeän typpeä ja soodakattilan typpikemiaa, ja sitten typen käyttäytymistä koko kemikaalikierrossa, tavoitteena osoittaa keinoja typen kulun hallitsemiseksi prosessissa.

2.
MUSTALIPEÄN TYPPI JA SOODAKATTILAN NO_X

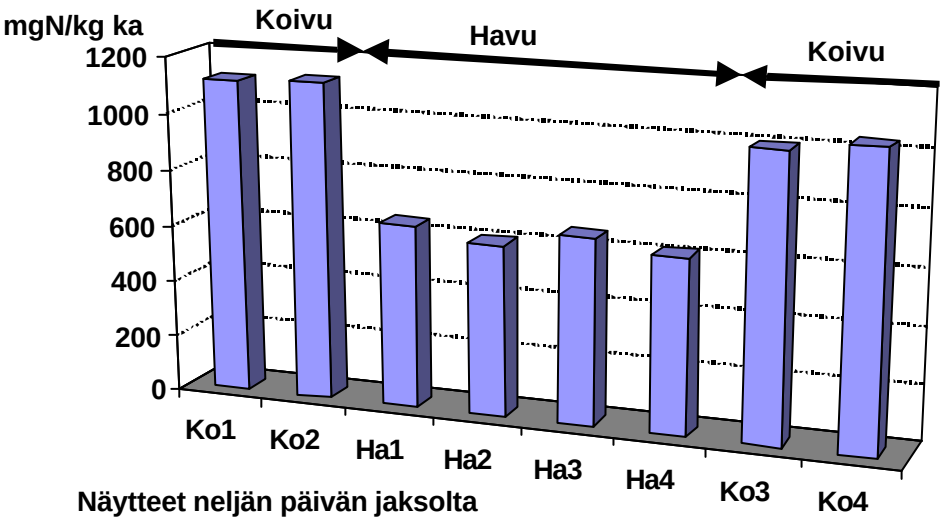
2.1
Mustalipeän typpi

Tiedetään, että pääosa puun sisältämästä typestä päätyy sellunkeitosta mustalipeään /9/. Tämä mustalipeässä esiintyvä orgaaninen typpi on pääasiassa aminohappomuotoista, mutta lipeästä on myös löytynyt eräitä orgaanisia heterosyklisiä rengasrakenteisia typpiyhdisteitä, kuten pyrrolit, pyrimidiinit, ja indolit (Kuva 1) /10,11,12/. Mustalipeätypen eri yhdisteiden tuntemus ja etenkin niiden kvantitatiivinen tuntemus on näin ollen tällä hetkellä huono.



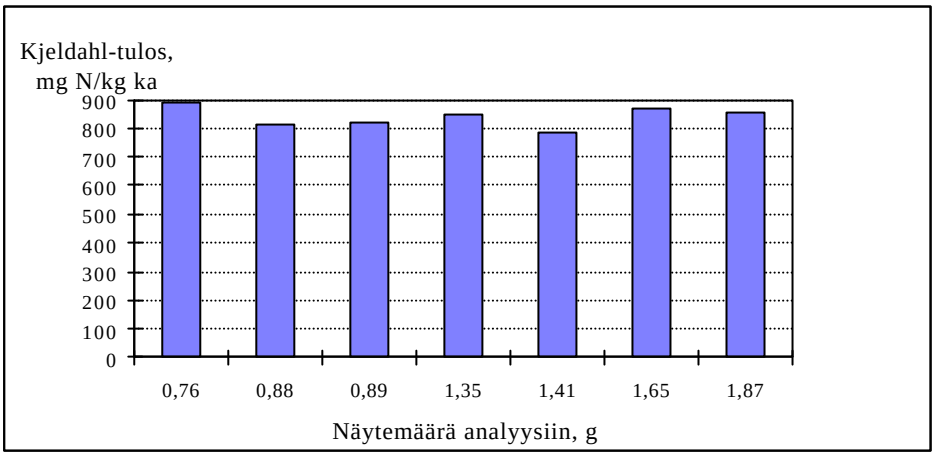
Kuva 1. Mustalipeästä identifioituja erilaisia orgaanisia typpiyhdisteitä /10,11,12/

Kokonaistyppimäärä mustalipeässä hieman vaihtelee riippuen lähinnä keitossa käytetystä puulajista, ollen suomalaisissa sulfaattiprosesseissa tyypillisesti noin 0.05-0.1 paino-% kuiva-aineesta, ja on esim. koivulipeällä korkeampi kuin havulipeällä. Kuvassa 2 on esitetty erään suomalaisen tehtaan havu- ja koivulipeän (laihamustalipeä) typpipitoisuuksia: havulipeä n. 0.06 p-% ja koivulipeä n. 0.11 p-% kuiva-aineesta (kun molemmat keitot on suoritettu alhaiseen kappaan: havu 33 ja koivu 19) /7/.



Kuva 2. Laihamustalipeän kokonaistyppipitoisuuksia /7/.

Mustalipeän kokonaistyppipitoisuus voidaan määrittää eri analyysimenetel-millä, joiden antamia tuloksia ovat vertailleet Forssén et al. /2/ ja Kymäläinen /13/. Mustalipeän typelle Kjeldahl-menetelmä näyttäisi periaatteessa soveltuvan hyvin, tosin analyysin suorituksessa on huomioitava tietyt erityisvaatimukset menetelmästandardiin (jotka on laadittu esim. vesille ja jätevesille) verrattuna. Kuvassa 3 on esitetty erään polttomustalipeän Kjeldahl-analyysituloksia, kun näytemäärä analyysiin on vaihdellut välillä 0.8-1.9 g (ja vastaavasti analyysissä lisätty rikkihappomäärä 5-10 ml). Tulos esittää tyypillistä sekamustalipeän Kjeldahl-analyysin tulosta hajontoineen, tässä 840 mgN/kgka ± 4%. Keskuslaboratoriossa (KCL) on käytössä nimenomaan mustalipeälle modifioitu Kjeldahl-typpianalyysi.



Kuva 3. Polttomustalipeän (ka 70%) Kjeldahl-analyysituloksia.

Tässä käytetty KCL:n mustalipeä-Kjeldahl-analyysi on käsittänyt lipeän vakuumikuivauksen ennen analysointia. Polttomustalipeän tulos ei juurikaan ole riippuvainen tästä käsittelystä, mutta sen sijaan natiivi laihamustalipeän typpipitoisuus on havaittu olevan selvästi korkeampi kuin kuivatun lipeän, esim. vesihauteessa haihdutettu tai vakuumissa kuivattu lipeä (taulukko 1). Tämä johtuu lipeiden, laiha- ja polttolipeä, typpikoostumuserosta. Tutkitun laihamustalipeän typestä on analysoitu olevan ammoniakkimuotoista (NH_3) typpeä n. 15-20% sen Kjeldahl-typestä, ja tämä NH_3-typpi vapautuu lipeästä kuivausprosessin aikana, mikä näin oleellisesti alentaa Kjeldahl-typpitulosta. Sen sijaan vastaavan polttomustalipeän NH_3-pitoisuus oli olematon, n. 1% Kjeldahl-typestä.

Taulukko 1. Laihamustalipeän (ka 16 %) Kjeldahl-analyysituloksia.

Lipeä Näytteen käsittely ennen analyysiä **Kjeldahl-tulos mg N /kg ka**	LML 1 natiivi (kuivaamaton) **1020**	LML 1 haihdutettu vesihauteessa (ka 70 %) **870**	LML 2 natiivi **930**	LML 2 vakuumikuivattu (ka 100 %) **740**

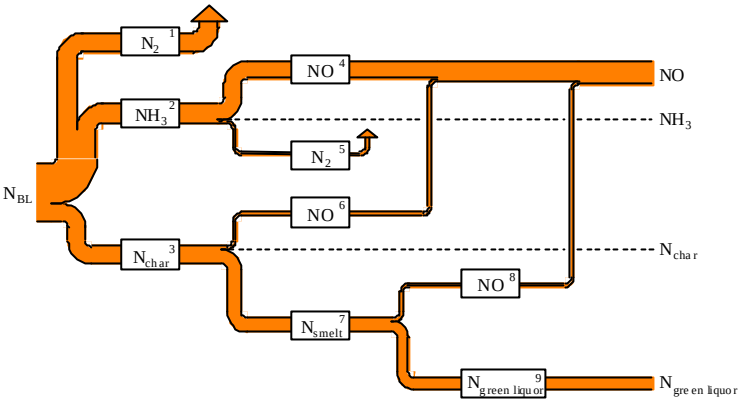
Mustalipeän typen tiedetään siis olevan peräisin pääosin puun typestä; merkittäviä perinteisissä prosesseissa ei ole havaittu /9/. Telkkinen /14/ on kuitenkin todennut, että johdettaessa valkaisun vedet kemikaalien talteenottokiertoon, mustalipeän typpipitoisuus voi nousta jopa n. 20-110% riippuen luonnol-

lisesti lipeän alkuperäisestä typpipitoisuudesta ja käytetystä kelatointiaineen määrästä. Eli, tämä typpi olisi peräisin typpipitoisista kelatointiaineista, kuten EDTA. Tarkempia tutkimuksia tai osoitusta tämän typen esiintymisestä kemikaalikierrossa ei kuitenkaan ole olemassa.
Merkittävä määrä typpeä mustalipeään on todettu tulevan biolietelisäyksen yhteydessä /7/. Biolietteen typpipitoisuus on maksimissaan noin satakertainen lipeän typpipitoisuuteen nähden (tyypillisesti esim. bioliete: 5 p-% typpeä kuiva-aineessa, ja lipeä: 0,05 p-%). Näin ollen kun biolietelisäys vastaa 1% lipeän kuiva-aineesta, kyseisen lipeän N-pitoisuus tuplaantuu. Biolietteen typestä n.10% todettiin olevan ammoniakkimuotoista (tai analysoitaessa – höyrytislaus – helposti muuntuvan ammoniakkimuotoon). Mustalipeähaihdut-tamolla tämä typpi helposti vapautuu höyryfaasiin ja sitä kautta kondensaatteihin, mutta muun biolietetypen kohtalo haihduttamolla oli vaikeasti jäljitettävissä. Todennäköisesti biolietteen typpi on helpommin hajoavaa kuin lipeän typpi, ja pääosin poistuisi lipeästä, ammoniakkina, mahdollisesti jo haihduttamolla ennen lipeän polttoa. Tätä tukevat kokemukset biolietettä sisältävän ltosta: ei merkittävää muutosta NO_x-päästöissä eikä sulan N-pitoisuudessa.

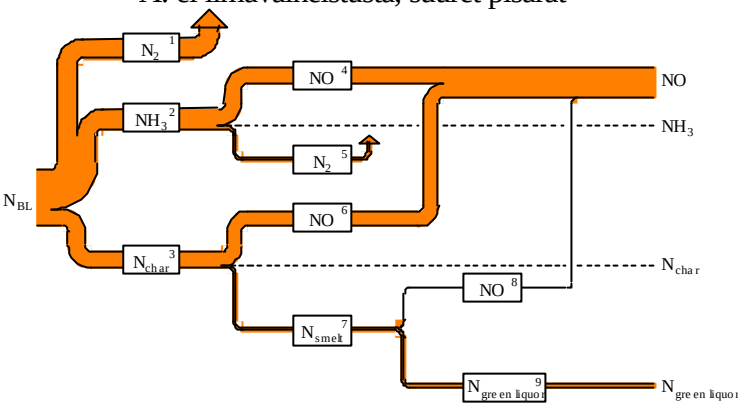
2.2
Mustalipeätypen reaktioreitit soodakattilassa

Soodakattilan NO_x-päästöt vaihtelevat tyypillisesti välillä noin 50-100 ppm. Jopa yli 95% NO_x:sta on typpioksidi (NO)-muotoista, ja loppu typpidioksidia (NO_2). Tämä soodakattilan NO_x-päästö on todettu olevan yksinomaan lipeästä lähtöisin, eli polttoilman typestä aiheutuvan ns. termisen NO_x:n osuus olisi mitätön /1,15,16,17,18/. Mustalipeätypen pääkulkureitit soodakattilassa on yksinkertaistetusti esitetty kuvassa 4 /4/. Kuvassa on tarkasteltu karkeasti neljää eri tapausta siten että joko on tai ei ilmavaiheistusta, ja onko suuret tai pienet pisarat.

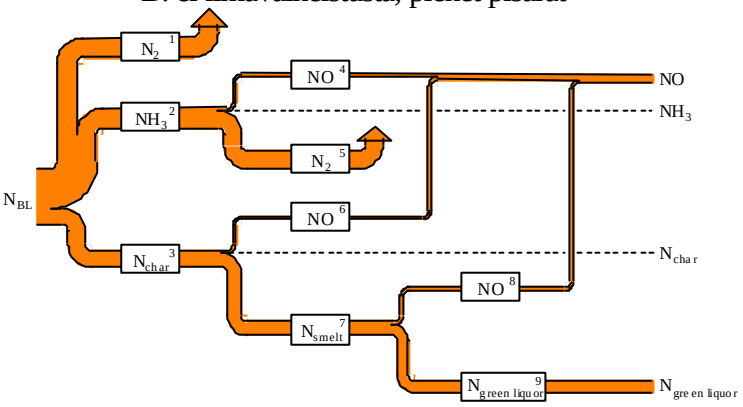
Palamisen pyrolyysivaiheessa lipeän typestä karkeasti noin 50-70% vapautuu kaasumaisena, lopun typen jäädessä koksiin /1,2,3,8,19,20/. Vapautunut typpi jakautuu suunnilleen tasan sekä ammoniakiks $_2$). Tämän ammoniakin hapettuminen NO:ksi onkin tämän mukaan ratkaiseva vaihe kattilan kokonais-NO_x-päästölle. Kuten kuvissa 4A ja B on esitetty, kun kattilassa ei ole mitään erityistä ilmavaiheistusta, NH_3 hapettuu lähes täydellisesti. Ilmavaiheistuksella voitaisiin nimenomaan vaikuttaa NO:n ja N_2:n keskinäiseen jakaantumiseen (eli “laatikot” 4 ja 5 kuvassa 4). Ilmavaiheistuksen vaikutusta NH_3:n hapettumiseen on tarkemmin tutkittu kemiallisen kineettisen mallinnuksen avulla /4/.



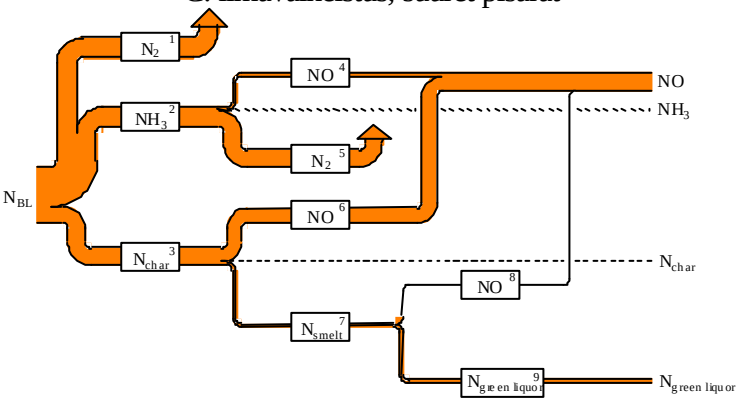
A. ei ilmavaiheistusta, suuret pisarat



B. ei ilmavaiheistusta, pienet pisarat



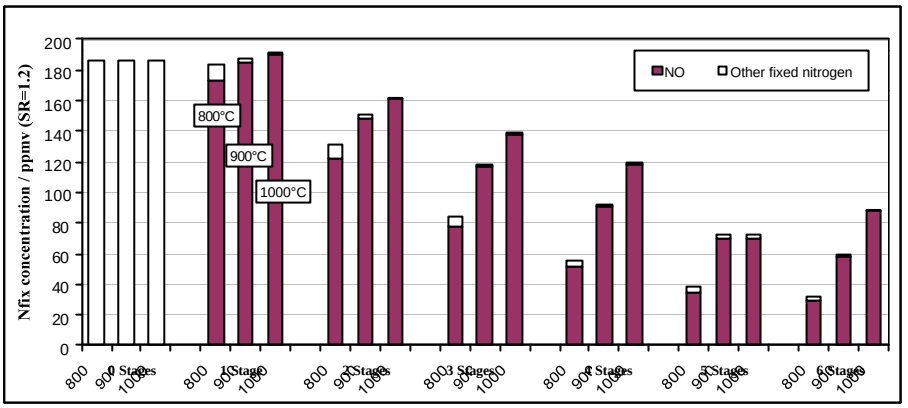
C. ilmavaiheistus, suuret pisarat



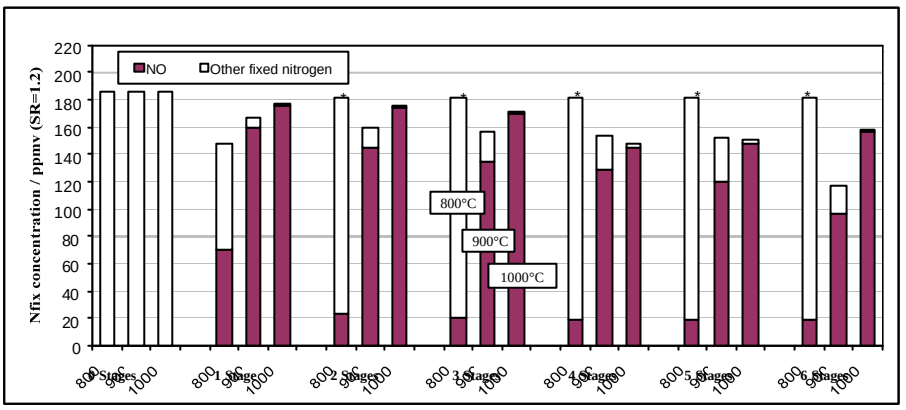
D. ilmavaiheistus, pienet pisarat

Kuva 4 . Yleiskuvaus poltto-olosuhteiden vaikutuksesta mustalipeätypen pä kulkureitteihin soodakattilassa /4/.

ÅA:n kineettisissä laskelmissa on tarkasteltu pyrolyysikaasussa olevan ammoniakin hapettumista eri lämpötiloissa ja erilaisissa kaasuatmosfääreissä, johon luonnollisesti vaikuttaa myös miten useassa vaiheessa ilma kattilaan syötetään. Täs vaiheiden lukumäärä on vaihdellut yhdestä kuuteen. Laskelmissa on myös tarkasteltu, mikä vaikutus eri hiilivedyillä on NH_3:n hapettumiseen. Kaikissa tapauksissa kokonaisilman ja pyrolyysi-kaasujen välinen stokiometrinen suhde oli 1.2. Yhteenveto tuloksista on esitetty kuvassa 5. Todetaan, että mitä alhaisempi lämpötila ja useampi ilmansyöttövaihe, sitä alhaisempi NO_x-päästö. Optimaalisissa olosuhteissa jopa kaksi kolmasosaa ammoniakista saadaan muuntumaan N_2:ksi. Hiilivedyt selvästi heikentävät ilmavaiheistuksen tehoa, mutta silloinkin parhaassa tapauksessa ilmavaiheistuksella on mahdollista saavuttaa jopa 30% alempi NO_x-päästö.



A.



* no ignition occurred

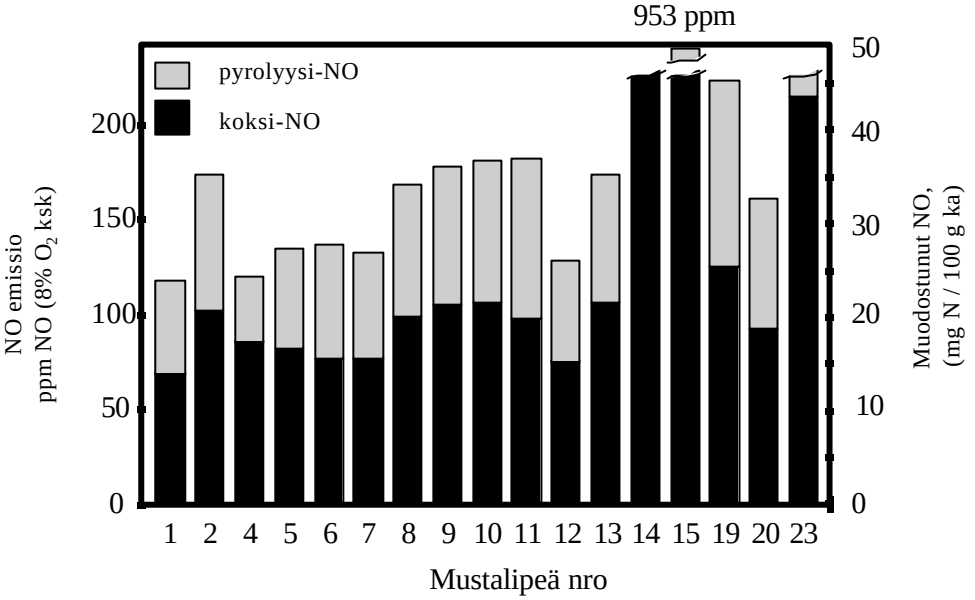
B.

Kuva 5. Mustalipeäpolton kineettisten mallinnuslaskelmien tuloksia /4/. Sidotun typen (pääosin NH_3 ja NO) määrä eri lämpötiloissa ja käytettäessä ilmavaiheistusta (1-6 vaihetta), kun pyrolyysikaasu ei sisällä -tapaus) tai sisältää hiilivetyjä (B-tapaus).

Myös koksiin jäävällä typellä on oma vaikutuksensa kattilan NO_x-päästöihin. Tätä koksin typen palamiskäyttäytymistä on tutkittu ÅA:ssa kokeellisesti /2,8/. Kuten kuvasta 4 todetaan, kun kattilassa pisaroiden palaminen tapahtuu pääasiassa keossa (eli suuret pisarat), koksiin jäävä typpi jää pääasiassa edelleen sulaan poistuen näin liuottajaan. Jos koksi puolestaan palaa korkeassa happipitoisuudessa, eli vastaten tilannetta, jossa on pienet pisarat ja palaminen tapahtuu vähän ylempänä kattilassa,

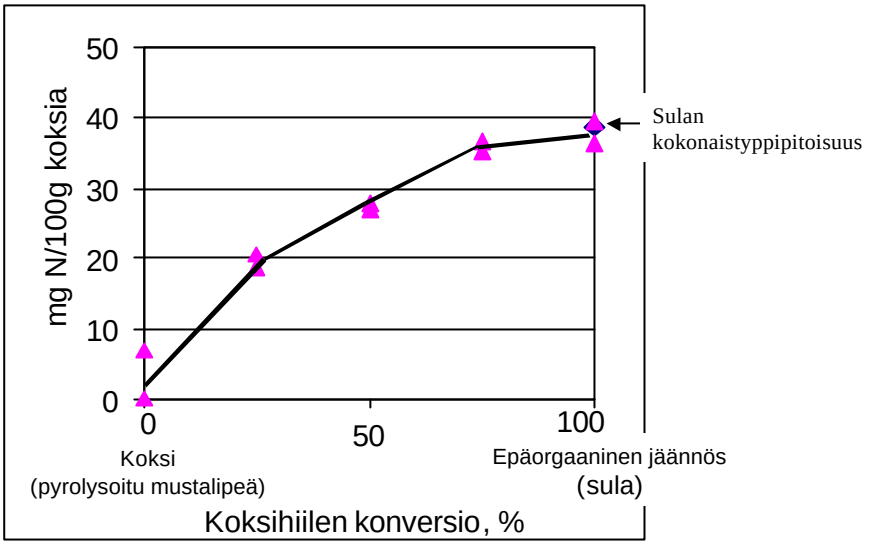
koksin typpi hapettuu lähes kvantitatiivisesti NO:ksi lisäten näin kattilan NO_x-päästöä. Toisin sanoen, merkittävä osa palamisen pyrolyysivaiheessa koksiin jääväs-tä typestä voi jäädä edelleen sulaan, riippuen koksin palamisolosuhteista. Tämä typpimäärä on tyypillisesti noin kolmannes polttomustalipeän typestä.

Laboratoriokokeilla voidaan siis mitata ensinnäkin mustalipeäpisaran pyrolyysissä vapautuva NH_3 ja siitä edelleen muodostuva NO-määrä, ja toiseksi pyrolyysissä muodostuneen koksin hapettuessa muodostuva NO-määrä. Kuvassa 6 on esitetty nämä mittaustulokset usealle erilaiselle lipeälle kraft- (1-13, 19, 20), sooda- (14, 15) ja sulfiittiprosesseista (23) /3/. Kuvaan on myös laskettu laboratoriomittaustuloksia vastaavat NO-emissiot sooda-kattilalla. Todetaan, että pyrolyysivaiheessa vapautuva typpimäärä riittää hyvin vastaamaan tyypillisiä sulfaattikattiloilla mitattuja NO-määriä (60-100 ppm). Tämä tukee käsitystä, että soodakattilaolosuhteissa koksityppi jää pääosin sulaan, mitä myös tukevat tehdasnäytteiden (sula, viherlipeä jne.) analyysitulokset.



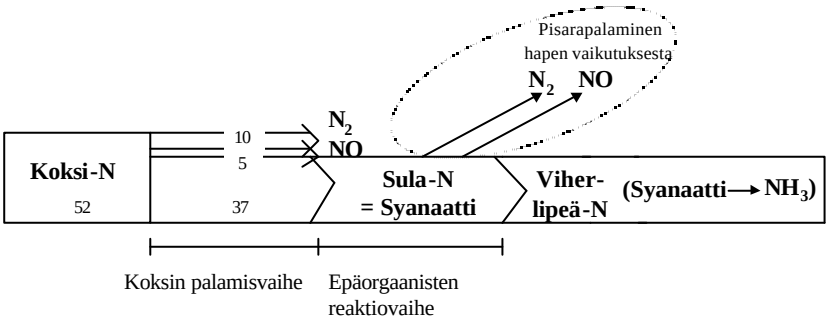
Kuva 6. Mustalipeäpisaran polttokokeessa (900°C, 10% O_2) muo-dostuva NO (oikea akseli) ja vastaavat laskennalliset soodakattila-emissiot (vasen akseli) /4/.

ÅA:n viimeisimmissä tutkimuksissa on vielä tarkemmin selvitetty koksitypen muuntumista sulaan jääväksi typeksi /8/. Tämä ilmiö on merkittävä mm. siks muulla polttoaineella ei tunneta vastaavaa merkittävää typen sitoutumista ”tuhkaan”. Mustalipeässä typpi on orgaanisessa ja sulassa epäorgaanisessa muodossa. Tämän epäorgaanisen typen muodostuminen on mahdollista lipeässä olevien alkalimetallien avulla. Kuten myöhemmin esitetään tarkemmin, viherlipeän typpi identifioitiin olevan syanaattia (OCN^-). Tämän syanaatin todettiin olevan peräisin sulasta, ja muodostuvan koksin palamisvaiheessa (kuva 7).



Kuva 7. Syanaatin muodostuminen koksin palamisvaiheessa /8/.

Sulan syanaattityppi (NaOCN) hapettuu helposti hapen läsnäollessa, pääosin NO:ksi. Toisaalta se myös hajoaa, pääosin N_2:ksi, korkeissa lämpötiloissa (>500°C). Laboratoriokokeiden perusteella on kuitenkin todettu, että tyypillisissä sulakeon olosuhteissa (nimenomaan CO_2:n läsnäolo) sekä hapettuminen että hajoaminen on vähäistä. Kuvassa 8 on esitetty koksitypen jakaantuminen tyypillisissä keko-olosuhteissa; lukuarvot % mustalipeän typestä yhden koesarjan perusteella. Kuten kuvassa 8 on vaihtoehtoisesti esitetty, koksin palaessa ylempänä kattilassa eli hapettuessa polttoilman hapen avulla, koksityppi johtaa NO-muodostukseen, ja vaikuttaa sitä kautta oleellisesti kattilan typpikemiaan ja lopullisiin NO-päästöihin.



Kuva 8. Esimerkki koksitypen jakaantumisesta keko-olosuhteissa /8/.

3.
TYPPI MUUALLA KEMIKAALIKIERROSSA

Edellä esitetyt mustalipeätypen käyttäytymistä soodakattilassa selittävät tulokset perustuivat siis pääosin laboratoriotason polttokokeisiin ja laskennallisiin tarkasteluihin. Typpeä muualla kemikaalikierrossa lähdettiin sen sijaan ensiksi tarkastelemaan tehdasnäytteenotoin ja analyysein saadaksemme yleiskuva miten laajalle prosessissa typpi on levinnyt. Seuraavassa käsitellään ensin näitä tehdasmittaustuloksia ja esitetään niiden pohjalta laadittu yleiskuva typen kierrolle kyseisessä talteenottoprosessis-

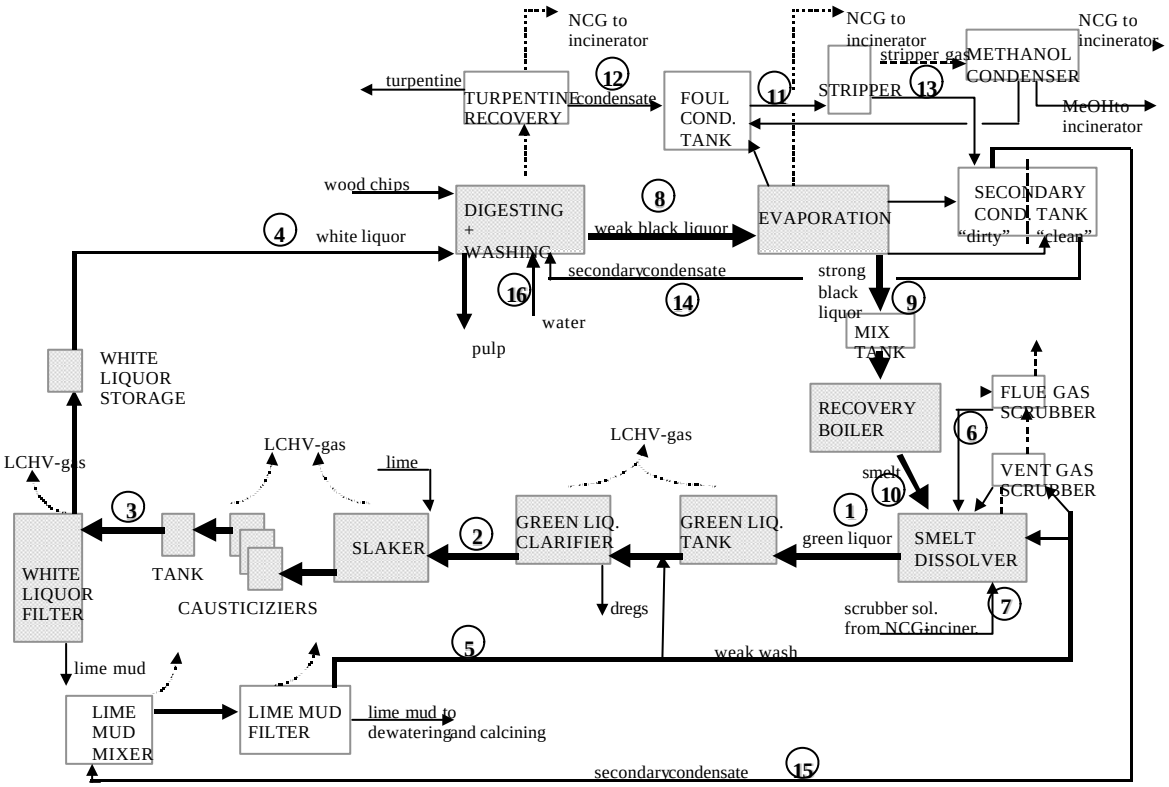
sa. Lopuksi tarkastellaan vielä erikseen ammoniakin, talteenottokierron merkitt vimmän typpiyhdisteen, muodostumista ja käyttäytymistä prosessi-olosuhteissa.

3.1 Tehdasnäytteiden analysointia

Tehdasmittauksia suoritettiin kahdella eri tehtaalla /5,7/. Seuraavassa on tarkemmin esitetty ensimmäisellä tehtaalla tehtyjä mittauksia /5/. Tehdas käytti keskimäärin 2/3 koivua ja 1/3 havua.

Näytteenotot suoritettiin useana eri ajankohtana vuoden -97 aikana. Yhtenä kertana näytteet otettiin koko kierrosta (kuva 9), ja muilla kerroilla tehtiin näytteenottoja vain tietystä osasta prosessia. Pääosa näytteistä oli liuosnäytteitä eli lipeitä tai vesiliuoksia, jotka otettiin muovipurkkeihin (0.5-1.0dm^3). Sulanäytteitä otettiin joko metallimuotilla (noin 100 cm^3) tai kvartsilasiputken sisään. Analyysiä varten sulanäyte otettiin muottipalan keskiosasta välttäen hapettunutta pintaosaa.

Kuvassa 9 ja taulukossa 2 on esitetty näytteenottokohdat, kokonaistyppi (Kjeldahl) ja ammoniakkianalyysitulokset.



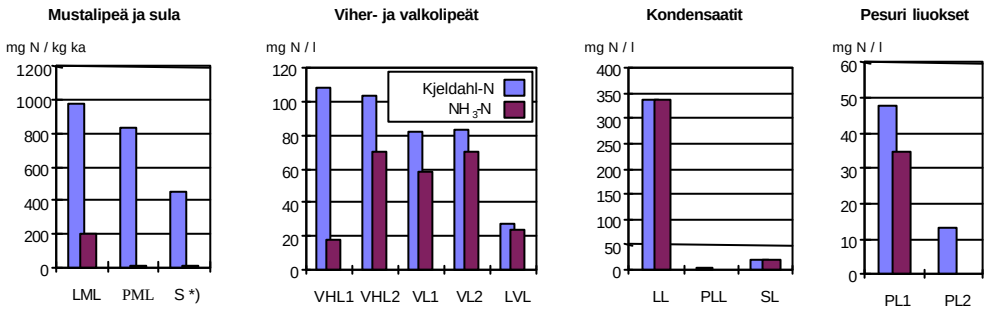
Kuva 9. Näytteenottokohdat /5/.

Taulukko 2. Näytteenottokohdat, numerointi kuvan 9 mukaan.

	NÄYTE		Kjeldahl-N	NH_3	NH_3/Kjeldahl
			mgN/dm^3	mgN/dm^3	%
1	VHL1	Viherlipeä liuottajalta	108	18	17
2	VHL2	Viherlipeä selkeyttimeltä kaustistamolle	103	70	68
3	VL1	Valkolipeä (kalkkimaito) kaustistamolta	82	58	70
4	VL2	Valkolipeä keittämölle	83	70	84
5	LVL	Laihavalkolipeä	28	24	86
6	PL1	Pesuriliuos soodakattilan sk-pesurilta liuottajalle	48	35	73
7	PL2	Pesuriliuos hajukaasukattilan sk-pesurilta liuottajalle	13	0	0
8	LML	Laihamustalipeä keittämöltä	976*)	198*)	20
9	PML	Polttomustalipeä (ennen suolanlisäystä)	840*)	11*)	1
10	S	Sula, yhdestä sularännistä	448**)	9**)	2
11	LL1	Likaislauhde säiliöltä stripperille	338	337	100
12	LL2	Likaislauhde tärpätin erotuksesta LL-säiliölle	338	341	101
13	PLL	Stripattu likaislauhde sek. kond. säiliölle	3	0	0
14	SK1	Sekundäärikondensaatti massan pesuun	10	n.a.	
15	SK2	Sekundäärikondensaatti meesan pesuun	20	19	105
16	Vesi	Lämmin vesi massan pesuun	4	n.a.	

*) mgN/kg ka
**) mgN/kg
n.a. ei analysoitu

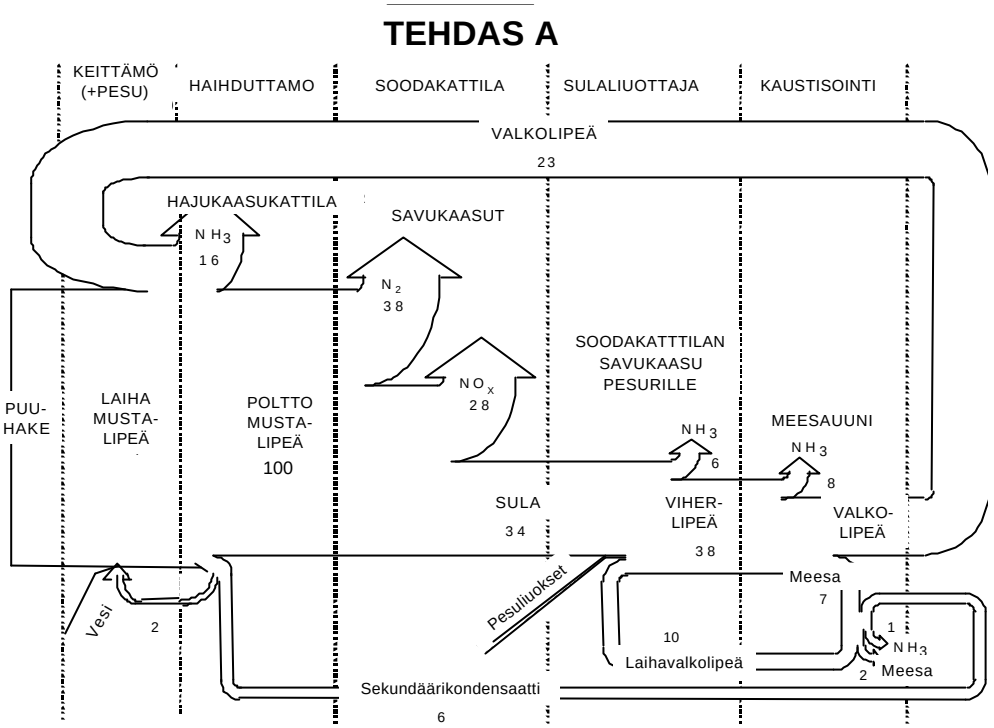
Kuvassa 10 on esitetty näytteiden analyysituloksia taulukon 2 tulosten perusteella. Tulokset ovat esimerkkinä yhdeltä näytteenottokerralta, mutta toistomittauksissa todettiin ettei pitoisuustasoissa ollut havaittavissa oleellisia poikkeamia eri ajankohtina. Yhtenä syynä tähän voidaan tietenkin pitää sitä että tehdas ajoi hyvin vakiopuukoostumusta keitossa.



Kuva 10. Kjeldahl- ja ammoniakkianalyysituloksia (Lyhenteet, kts. taulukko 2.) /5/.

3.2 Yleiskuva

Kuvassa 11 on esitetty taselaskelmien pohjalta laadittu yleiskuva typen kierrosta kyseisellä tehtaalla. Kuvassa luku 100 vastaa polttolipeän typpimäärää, mikä todellisuudessa oli 27 gN/s (vastaten lipeän kuiva-ainesyöttöä: 32 kg/s). Muut luvut voi näin tulkita olevan %:a polttolipeän typestä.



Kuva 11. Yleiskuva typen kulusta tutkitussa kemikaalikierrossa /5/.

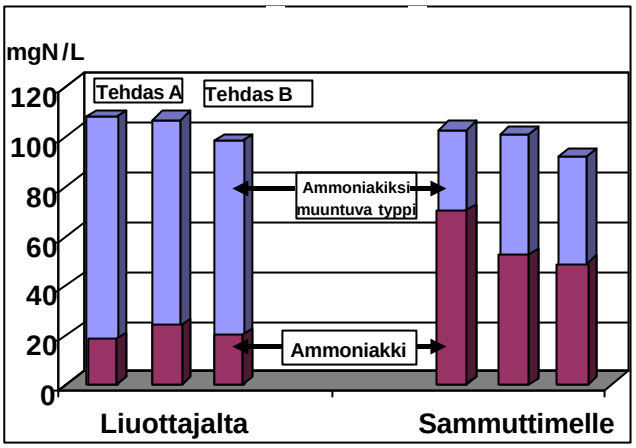
Kemikaalikiertoon tuleva typpi on peräisin pääasiassa yksinomaan keittoon etystä puusta. Keittoon tulee myös typpeä, ja nimenomaan ammoniakki(NH_3)-muotoista typpeä valkolipeässä. Tämä typpi on kertaalleen kemikaalikierrossa kiertänyttä puuntyppeä. NH_3-typpeä vapautuu keiton kaasuihin, josta se mahdollisesti liukenee tärpätin erotusvaiheessa sekä tärpättiin että likaislauhdejakeeseen. Ammoniakkia siirtyy merkittävässä määrin myös laihamustalipeässä haihduttamolle, jossa se heti haihdutuksen ensimmäisissä vaiheissa ja liukenee taas lauhteisiin, pääasiassa likaislauhteeseen, mutta osin myös puhtaampiin sekundäärilauhteisiin. Likaislauhteiden puhdistuksessa, stripperillä, NH_3 sitten vapautuu tehokkaasti kaasuihin. Jos kaasuista tämän jälkeen tehdään metanolin nesteytys, NH_3:n on mahdollista taas liueta metanolijakeeseen. Kyseisellä tehtaalla stripperikaasu ja metanoli johdettiin polttoon erilliselle hajukaasukattilalle, jonne näin ollen siirtyi kemikaalikierrosta merkittävä määrä ”polttoainetyppeä”, joka on syytä huomioida hajukaasukattilan NO_x päästöjen hallitsemiseksi.

Polttoon tulevan mustalipeän typestä aina vähintään noin kaksi kolmasosaa poistuu savukaasuissa, joko N_2:na tai NO_x:na kattilan poltto-olosuhteista riippuen. Noin yksi kolmasosaa mustalipeän typestä siirtyy sulan mukana liuottajalle. Liuottajalta typpeä vapautuu ammoniakkina jonkin verran hönkien mukana, riippuen lähinnä liuottajan “kiehumisesta” eli miten tehokkaasti se ajaa ulos liuoksessa olevaa ammoniakkia. Pääosin sulan typpi siirtyy kuitenkin viherlipeään ja jatkaa kierrossa.

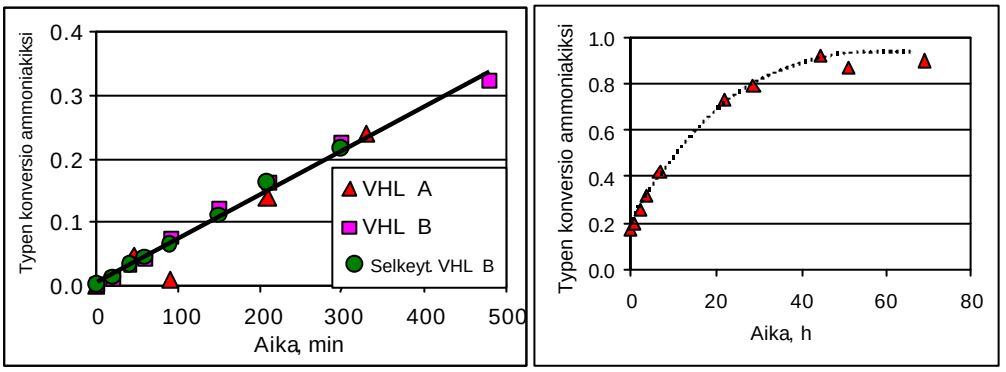
Viherlipeän typestä osa vapautuu laimeisiin hajukaasuihin kaustisoinnissa, ja osa siirtyy meesan mukana meesan pesuun ja edelleen pääasiassa laihavalkolipeään. Pääosa tä, noin 60%, jatkaa kuitenkin valkolipeään ja edelleen keittoon.

3.3
Ammoniakin muodostuminen viherlipeässä

Analyysitulokset osoittivat, että viherlipeän ammoniakkipitoisuudet kasvavat prosessin edetessä (kuva 12). Tätä ilmiötä tutkittiin tarkemmin laboratoriokokein, joista esimerkkituloksia kuvassa 13.



Kuva 12. Kahdelta tehtaalta otettujen viherlipeänäytteiden typpianalyysituloksia: näytteenotot heti liuottajan jälkeen ja syötöstä sammuttajalle /6/.



a. b.

Kuva 13. Viherlipeätypen konversio ammoniakiksi 90ºC:ssa.
a. Konversio ensimmäisen n.8 tunnin aikana. Viherlipeänäytteet kahdelta eri tehtaalta heti liuottajan jälkeen, ja toinen viherlipeä ilman sakkaa (laboratoriossa selkeytetty). /6/.
b. Konversio pidemmässä kokeessa.

Kokeellisesti tutkittiin ammoniakkimuodostuksen kinetiikkaa, ja muodos-tumisen todettiin olevan ensimmäisen asteen reaktio, jonka reaktionopeusvakion, k, lämpötilariippuvuus todettiin olevan (Arrhenius-yhtälön mukaisesti): $k = 8.4 \times 10^{8}\ e^{-10100/T}\ min^{-1}$

Ammoniakin muodostumisreaktioksi identifioitiin syanaatin (OCN^-) alkalinen hydrolyysireaktio:

$$OCN^- + OH^- + H_2O(aq) \rightarrow NH_3(aq) + CO_3^{2-}$$

Tämän alkalisissa olosuhteissa tapahtuvan reaktion lisäksi syanaatti reagoi ammoniakiksi (NH_4^+) myös happamissa olosuhteissa. Tämä happohydrolyysi-reaktio onkin huomattavasti nopeampi, ja se tunnetaan myös syanaatin standardianalyysimenetelmänä /21/.

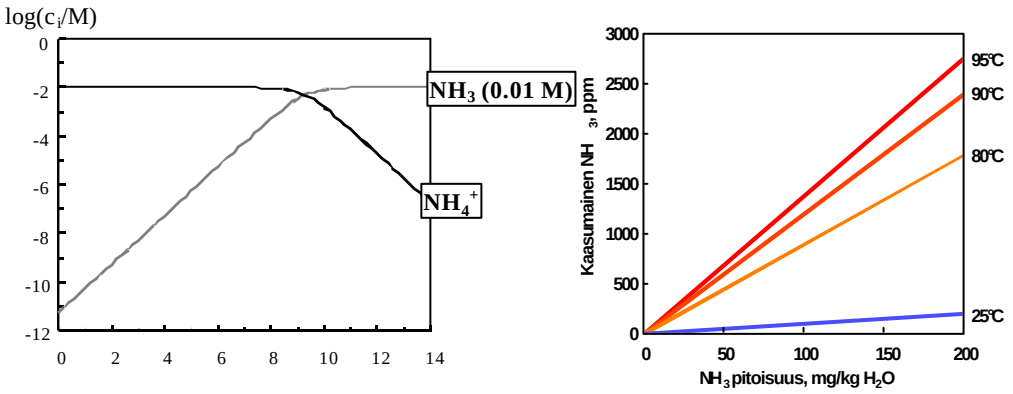
Ammoniakin muodostuminen oli riippumaton puulajista, ja oli hyvin vastaava molemmilla tutkituilla tehtailla. Näiden tulosten perusteella voidaan yleisesti todeta, että käytännössä prosessiolosuhteissa tapahtuu ammoniakin muodostumista viherlipeän prosessointivaiheissa, ja vieläpä valkolipeässäkin, riippuen lipeiden viipymäajoista prosessissa.

3.4 Ammoniakin vapautuminen

Kuten edellä esitetyistä tuloksista todetaan, merkittävä typpiyhdiste kemikaalikierrossa on ammoniakki. Tässä onkin lyhyesti esitetty miten liuoksessa oleva ammoniakki käyttäytyy.

Liuoksen pH:sta riippuen ammoniakki esiintyy joko ammonium-ionina (NH_4^+) tai liuenneena ammoniakkina (kuva 14a). Ammoniakki on suhteellisen vahva emäs, ja ammonium vastaavasti tällöin heikko happo, happovakioarvon ollessa noin 5.5×10^{-10} ja vastaava pK_a-arvo noin 9.26. Liuoksen pH siis vaikuttaa ammoniakin esiintymismuotoon liuoksessa.

Em. pH-riippuvan tasapainon lisäksi liuoksessa vallitsee myös toinen tasapaino, joka koskee nimenomaan liuennutta ammoniakkia eli NH_3:n liukoisuutta. Tämä on erittäin herkkä lämpötilalle (kuva 14b). Tasapainoteo-rian mukaan liuoksessa oleva NH_3 on tasapainotilassa sen yläpuolella olevan kaasufaasin kanssa, niin että liuosfaasin NH_3-pitoisuus vastaa aina tiettyä NH_3-pitoisuutta kaasufaasissa liuoksen lämpötilasta riippuen.



a. b.

Kuva 14. a. NH_4^+/NH_3-tasapaino liuoksen pH:n funktiona.
b. NH_3-tasapainopitoisuus liuosfaasin yläpuolisessa kaasussa, liuoksen NH_3-pitoisuuden funktiona.

Käytännössä esim. viherlipeän pH on korkea ja ammoniakki esiintyy yksinomaan liuenneena kaasuna. Tällöin myös kaasussa on aina tietty pitoisuus ammoniakkia. Riippuen prosessivaiheen lämpötilasta ja "avoimuudesta" vapautuvan ammoniakin kokonaismäärä vaihtelee. Näyttäisi siltä, että tarvitaan kuitenkin erittäin tehokas liuoksen käsittely, "ryöpytys", kuten haihdutuksessa ja strippauksessa, jotta liuoksen kaikki NH_3 saadaan vapautumaan.

4. JOHTOPÄÄTÖKSET TYPPIPÄÄSTÖJEN HALLITSEMISEKSI

Edellä esitetyt tulokset osoittavat, että soodakattilan typpikemia on ratkaiseva ei yksin kattilan NO_x-päästöjen kannalta vaan koko talteenottoprosesessin typpipääst jen kannalta. Kattilasta sulan mukana poistuva typpi aiheuttaa kattila-NO_x:a vastaavan suuruiset ammoniakkipäästöt eri puolilta prosessia.

Kattilasta sulan mukana poistuvaa typpimäärää on todennäköisesti käytännössä vaikea oleellisesti vähentää. Hyvää rikkireduktiota suosivat olosuhteet ja koksin poltto keon pinnalla johtavat myös sulatypen, NaOCN, muodostumiseen ja pysymiseen kattilassa poistuvassa sulassa. Toisaalta mikäli sulaan jäävää typpeä pyrittäisiin vähentämään kattilassa, joudutaan toisen ongelman eteen: miten tämä kattilassa vapautuva typpi hallitaan ilman NOx-päästöjen kasvua. Näin ollen mieluummin johdetaan typpi sulassa liuottajalle ja annetaan sen reagoida ammoniakiksi, jonka hallitseminen talteenottoprosessissa on todennäköisesti helpompi ratkaisu.

Ammoniakki on helposti alkalisista liuoksista strippautuva, ja toisaalta neutraaliin/happamiin liuoksiin liukeneva. Tätä ominaisuutta hyödyntämällä on mahdollista hallitusti konsentroida ammoniakkia prosessista joko kaasu- tai liuosfaasiin. Jo nyt, ilman hallittuja toimenpiteitä, prosessin ammoniakki näyttää luonnollisesti konsentroituneen likaislauhteisiin, ja siitä edelleen stripperikaasuun ja edelleen metanoliin. Näiden jakeiden ammoniakkisisällön hyödyntämistä onkin jo selvitetty mm. soodakattilan NO_x-päästöjen vähentämiseksi /22,23/. Eli sen sijaan että tämä ammoniakki poltossa lisäisi NO_x-päästöjä, se hallitusti yhdessä mustalipeän kanssa poltettaessa onnistuisikin alentamaan lipeäpolton normaalia NO_x-tasoa.

Lopuksi, koska ensi sijassa kemikaalikiertoon tulevan typen määrä ratkaisee prosessin kokonaistyppipäästöt, kaikki keinot esim. puuraaka-aineen käsittelyssä tai keittoolosuhteissa tämän kiertoon päätyvän typen määrän minimoimiseksi olisi syytä selvittää.

VIITTEET

1 Aho, K., Nitrogen Oxides Formation in Recovery Boilers, Lic. Tech. Thesis, Åbo Akademi University, 1994.

2 Forssén, M., Hupa, M., Pettersson, R., Martin, D., Nitrogen Oxide Formation During Black Liquor Char Combustion and Gasification, *J. Pulp Paper Sci*, 23 (9):J439-J446, 1997.

3. Forssén, M., Hupa, M., Hellström, P., Liquor-to-liquor Differences in Combustion and Gasification Processes: Nitrogen Oxide Formation Tendency, *Tappi J.*, 82(3):221-227, 1999.

4. Forssén, M., Kilpinen, P., Hupa, M., NO_x Reduction in Black Liquor Combustion - Reaction Mechanisms Reveal Novel Operation Strategy Options, *Tappi J.*, 83 (6):56, 1998.

5. Kymäläinen, M., Forssén, M., and Hupa, M.: The Fate of Nitrogen in the Chemical Recovery Process in a Kraft Pulp Mill. Part I. A General View. *Journal of Pulp and Paper Science* 25 (12): 410-417, 1999.

6. Kymäläinen, M., Forssén, M., DeMartini, N., and Hupa, M.: The Fate of Nitrogen in the Chemical Recovery Process in a Kraft Pulp Mill. Part II. Ammonia Formation in Green Liquor. *Journal of Pulp and Paper Science* 27 (3): 75-81, 2001.

7. Kymäläinen, M., Holmström, M., Forssén, M., and Hupa, M.: The Fate of Nitrogen in the Chemical Recovery Process in a Kraft Pulp Mill. Part III. The Effect of Some Process Variables. *Journal of Pulp and Paper Science* 27(9):317-324, 2001.

8. Kymäläinen, M., Forssén, M., Jansson, M., and Hupa, M.: The Fate of Nitrogen in the Chemical Recovery Process in a Kraft Pulp Mill. Part IV. Smelt Nitrogen and Its Formation in Black Liquor Combustion. Accepted for publication in JPPS, 2001.

9. Veverka, P., Nichols, K., Horton, R., Adams, T., On the Form of Nitrogen in Wood and its Fate During Kraft Pulping, *Proceedings of the 1993 TAPPI Environmental Conference*, Boston, MA, 777-780 (1993).

10. Niemelä, K., Low-Molecular Weight Organic Compounds in Birch Kraft Black Liquors, Väitöskirja, Teknillinen korkeakoulu, 1990.

11. Martin, D., Malcolm, E., Hupa, M., The Effect of Fuel Composition on Nitrogen Release During Black Liquor Pyrolysis, Eastern States Section, *The Combustion Institute, Fall Technical Meeting Proceedings*, Clearwater Beach, FL, 294-297, 1994.

12. Martin, D. and Malcolm, E., The Impact of Black Liquor Composition on the Release of Nitrogen in the Kraft Recovery Furnace, *Proceedings of 1995 TAPPI Engineering Conference*, Dallas, TX, 833-840 (1995).

13. Kymäläinen, M., Fate of Nitrogen in the Chemical Recovery Cycle of a Kraft Pulp Mill, Väitöskirja, Åbo Akademi, 2001.

14. Telkkinen, U-T., Typen määrä ja vaikutukset sulfaattisellutehtaan kemikaalikierrossa johdettaessa valkaisun vedet kemikaalien talteenottoon, Lisensiaattityö, Teknillinen korkeakoulu, 1997.

15. NCASI, An analysis of Kraft Recovery Furnace NO_x Emissions and Related Parameters. *Technical Bulletin no. 636. National Council of the paper industry for Air and stream Improvement, Inc. (NCASI)*, New York, USA, 1992.

16. Nichols, K., Thompson, L, and Empie, H., A Review of NO_x Formation Mechanisms in Recovery Furnaces. *Tappi J.* 76 (1): 119-124, 1993.

17. Adams, T., Stewart, R., and Jones, A., Using CFD Calculations to Estimate Thermal-NO_x from Recovery Boilers at 67% and 80% Dry Solids. *Proceedings of 1993 TAPPI Engineering Conference*, September 20-23, Orlando, FL, USA, pp. 625-634, 1993.

18. Nichols, K.M., Lien, J.L., Formation of Fuel NO_x During Black Liquor Combustion, *Tappi J*, 76 (3): 185-191, 1993.

19. Iisa K., Carangal, A., Scott, A., Pianpucktr, R., and Tangpanyapinit, V., 1995. Nitrogen Oxide Formation and Destruction in Recovery Boilers. *Proceedings of 1995 TAPPI Chemical Recovery Conference*, April 24-27, Toronto, Canada, B241-B250, 1995.

20. Martin D., *The Pyrolysis of Fuel Nitrogen from Black Liquor*. PhD Thesis. Institute of Paper Science and Technology. Atlanta, GA, USA, 1995.

21. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, L. Clesceri, A., Greenberg ja Trussell, R., Eds., 17th ed., Am.Public Health Assoc., Am. Water Works Assoc., Water Pollution Control Fed., Washington, DC, USA, 1989.

22. Vakkilainen E., Kjäldman, L., Taivassalo, V., Kilpinen, P., and Norström, T., High Solids Firing in an Operating Recovery Boiler – Comparison of CFD Predictions to Practical Observations in the Furnace. *Proceedings of 1998 TAPPI Chemical Recovery Conference*, June 1-4, Tampa, FL, USA, pp. 245-256, 1998.

23. Janka, K. ja Tamminen, A., Recovery Boiler Furnace as CNCG Incinerator. *Proceedings of 1999 TAPPI Engineering/Process and Product Quality Conference & Trade Fair*, September 12-16, Anaheim, CA, USA, pp. 141-150, 1999.

TURVAMÄÄRÄYKSET JA VAARANARVIOINTI

URHO AARNIVUO
TUKES

GRUVÖN SOODAKATTILA

MARKKU ISONIEMI
KVAERNER PULPING OY

KÄYTTÖKOKEMUKSIA BILLERUD GRUVÖN SOODAKATTILASTA

Markku Isoniemi
Kvaerner Pulping Oy

Johdanto

Stora Enso tilasi uuden soodakattilan Kvaerner Pulping:ilta kesäkuussa 1998. Lipeän poltto kattilassa aloitettiin huhtikuussa 2000. Toimituslaajuus oli tyyppiä "avaimet käteen". Stora Enso ja Assi Domän perustivat sittemmin Billerud AB:n, jonka omistukseen Gruvön siirtyi.

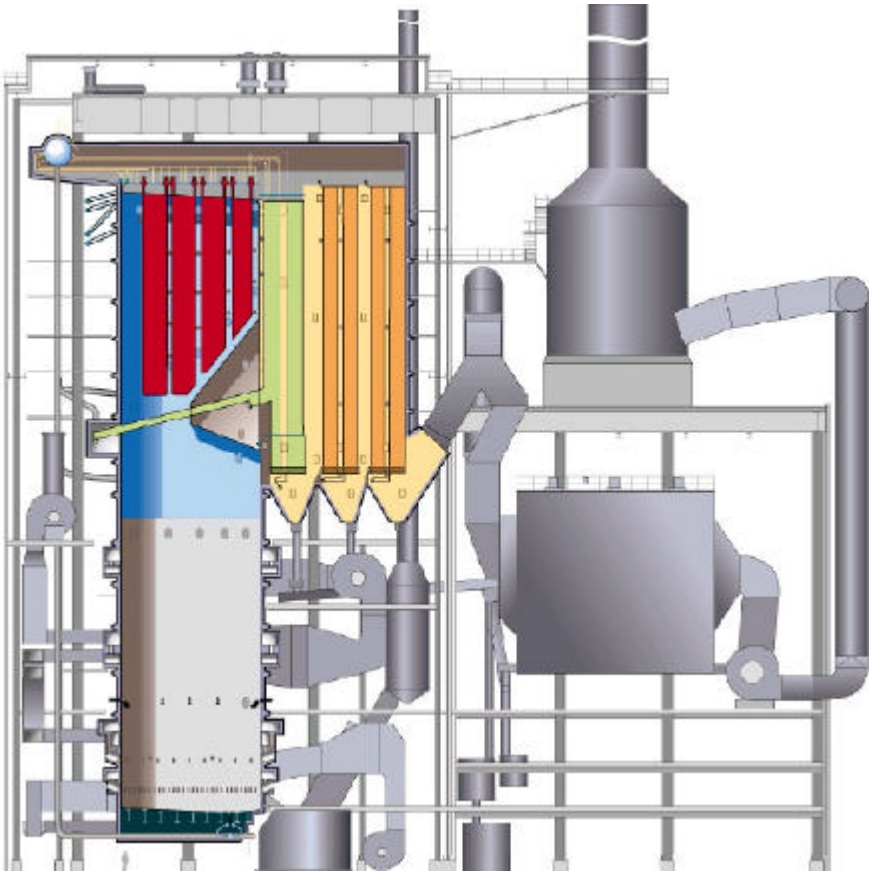
Tässä esityksessä kerrotaan eräistä kattilan järjestelmistä ja ominaisuuksista sekä reilun vuoden aikana kertyneistä kokemuksista.

Kuva 1. Soodakattila T5 Billerud AB:n Gruvön tehtaalla

Mitoitusarvot

Kattilan mitoituksessa varauduttiin laajaan toiminta-alueeseen sekä tulevaisuudessa tapahtuvaan kapasiteetin nostoon. Kattilan apulaitteet on mitoitettu pääosin tulevaisuuden kapasiteettia varten, mutta painerunkoon tehdään tiettyja muutoksia siinä vaiheessa. Käynnistysvaiheessa mustalipeän konsentraation oli 65%, mutta uuden haihduttamon käyttöönoton jälkeen se on noussut 72% tasolle.

n yksi tulistinvaihe, jotta tulistuslämpötila voidaan säilyttää. Tarvittaville nuohoimille on paikat valmiina. On myös lisättävä kolmas sähkösuodinkammio ja savukaasupuhallin, joille on tehty paikkavaraus.



Kuva 2. Kattilan sivukuva

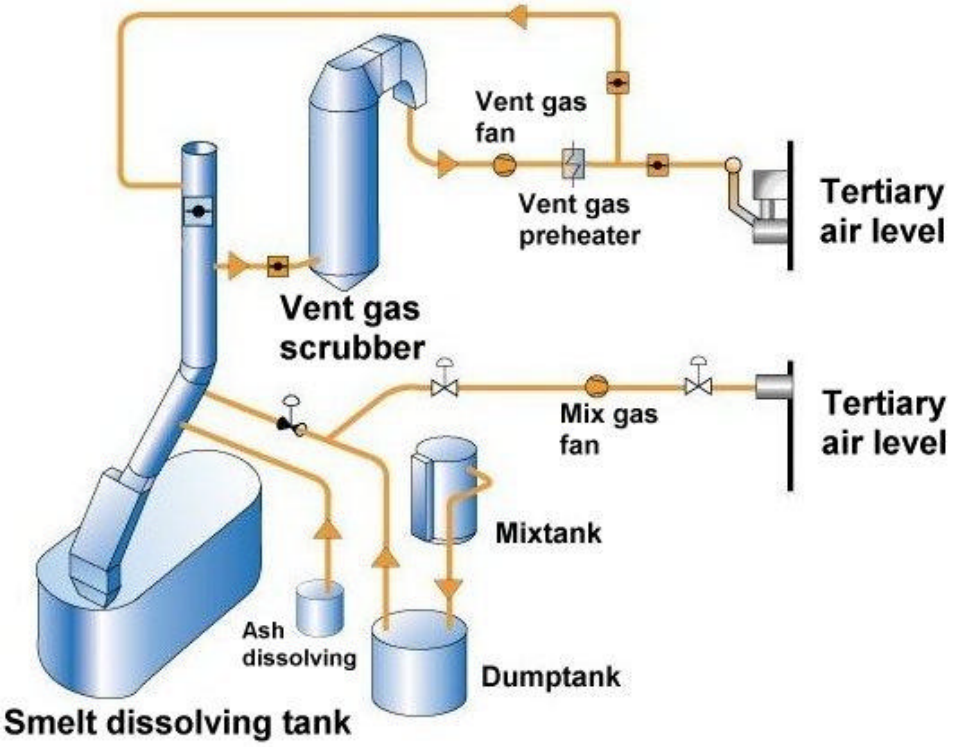
Interaktiivinen multimedia-koulutus

Ennen kattilan käyttöönottoa laitoksen henkilökunnalle annettiin ns. interaktiivista multimediakoulutusta. Koko koulutusaineisto tehtiin digitaalisessa muodossa, mikä sisältää paljon mm. valokuvia ja animaatioita. Koulutuksessa hy myös projektiin kuulunutta simulaattoria, joka on räätälöity täysin vastaamaan Gruvönin kattilaa. Koulutus voitti LO:n (Ruotsin ammattijärjestöjen keskusliitto) Käyttäjän palkinnon (Användarnas Pris för 2001) vuoden parhaasta IT-sovelluksesta työelämässä.

Kvaernerin oma multimedia-koulutusaineisto on toteutettu tai valmisteilla räätälöitynä 3 soodakattilaprojektissa ja geneerisenä 2 asiakkaalle. Dynaaminen kuhunkin projektiin räätälöity simulaattori on toteutettu tai valmisteilla 7 soodakattilaan, lukuisia referenssejä on tehty myös kuitulinja- ja haihdutinprojekteissa.

Liuotussäiliön höngän poltto

Liuotussäiliön höngät ajetaan lauhduttavan pesurin ja esilämmittimen kautta polttoon tertiäärisuuttimien läpi sisäputkilla (kuva 3). Höngän poltto sujuu vakaasti eikä aiheuta häiriöitä tulipesän toimintaan. Alussa höngän esilämmitin tukkeentui usein, mikä johtui käynnistysvaiheessa tukkiintuneista hönkäpesurin suuttimista.



Kuva 3. Hönkien poltto

Pirssoniittivaikeuksia

Pirssoniitin muodostuminen liuottajassa on ollut kattilan käytettävyyteen vaikuttava tekijä. Säiliön seinille ja sekoittimiin muodostuvat useiden senttimetrien paksuiset kerrostumat lisäävät tasaisesti sekoittimien virrankulutusta, kunnes moottoriteho ei riitä ja kattila on ajettava alas. Liuottajaan toimitettiin kaksi pystymallista sekoitinta.

Sekoittimien tyypistä, sijoituksesta ja tehosta on käyty lukuisia keskusteluita, sekoitusta on mallitettu sekä mitattu paikanpäällä radioaktiivisten isotooppien avulla. Lopuksi päätettiin vaihtaa sekoittimet uusiin tehokkaisiin vaakasekoittimiin, jotka on juuri asennettu.

Suurin tekijä on kuitenkin kemia. Liuottajaa ajettiin aluksi suurella keskimääräisellä alkalitiheydellä. Alussa myös tiheysvaihtelut olivat suuria, mutta ne on sittemmin saatu pieniksi. Tiheysvaihteluilla on suuri merkitys, koska kerran muodostunut pirssoniitti ei liukene takaisin viherlipeään. Tiheyttä on keväällä 2001 alennettu jonkun verran, mutta viherlipeän lämpötila on edelleen alempi kuin useimmilla tehtailla, mikä alentaa pirssoniitin liukoisuusrajaa merkittävästi.

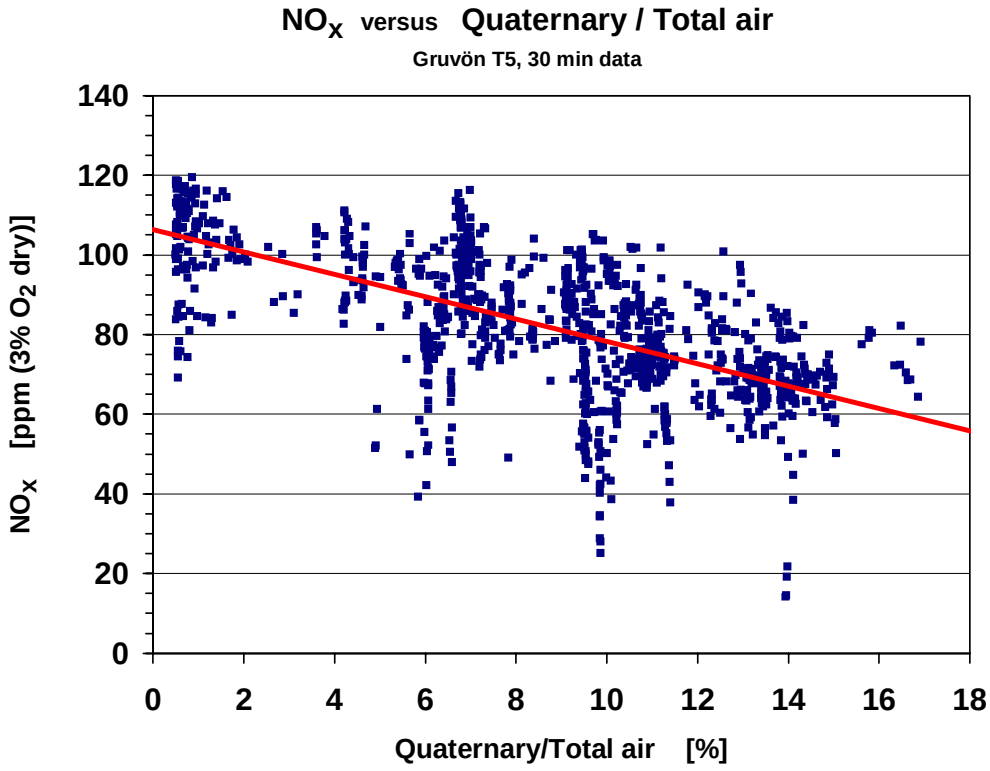
Kuluvan syksyn aikana Gruvön asentaa viherlipeän epäsuoran jäähdyttimen, joka mahdollistaa liuotussäiliön lämpötilan nostamisen. Näiden toimien yhteisvaikutuksena uskotaan pirssoniitin muodostuksen vähenevän oleellisesti.

NOx-reduktio kvartääri-ilmalla

Tulipesä on varustettu modernilla Multilevel-ilmajärjestelmällä, jossa on myös kvartääritaso. Tulipesän seinät on tehty kompound-putkista kvartäärisuuttimien yläpuolelle. Kattilaa ajettiin pitkään niin pienillä kuormilla, ettei ylimmälle tasolle riittänyt merkittävästi vaiheistusilmaa. Muutamalta viime kuukaudelta on käyttöraportteja, joista näkyy kvartääritason merkitys (kuva 4).

Soodakattilassahan ei synny termistä NOx:ia, vaan NOx-tason alentaminen saavutetaan sijoittamalla ylin ilmataso mahdollisimman ylös, jolloin tulipesään saadaan suuri happiköyhä alue, jossa lipeäpisaroista pyrolyysissä muodostuva ammoniakki pelkistyy typeksi eikä hapetu typpimonoksidiksi. NOx:ia voidaan myös alentaa pienentämällä ilmaylimäärää ja sallimalla pieni CO:n muodostuminen.

Tuloksista nähdään, että kvartääri-ilman lisäys pienentää voimakkaasti NOx-päästöä. Syöttämällä n. 10-12% kokonaisilmasta tulipesän yläosaan, saavutetaan n. 30% reduktio typen oksideissa. Gruvönin kattilan ajossa ilmaylimäärää ei ajettu kovin tiukalle, koska on haluttu pysyä CO:n takuuarvon 50 ppm alapuolella.



Kuva 4. NOx-päästö kvartääri-ilman määrän funktiona

BLRBO 2000 optimointi

Projektiin sisältyi normaalin automaatiojärjestelmän lisäksi BLRBO-brandilla markkinoitava prosessin ohjauspaketti. BLRBO on erillisestä PC:stä yhteydessä DCS:ään, kerää siitä jatkuvasti dataa ja laskee tietyille säätöpiireille asetusarvoja.

Ohjauspakettiin kuuluvat seuraavat modulit:

- Kuormansäätö: vakio lämpöteho tasaisella ajolla
- Kuorman muutos: primääri- ja sekundääri-ilmojen jakosuositus kuormaa muutettaessa
- NOx-minimointi (koekäyttövaiheessa) valitulla CO-päästötasolla ilmaylimäärää ja yläilmojen suhteita säätämällä
- Nuohousoptimointi: nuohous tarpeen mukaan

Kokemukset ylemmän tason ohjauksesta ovat positiivisia. Ajotavan erot eri työvuorojen välillä ovat pienet. Polttoteho (tulipesässä vapautunut lämpöteho) pysyy vakaana, nuohoushöyryä käytetään vain tarpeen mukaan ja ilma jaetaan oikein lipeäkuorman mukaan. Jo ensimmäiset tulokset NOx-päästön minimoinnista antavat uskoa, että yläilmojen vaiheistus voidaan ohjelmoida hakemaan NOx-minimi tietylle CO:n asetusarvolle.

Pakettiin kuuluu etätuki Kvaernerin Göteborgin toimistosta tietoverkon välityksellä. Voidaan seurata ko. hetken tai pidemmän ajan prosessiarvoja, mutta myös päivittää ylemmän tason laskentamoduleita. Varsinainen automaatiojärjestelmä toimii myös itsenäisesti, joten mahdollinen häiriö BLRBO:ssa ei vaaranna laitoksen ajoa. Myös Kvaernerin Tampereen toimistosta voidaan haluttaessa seurata prosessiarvoja. Tämä yhteys tehostaa ja nopeuttaa kattilan toiminnan arviointia huomattavasti.

KOKEMUKSIA VERTIKAALI-ILMAJÄRJESTELMÄSTÄ

ESA VIHAVAINEN
ANDRITZ-AHLSTROM OY

Kokemuksia vertikaali-ilmajärjestelmästä

Esa Vihavainen
Tuotepäällikkö, Service Business
Andritz-Ahlstrom
P.O. Box 184, FIN-78201 Varkaus, Finland
esa.vihavainen@andritz-ahlstrom.com

Johdanto

Vertikaali-ilmajärjestelmän toimintaperiaate esiteltiin ensimmäistä kertaa noin kymmenen vuotta sitten soodakattilapäivillä Helsingissä keksijänsä, Erik Uppstun toimesta. Stora Cell (nyt StoraEnso) Skutskärin sellutehdas Ruotsissa innostui ajatuksesta ja uskaltautui ensimmäisenä kokeilemaan täysin uutta ajatusta käytännössä soodakattilassaan kesällä 1996. Tulokset olivat niin lupaavat, että kapasiteetin noston yhteydessä uuteen tulipesään rakennettiin täydellinen vertikaali-ilma-järjestelmä 1999 Andritz-Ahlstromin toimesta.

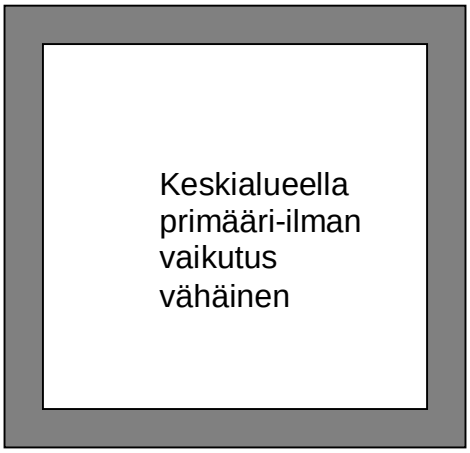
Tällä hetkellä vertikaali-ilmajärjestelmä on toiminnassa 3 soodakattilassa ja toimituksen alla 4 projektia, joihin tulee tällainen ilmajärjestelmä. Vertikaali-ilmajärjestelmä on patentoitu. Järjestelmää testataan ja kehitetään voimakkaasti käyttökokemusten ja mallintamisen avulla. Andritz-Ahlströmillä on keksintöön yksinoikeus.

Tämän esityksen tarkoituksena on käydä lyhyesti läpi vertikaali-ilmajärjestelmän toimintaperiaate ja käyttökokemukset sekä vertailla sitä perinteisiin ilmajärjestelmiin.

Ilmajärjestelmän merkitys soodakattilan toiminnan kannalta

Tulipesän ja soodakattilan toiminnan kannalta kaikki tärkeimmät reaktiot tapahtuvat lipeäruiskujen alapuolella ja välittömästi keon pinnalla ja yläpuolella.

Pienipaineinen primääri-ilmasuihku menettää nopeasti tehonsa törmätessään kekoon heti seinän vieressä. Primääri-ilma ei tunkeudu tulipesän keskelle ja sen vaikutus suurissa tulipesissä on vähäinen. Primääri-ilma pitää keon irti tulipesän seinästä ja luo edellytykset tehokkaalle sekundääri-ilman toiminnalle.



Kuva 1. Primääri-ilman tehollinen vaikutusalue suuressa tulipesässä (tumma alue)

Tertiääri-ilma sijaitsee lähes 10 m keon yläpuolella eikä sillä enää merkittävästi voi vaikuttaa keon yläpuolella tapahtuviin tärkeisiin reaktioihin. Tertiääri-ilman tehtävänä on mahdollisimman tehokkaasti polttaa palamattomat kaasut (tehokas sekoittuminen).

Tulipesän toimintaan voidaan merkittävimmin vaikuttaa lipeän ruiskutuksella (oikea pisarakoko) sekä lähinnä sekundääri-ilmalla.

Sekundääri-ilman vaikutus

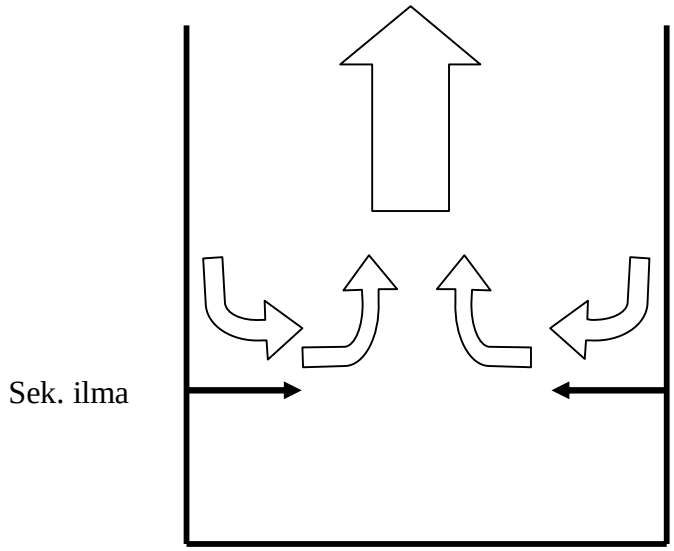
Sekundääri-ilmalla (oikeammin ilmoilla, jotka sijaitsevat keon ja lipeäruiskujen välillä) voidaan merkittävimmin vaikuttaa soodakattilan tulipesän toimintaan.

Kaasujen staattinen paine alenee nopeuden kasvaessa. Sekundääri-ilma virtaa tulipesään suurella nopeudella. Suihku imee kaasuja mukaansa kaikista suunnista.

Perinteisesti sekundääriaukot sijoitetaan yhteen vaakasuoraan riviin primäärisuutinten yläpuolelle.Viereisten sekundäärisuuuttimien ja alapuolisten primäärisuuttimien takia sekundäärisuihkut voivat imeä kaasuja käytännössä ainoastaan ylhäältä.

Tällaisen aukkojen sijoituksen takia kaasut virtaavat seinien lähellä alaspäin ja kääntyvät sekundäärisuihkun mukaan ja muodostavat voimakkaan virtauksen tulipesän keskelle, jota yleisesti kutsutaan ”pisarahissiksi”.

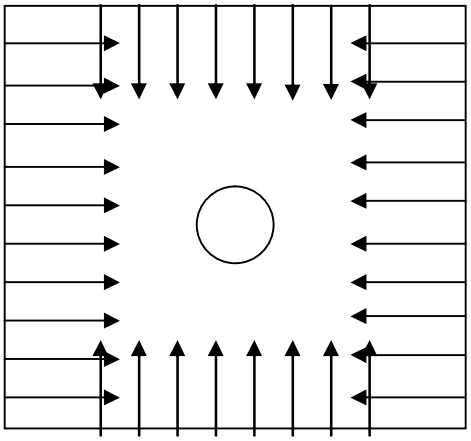
Keskimääräinen pystysuoravirtausnopeus tulipesässä on noin 5 m/s, mutta epäedullisen virtausprofiilin takia tulipesän keskellä, ”pisarahississä”, virtausnopeus voi olla jopa 15 – 20 m/s. Voimakas virtaus tempaa pieniä pisaroita mukaansa, mitkä likaavat ja tukkivat ylikuormitettujen kattiloiden lämpöpintoja etenkin.



Kuva 2. Tyypillinen virtauskenttä perinteisessä soodakattilassa, keskellä pisarahissi

Ilmajärjestelmän kehitys

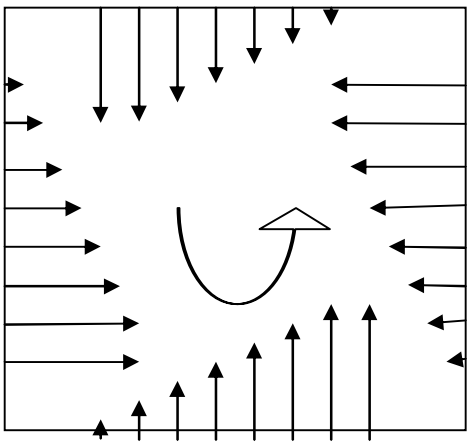
Perinteisessä ilmajärjestelmässä (kuva 3.) oli paljon pieniä aukkoja yhdessä tasossa kaikilla seinillä. Seurauksena tehottomat suihkut, huono sekoittuminen, suuri virtausnopeus tulipesän keskellä ja paljon karanneita lipeäpisaroita, carry-overia tulistimiin.



Kuva 3. Perinteinen sekundääri-ilmajärjestelmä, keskelle muodostuu pisarahissi

Seuraavassa vaiheessa perinteistä ilmajärjestelmää ryhdyttiin ajamaan ”pyörrepoltolla”, kuva 4., jossa peltejä säädettiin siten, että tulipesän alaosaan saadaan voimakas pyörre. Tehokkaan sekoittumisen ansiosta tulipesän alaosan lämpötila ja reduktioaste kohosivat huomattavasti sekä rikkipäästöistä päästiin eroon.

Monissa tapauksissa pyörrepoltto tehostaa huomattavasti soodakattilan toimintaa, mutta useissa tapauksissa ongelmaksi muodostuu lisääntynyt korroosio (ilma-aukot, lipeäruiskut), vasen-oikea epätasapaino tulipesän yläosassa sekä liiallinen carry-over tulistimiin.

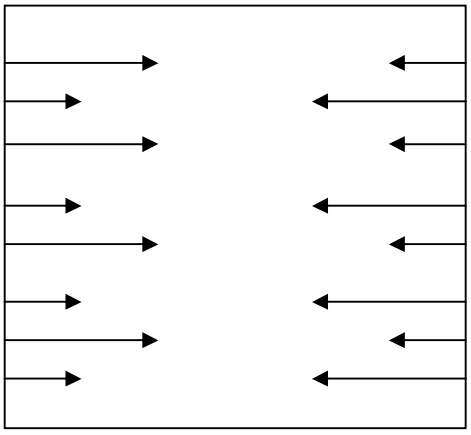


Kuva 4. Perinteinen sekundääri-ilmajärjestelmä pyörrepoltolla

Seuraavassa vaiheessa sekundääri-ilma-aukkojen lukumäärä väheni ja koko kasvoi oleellisesti. Pääosa tai sekundääri-ilmamäärä kokonaan syötetään sivuseiniltä ja suuttimien säätöpellit asennetaan kuvan 5 mukaisesti (Interlaced-ajomalli). Tertiääri-ilma syötetään etu- ja takaseinältä.

Tälläisella ilmajärjestelmällä voidaan merkittävästi vähentää carry-overia ja saavuttaa erinomainen tulipesän toiminta:

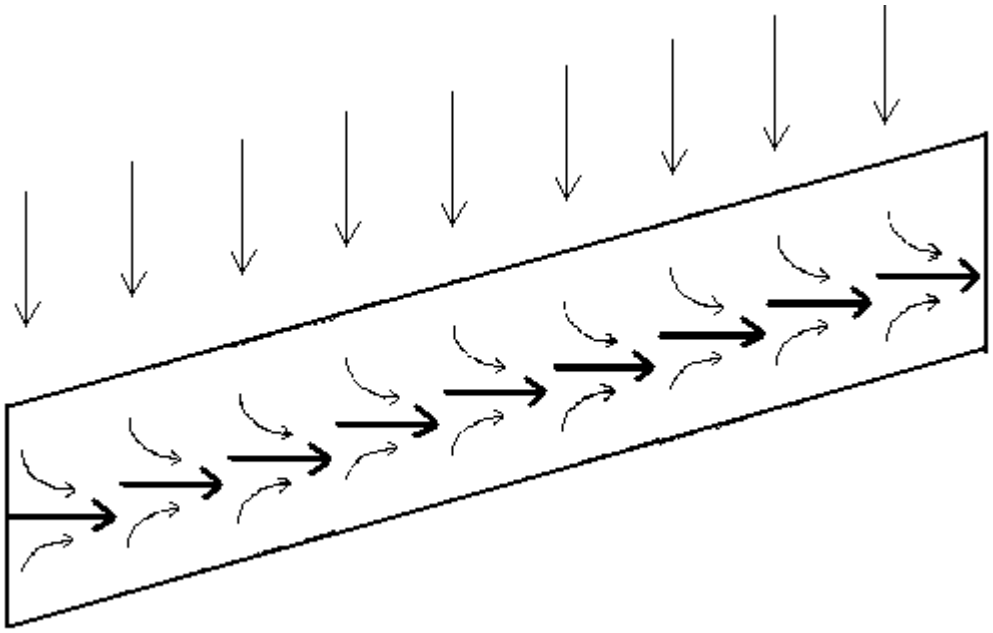
- Hyvin alhaiset rikkipäästöt 0 – 5 ppm
- Korkea reduktioaste 96 – 100 %
- Alhainen CO-päästö 0..50 ppm, kun jäännöshappi 1.5 – 1.7 %



Kuva 5. Nykyaikainen sekundääri-ilmajärjestelmä, interlacing

Vertikaali-ilmajärjestelmä

Perinteisessä ilmajärjestelmässä sekundääri-ilma-aukot sijoitetaan vaakasuoralle

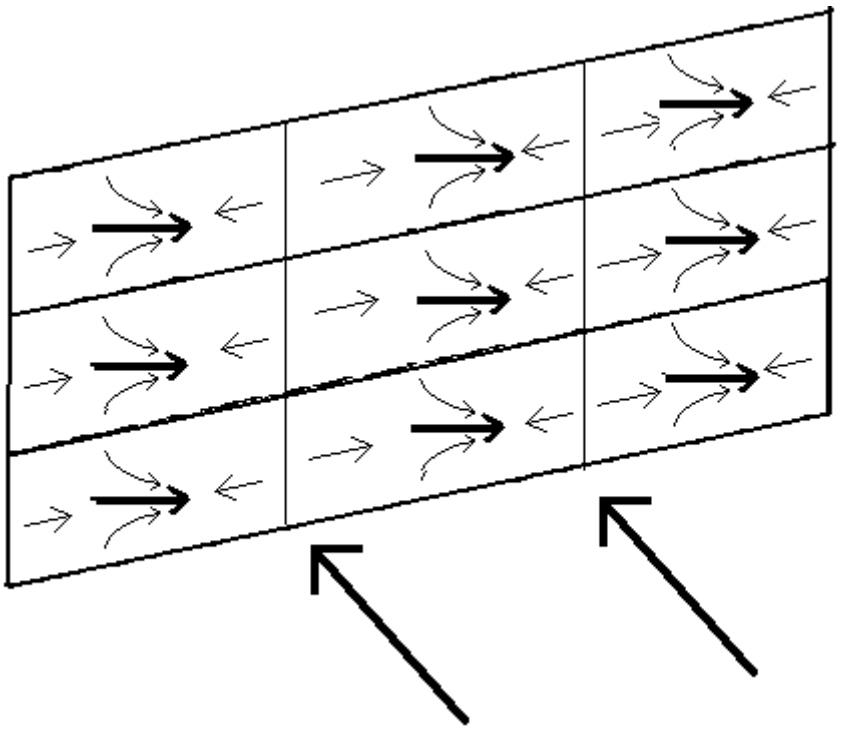


riville, jolloin kaasut virtaavat alaspäin seinien vieressä, kuva 6.

Kuva 6 Perinteinen sekundääri-ilmajärjestelmä, 9 aukkoa vaakarivillä virtaus alaspäin seinillä ➔ suuri virtausnopeus tulipesän keskellä

Vertikaali-ilmajärjestelmä toteutetaan ainoastaan kahdelle seinälle, joko pelkästään sekundääri-ilmalle tai sekundääri- sekä tertiääri-ilmalle. Primääri-ilma on perinteinen ja kaikilla seinillä.

Vertikaali-ilmajärjestelmä toteutetaan tavallisesti siten, että etuseinällä yhdessä rivissä on ainoastaan 3 ja takaseinällä 2 aukkoa. Takaseinän aukot sijaitsevat etuseinän aukkojen välissä symmetrisesti. Tällaisia identtisiä rivejä tehdään useita päällekkäin.



Kuva 7 Vertikaali-ilmajärjestelmä, 3 aukkoa/taso, 3 tasoa, vastakkaisella seinällä 2 aukkoa/taso, 3 tasoa

Aukkojen sijaitessa korkeussuunnassa lähekkäin toisiaan, eivät suihkut pysty imemään kaasuja korkeussuunnassa. Vaakasuunnassa aukkojen ollessa etäällä toisistaan, imevät suihkut voimakkaasti kaasuja sivuiltaan. Suuttimet ovat suurikokoisia ja etäällä toisistaan.

Suihkut ovat tehokkaita ja pääsevät tunkeutumaan häiriöttä vastakkaiselle seinälle perille asti. Vastakkaisella seinällä ei ole puhaltavaa suutinta vastassa, vaan imu, joka kääntää suihkua 180° tehokkaasti.

Sekoittuminen tapahtuu tehokkaasti samassa tasossa. Seinille ei synny pystysuoria virtauksia ja tulipesän pystysuuntainen virtausprofiili pysyy hyvin tasaisena.

Teoreettisesti tarkastellen ja mallintamisen perusteella, vertikaali-ilmajärjestelmän edut ovat

- pystysuuntainen virtausprofiili hyvin tasainen
  ➔ ei pisarahissiä ➔ vähäinen likaantuminen
- erittäin tehokas sekoittuminen
- vaiheistaminen mahdollistaa alhaisen NO_x-päästön

Käyttökokemukset

Tällä hetkellä vertikaali-ilmajärjestelmä on käytössä 3 kattilalla.
Oheisessa taulukossa on kerrottu päätiedot nykyisistä ajoarvoista. Mikään kattiloista ei aja täyttä kapasiteettia vajaan tehtaan vauhdin takia.

Soodakattila		Skutskär	Aracruz	Joutseno
Vertikaali-ilma käytössä	kk	23	1.5	4
Alkuperäinen valmistaja		GV	A-A	A-A
Käynnistysvuosi		1977	1997	1998
Alkuperäinen kapasiteetti	tka/24h	1900	2200	3150
Uusi kapasiteetti	tka/24h	2500	2900	3150/4000
Nykyinen kuormitus	tka/24h	2750	2900	2800
- höyryntuotanto, (sis nuohous)	t/h	410	418	410
- poikkipintarasitus	tka/24h, m2	19.4	22.1	16.8
Max testattu kuormitus	tka/24h	2950	?	3500
- höyryntuotanto, (sis nuohous)	t/h	439	?	522
Tulipesän koko				
- syvyys	m	12.4	11.6	13.3
- leveys	m	11.4	11.3	12.5
- poikkipinta-ala	m^2	141	131	167
- korkeus nokkaan	m	30	31.5	36.5
Sek. Tasoja	kpl	4	3	2
Tert.tasoja	kpl	9	1	2
Ilmanjako				
- tertiääri	%	30	25	27
- sekundääri	%	42	47	47
- primääri	%	28	28	26
Kuiva-aine (polttolipeä)	%	74	74 –75	80 - 82
Reduktioaste (viherlipeä)	%	98..100	95 – 96	97
Päästöt				
- O_2	%	1.2	1.0	1.6
- CO	ppm	0 – 100	0 – 20	30 – 40
- SO_2 ja H_2S	ppm	0 – 2	0 – 2	0 - 2
- NO_x	ppm	45 – 70	-	-

KOTKA LAMINATING PAPERS OY - SOODAKATTILAVAURIO

EERO RISTOLA
LAMINATING PAPERS OY

Laminating Papers Oy

SOODAKATTILAPÄIVÄ 10.11.2001

Soodakattilavaurio 06.04.2001

Eero Ristola, Voimapäällikkö
Laminating Papers Oy, Kotkan tehtaat

Laminating Papers Oy

12/2000

HAVAITTIIN VUOTO KATTILAN TULIPESÄN PUTKESSA. JATKOTUTKIMUKSISSA VAURIO TODETTIIN VETYHAURAUDEKSI

20.02.2001

TEVAN JA INSPECTAN KANSSA PALAVERI >> PÄÄTETTIIN AJAA KATTILALLA LISÄTYLLÄ TURVALLISUUSTASOLLA JUHANNUKSEEN ASTI

06.04.2001

KATTILARÄJÄHDYS

06.04.-18.04.2001

KOKO COMPOUND-ALUE TARKASTETTIIN ULTRAÄÄNELLÄ JA TUNKEUMANESTEELLÄ >>> VAIHDETTIIN 58 PUTKENPÄTKÄÄ

Laminating Papers Oy

SK:N TARKASTUS JA KORJAUS 6/2001

- JUHANNUSSEISOKKI 19.06-24.06.2001
- ULTRAÄÄNITARKASTUS COMPOUND PUTKIALUEELLE, 8M SEINÄPUTKIA POHJASTA YLÖSPÄIN
- LÖYDETTIIN 10 KPL PUTKIA, JOISSA OLI HAVAITTAVISSA LIEVÄÄ VETYHAURASTUMAA. PUTKET SIJAITSIVAT KATTILAN SIVUSEINILLÄ PRIMÄÄRI-ILMA SEKÄ LIPEÄAUKKOJEN YMPÄRILLÄ
- KAIKKI VAURIOITUNEET KOHDAT KORJATTIIN
- KATTILAN ETUSEINÄN PUTKISTA OTETTIIN NÄYTEPALAT PEITTAUSKEMIKAALIN VALINTAA VARTEN

Laminating Papers Oy

SK:N TARKASTUS JA KORJAUS 8/2001

- SUUNNITELTU TARKASTUSSEISOKKI 16.08.-20.08.2001
- ULTRAÄÄNITARKASTUS COMPOUND PUTKIALUEELLE, 8M SEINÄPUTKIA POHJASTA YLÖSPÄIN
- LÖYDETTIIN YKSI PIENI ALUE, JOSSA OLI HAVAITTAVISSA LIEVÄÄ VETYHAURASTUMAA. ALUE SIJAITSI KATTILAN SIVUSEINÄLLÄ LIPEÄAUKON OHITUSPUTKESSA
- VAURIOITUNUT ALUE KORJATTIIN
- VESIPAINEKOE 110 BAR
- KÄYTTÖÄ JATKETAAN ALENNETULLA PAINEELLA 65 BAR
- KOKO COMPOUND-ALUE VAIHDETAAN UUTEEN MARRASKUUSSA 2001

Laminating Papers Oy

TURVALLISUUSTASON PARANTAMINEN

- KÄYTTÖPAINE ALENNETTU 82 BAR >> 65 BAR
- ACU-ANTUREITA LISÄTTY
- KATTILAHUONEESSA LIIKKUMISTA RAJOITETTU: KULUNVALV.,TURVAOVET, RADIOPUHELIMET
- KAMERAVALVONTA
- RISKINARVIOINTI SOODAKATTILALAITOKSESTA TEHTY
- VIRANOMAISTEN JA TYÖSUOJELUPIIRIN INFORMOINTI
- KOULUTUS

Laminating Papers Oy

SELVITYKSET

1. METALLURGISET TUTKIMUKSET, M. LAMPINEN, FORTUM
2. VESIKEMIA, R. SONNINEN, FORTUM
3. LABORATORION KÄYTÄNNÖN TUTKIMINEN, S. KURKELA
4. SOODAKATTILAN PUTKIKERROSTUMA, N. MIIKKI, STORA ENSO
5. SOODAKATTILOISSA TODETTUUN VETYHYÖKKÄYKSEEN LIITTYVÄT TARKASTUKSET, E. ILVES, TEVA, SAMPO
6. HAPENPOISTOKEMIKAALIN ANALYSOINTI, R. HUKKANEN, SKY
7. KATTILAN LÄMPÖTILAPROFIILIN JA KIERTOLASKELMIEN TARKASTAMINEN, M. HÄNNINEN, VTT
8. YHTEENVETO SELVITYSTEN PERUSTEELLA, J. AROMAA, TKK

MUUTOKSET VEDENKÄSITTELYYN

Laminating Papers Oy

- VUOTOVAHTIJÄRJESTELMÄ
- LISÄÄ JATKUVATOIMISIA ANALYSAATTOREITA (PH, JOHTOKYKY, FOSFAATTI, SiO_2, Na)
- KATTILAVESIKEMIKAALIMUUTOS
- LABORATORION TOIMINNAN TEHOSTAMINEN
- NOUDATETAAN 160 BAR LAITOKSEN OHJEARVOJA VESIKEMIASSA
- SEKAVAIHTIMET LISÄVEDEN JA LAUHTEEN PUHDISTUKSEEN

Laminating Papers Oy

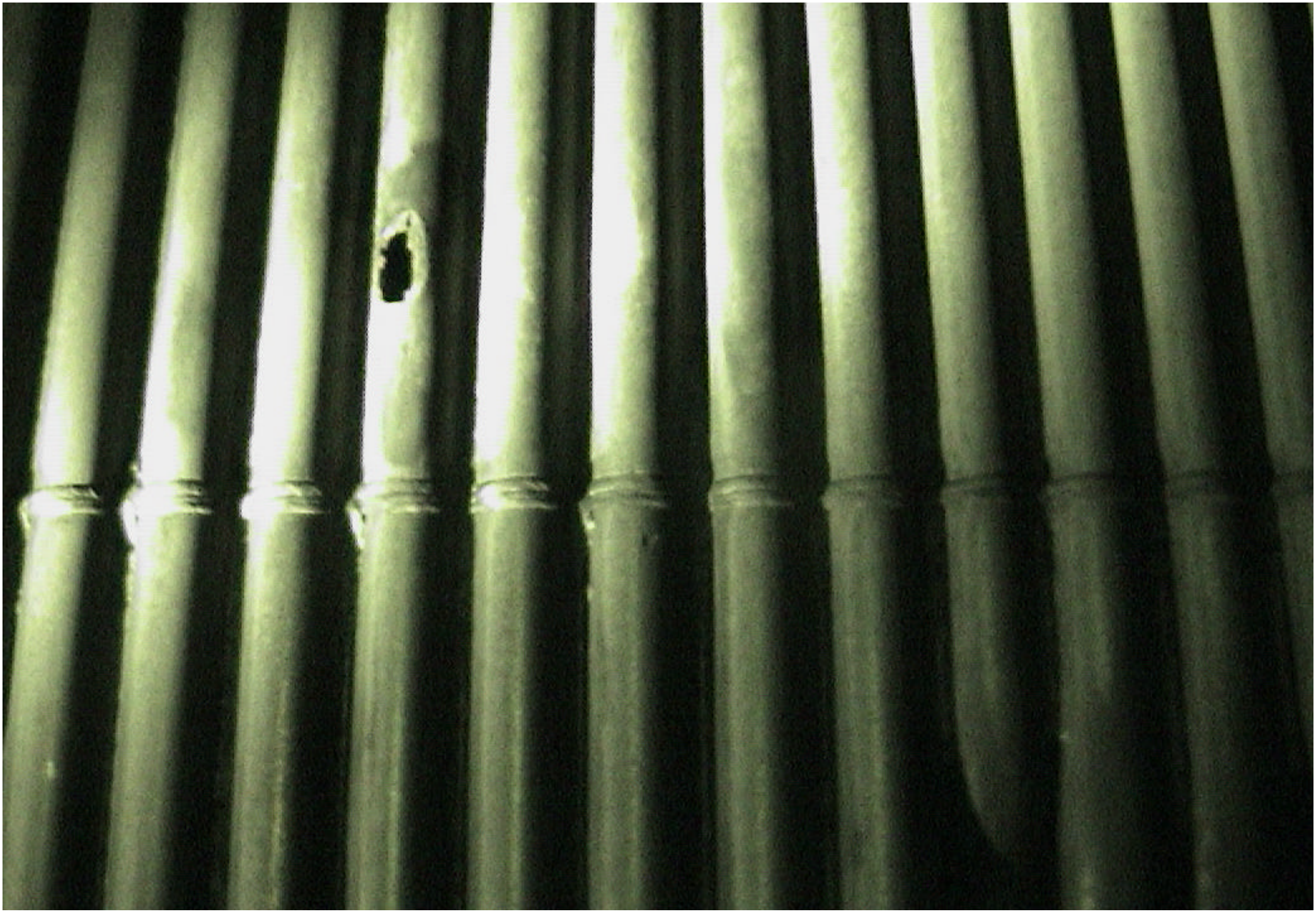
VALOKUVAT

1. COMPOUND-ALUE KAUKAA

2. COMPOUND-ALUE LÄHELTÄ

3. RÄJÄHDYSNURKKA

4. SEINÄPALKKI



Varo
soodakattilan
räjähdys-
nurkka

SOODAKATTILOIDEN VESIKEMIA

SINIKKA KURKELA

SOODAKATTILOIDEN VESIKEMIAAN LIITTYVÄ KYSELY TOUKOKUUSSA 2001

Sinikka Kurkela

1. YLEISTÄ

Soodakattilalaitoksilla esille tulleiden vauriotapauksien johdosta, jotka ovat aiheutuneet ns. vetyhyökkäyksestä, suoritettiin toukokuussa 2001 laitoskysely. Laitoskyselyssä pyrittiin selvittämään mm. kattiloiden käytt paine, sovellettu vesi-höyrykierron laatunormisto - esim. onko otettu huomioon, että lämpökuorma voi paikallisesti olla > 230 kW/m^2 ja että tällöin tulisi kattilan käyttöpaineesta huolimatta kattilavedellä noudattaa käyttöpainettaan ankarampia laatunormeja - käytettyjen jälkiannostuksen kemikaalien yhdistelmät sekä vesi-höyrykierron jatkuvatoimiset analysaattorit samoin kuin laatu normaaliajossa.

2. VESI-HÖYRYKIERRON JATKUVATOIMISET ANALYSAATTORIT

18 kattilayksikössä oli käytettävissä seuraavat jatkuvatoimiset mittaukset:

	Analysaattoria, kpl		
	syöttövesi	kattilavesi	tulistettu höyry
pH-mittaus	16	18	4
johtokyky (suoramittaus)	15	16	10
johtokyky (K-vaihdettu)	7	4	3
silikaatti	3	4	7
fosfaatti	-	1	-
natrium	2	1	3
happi	8	-	-

Se, millä analysaattoreilla itse kattilayksikön vesi-höyrykiertoa tulisi valvoa, riippuu halutusta käyttövarmuudesta sekä laboratorion analyysitiheydestä ja toteutustavasta, mutta myös koko vedenkäsittelyn analytiikan järjestelystä. Tämä koskee lähinnä lis veden, syöttöveden ja lauhteiden valvontaa.

Suositeltavia jatkuvatoimisia analysaattoreita ovat:

- syöttövesi: pH, K-johtokyky (ns. kationinvaihdettu johtokyky), happi, silikaatti ja natrium
- kattilavesi: pH, johtokyky, silikaatti ja natrium (fosfaatti ja mahdollisesti K-johtokyky)
- tulistettu höyry: K-johtokyky, silikaatti, natrium ja pH
- kylläinen höyry: K-johtokyky
- ruiskutusvesi (esim Dolezal): K-johtokyky

Todettakoon, että ns. kationinvaihdettu johtokykymittaus antaa paremman tiedon vesilaadusta kuin ns. suora johtokykymittaus, erityisesti syöttöveden ja tulistetun höyryn osalta (myös osassa lauhteita). Happoelvytetyssä (vahvassa) näytekationinvaihtimessa saadaan poistettua johtokykyarvoa suurentavat haihtuvat alkalit sekä muutettua neutraalisuolat (esim. NaCl) vastaaviksi hapoiksi. Näiden happojen johtokykyarvo on 3-4 kertaa suurempi kuin ko. suolan. Näin ollen tällä mittauksella saadaan luotettavammin esille myös pienetkin neutraalisuolavuodot. Määrätyillä lauhteilla on kuitenkin otettava huomioon, että lipeävuodot (esim. NaOH) eivät tule tässä mittauksessa esille, sillä ne muuttuvat näytekationinvaihtimessa ekvivalentiksi määräksi vettä.

3 KÄYTETYT VESI-HÖYRYKIERRON JÄLKIANNOSTELUN KEMIKAALIT

Soodakattilalaitoksilla on käytössä seuraavia jälkiannostelun kemikaalien yhdistelmiä:

– $N_2H_4 + Na_3PO_4$	2	yksikköä
– $N_2H_4 + Na_2HPO_4 + Na_3PO_4$	1	”
– $N_2H_4 + Na_2HPO_4 + Na_2HPO_4 / Na_3PO_4$	1	”
– $NH_3 + N_2H_4 + Na_3PO_4$ (NaOH)	2	”
– Elimin-ox + Na_3PO_4	3	”
– Elimin-ox + $Na_3PO_4 + Na_2SO_4$ (puskuri)	1	”
– Boilex 510 A + Na_3PO_4	3	”
– Boilex 510 A	1	”
– Amercor 853 S	4	”

Kuudessa yksikössä käytetään happeasitovana kemikaalina hydratsiinia; ksikössä Elimin-ox:ia, jonka happeasitova kemikaali on 1,3-diaminourea: neljässä yksikössä Boilex:ia, joka on polyamiinien monikomponenttituote ja jonka happeasitova kemikaali on metyyli-etyyliketoksiimi (MEKOR) sekä neljässä Amecor-nimistä niin ikään polyamiinien monikomponenttituotetta, joka koostuu kalvoa muodostavista ja neutraloivista amiineista (käyttöturvallisuustiedotteen mukaan se sisältää mm. 2-amino-2-metyyli-1-propanolia ja syklohek-syyliamiinia). Amercor 853 S ei varsinaisesti ole hapensitojaa (sisältää ilmeisesti kuitenkin pienen määrän orgaanista syklistä hapensitojaa, josta käytettävissäni ei ole tarkempia tietoja).

Hydratsiinin reagoidessa hapen kanssa muodostuu lopputuotteeksi vettä

$$N_2H_4 + O_2 \rightarrow 2\ H_2O + N_2 \qquad (1)$$

Hydratsiinin ja hapen välinen reaktionopeus on riippuvainen mm tilasta, pH-arvosta ja suolapitoisuudesta (sekä katalyytistä). pH-arvon ollessa alueella 9-11 on reaktio hapen kanssa nopeimmillaan. Hydratsiinin termisessä hajoamisessa, joka on havaittavissa 200 ^{o}C lähtien ja johon vaikuttaa myös pH-arvo, muodostuu ammoniakkia ja typpeä:

$$3\ N_2H_4 \rightarrow 4\ NH_3 + N_2 \qquad (2)$$

Eräiden lähteiden mukaan on korkeammissa lämpötiloissa mahdollista, että muodostuu ammoniakin ja typen lisäksi vetyä, käytännössä tätä ei ole kuitenkaan voitu todeta. Hydratsiiinista ei näin ollen muodostu vesihöyrykierrossa haittaa-aiheuttavia yhdisteitä. [1]

Elimin-ox:in 1,3-diaminourea pääreaktion hapen kanssa lopputuotteet ovat typpi, vesi ja hiilidioksidi:

$$(NH_2NH)_2CO + O_2 \rightarrow 2\ N_2 + 2\ H_2O + CO_2 \qquad (3)$$

Sivureaktiossa hapen kanssa >135 ^{o}C lämpötilassa muodostuu myös hydratsiinia. Termisessä hajoamisessa, joka on havaittavissa niin ikään yli 200 ^{o}C:n lämpötilassa muodostuu ammoniakkia, typpeä, vetyä ja hiilidioksidia. Todettakoon kuitenkin, että Elimin-ox:in vaikutus K-johtokykyyn ei ole kovin suuri (termisessä hajoamisessa 350 ^{o}C:n lämpötilassa noin 0,05 µS/cm. Hapen kanssa reagoidessaan Elimin-ox:ista muodostuva hiilidioksidi neutraloituu pääosin termisessä hajoamisessa muodostuvan ammoniakin ansiosta. Elimin-ox ei Nalcon lähteen [2, V 12] mukaan muodosta haihtuvia orgaanisia yhdisteitä. [2]

Boilex:in sisältämän hapensitojan metyylietyyliketoksiimin (MEKOR) bruttoreaktio hapen kanssa on:

$$2\ CH_3C_2H_5CNOH + \tfrac{1}{2}O_2 \rightarrow 2\ CH_3C_2H_5CO + N_2O + H_2O \qquad (4)$$

Tietoja reaktionopeudesta ja siitä miten muodostuva dityppioksidi (N_2O) tarkkaan ottaen reagoi vesi-höyrykierrossa ei ole käytettävissäni. Dityppioksidi on vesiliukoinen yhdiste ja se poistunee osaksi hönkähöyryn mukana ja osittain se muuttuu muiksi typen oksideiksi/yhdisteiksi. Kirjallisuus lähteen [2, V6] mukaan metyylietyyliketoksiimi hajoaa metyylietyyliketoniksi, dityppioksidiksi, ammoniakiksi, hiilidioksidiksi, typeksi ja erilaisiksi orgaanisiksi hapoiksi.

4. VESI-HÖYRYKIERRON LAATUNORMIT

Vesi-höyrykierron laatunormit (ohjearvot) riippuvat: kattilan rakenteesta, käyttöpaineesta, käyttötavasta sekä suurimmasta mahdollisesta paikallisesta lämpökuormasta. Yleensä tutkimuksessa mukana olleissa soodakattilayksiköissä noudatetaan ko. paineluokan DENÅ-ohjearvosuosituksia (vuodelta 1985), liitteessä 1. Sitä, että mikäli lämpökuorma on paikallisesti yli 230 kW/m^2 ja jolloin tulisi kattilavedessä käyttöpaineesta riippumatta noudattaa ohjearvosuosituksia 160/140 bar silikaattia lukuun ottamatta ja syöttövedelle ohjearvosuosituksia > 67 bar ei yleensä ole otettu huomioon. Yhdessä kattilayksikössä noudatettiin kuitenkin käyttöpaineesta 94 bar huolimatta kattilavedellä DENÅ-ohjearvosuosituksia 160/140 bar.

Teräksisen kattilamateriaalin käyttöedellytyksenä on materiaalin pinnalla oleva suojaava magnetiittikalvo, jonka tulee olla:

- huokoseton, särmätön ja yhtenäinen niukkaliukoinen kalvo.
- sen liukoisuuden veteen tai höyryyn on oltava niin pieni, ettei tästä aiheudu haittaa käytettäville laitteille.
- suojavaikutus on niin tehokas, että suunniteltu käyttöikä saavutetaan tai mieluimmin ylitetään.
- laitoksen vedenkäsittelyn tulee kyetä ylläpitämään olosuhteet, jotka takaavat suojakalvon korjautumisen, mikäli se syystä tai toisesta pääsee vaurioitumaan.

Vesi-höyrykierron ohjearvoilla (laatunormeilla) pyri y-seiset olosuhteet. Soodakattilalaitoksilla noudatetaan ns. alkalista ajotapaa, jossa happea sitovan kemikaalin lisäksi kattilaveteen annostellaan ns. haihtumatonta kemikaalia. Kuten edellä on tullut esille, käytettäviä kemikaaleja on useita (hydratsiini, mahdollisesti ammoniakki ja fosfaatti: hydratsiinin johdannainen ja fosfaatti: jokin monikompo-nenttituote ja fosfaatti tai vain monikomponenttituote).

inen että liian korkea pH-arvo aiheuttavat teräksen ja kuparin (kuparimetallien) korroosiota. pH-arvo vaikuttaa myös magnetiittikalvon muodostumiseen ja liukoisuuteen. Mikäli vesi on liian alkalista magnetiittikalvo muodostuu huokosena ja huonosti kiinnittyvänä, jos taas pH-arvo on liian alhainen, muodostuva magnetiittikalvo on laminoitunut kerrostuma. Toisaalta suoloja sisältävässä vedessä, jonka K-johtokyky on arviolta yli 25 (50) µS/cm ja jonka pH-arvo on alhainen alle alueen 4 – 5 [4], ei muodostu suojaavaa magnetiittikalvoa tai sen suojauskyky on huono, sillä magnetiitin liukoisuus on suuri. Näin ollen myös raudan (teräksen) korroosionopeus on suuri. Korroosioreaktiossa muodostuu vetyä, joka voi diffundoitua putkimateriaaliin (jossain määrin myös materiaalin läpi). Syntyvä vety in statu nascendi -tilassa aiheuttaa myös teräksen lähinnä rajerajoilla ns. hiilikatoa. Sekä putkimateriaaliin diffuntoitunut vety että muodostuva metaani (syntyneiden kaasukuplien paineen kasvaessa riittävän suureksi) aiheuttavat mikrohalkeaamia, jotka riittävässä määrin esiintyessään voivat johtaa kattilavaurioon ns. vetyhyökkäykseen. Ongelmallinen tilanne on compoundteräksillä, sillä vedyn diffuntoituminen materiaalin läpi on erittäin pieni.

Happi puolestaan on eräs alkalisen vesikemian suurimpia teräksen korroosion aiheuttajia. Tunnetuin näistä on suoranainen happikorroosio. Mutta happi aiheuttaa ongelmia myös itse kattilassa kiehumistilanteissa, joissa sen pitoisuus syöttövedessä on suuri (arviolta yli 0,02 mg/l), vesi on huonosti puskuroitu ja sen suolapitoisuus on suuri (K-johtokyky arviolta yli 50 µS/cm). Tällöin se edesauttaa epänormaalin magnetiittikalvon muodostumista.

Fosfaatilla (yleisimmin käytettyjä fosfaatteja ovat tri- ja dinatriumfosfaatit) varmistetaan kattilaveden riittävä alkalisuus (tämä voidaan varmistaa myös eräillä huonosti haihtuvilla amiineilla) sekä mahdollinen kovuusvuodon eliminoiminen ja pH-puskurointi. Ohjearvosuosituksissa edellytetään luonnollisesti, että pH-arvo on minimiarvonsa yläpuolella, mutta DENÅ-ohjearvosuositukset edellyttävät myös, ettei pH-arvo ylitä määrättyä johtokykyyn kytkettyä arvoa, jossa johtokyky mitataan fenolftaleenin suhteen neutraloidusta näytteestä. Jos suhde pH/PO_4 (kirjallisuustiedon [3] käyrästössä esiintyy suhde pH/ P_2O_5 mg/l, sen käyrästössä ovat niin ikään lipeän ylimäärä ja alimäärä vaihtuneet väärälle puolelle Na_3PO_4:n 0-linjaa) on liian suuri, esiintyy kattilavedessä vapaata lipeää, joka puolestaan vaikuttaa pH-arvoon. Liian korkea pH-arvo aiheuttaa magnetiittikalvon liukenemista. Jos pH paikallisesti esim. magnetiittikalvon huokosissa on jostain syystä korkea, aiheutuu tästä myös ns. vetyhyökkäystä vastaava korroosio. Tämän lisäksi, kuten edellä on todettu, muodostuu magnetiitti ko. olosuhteissa huonosti suojaavana, heikosti

kiinnittyneenä ja huokoisena kalvona. Liian suuren alkalisuuden estämiseksi kattilavedessä suositellaankin usein erilaisia modifioituja fosfaatin annostelutapoja. Näistä tunnetuin on ns. koordinoitu fosfaatinannostus, -arvo ja fosfaattipitoisuus niin, että pH-arvo vastaa puhtaan trinatriumfosfaattiliuoksen pH-arvoa tai on hieman sitä alhaisempi. Koska fosfaatilla on taipumus piiloutua (hide out) suurien lämpökuormien aikana tulipinnoille, on kehitetty ns. kongu-renttifosfaatti annostelu, jossa moolisuhde Na/PO_4 maksimiarvona pidetään 2,8 tai 2,6 kattilapaineesta riippuen ja jolla ilmoitetaan estettävän fosfaatin piiloutuminen. [3]

Kuparin ja raudan vedessä olevat yhdisteet ovat merkkinä järjestelmän korroosiosta. Kuparin ilmoitetaan myös [4] edesauttavan huokoisen magnetiittikalvon muodostusta.

Suspendoituneet aineet samoin kuin suolat, silloin kun niiden liukoisuusraja ylittyy, ovat osaltaan edistämässä tulipintojen korroosiota, sillä ne kerrostuvat tulipinnoille ja magnetiittikalvoon. Näin muodostuu erittäin huonosti lämpöä johtavia kerrostumia.

5. YHTEENVETO

Yhteenvetona vesi-höyrykierron kemiasta voidaan todeta, että vesi-höyrykierron pH-arvon tulee olla optimialueella ja että epäpuhtauksien - hapen, suolojen (Cl, K-johtokyky) ja suspendoituvien aineiden sekä kokonaisraudan- ja kokonaiskuparin pitoisuuden - määrän tulee olla riittävän pieniä ja suhteessa paikallisiin lämpökuormiin.

Liitteenä DENÅ-ohjearvosuositukset

Kirjallisuus:

[1] Sinikka Kurkela, DI-työ TKK 1985, Terminen kaasunpoisto ja jäännöskaasujen vaikutus korroosioon kaukolämpöjärjestelmien vesikierrossa.

[2] VGB-Sondertagung ” Orgaanise Konditionieruns- und Sauerstoffbindmittel“. V X=Vortrag nroX

[3] Renne Orsa, Syöttöveden käsittely. EKONO 125.

[4] Von P.-H. Effertz, Spröde Rohrreisse in den Verdampferroren von Naturumlaufkessel nach ungewönlich intensiver Heisswsseroxidation. VGB Kraftwerkstechnik 1/1990 s. 53-59.

VOIMALAITOKSEN VEDENLAATUOHJEET

DENÅ:n vesihöyrykierron ohjearvosuositukset 1985 (Dansk Kedelforening + Energia-Ekono + Norsk Dampkjelforening + Ångpanneföreningen)

KATTILAVESI normaalirakenteisille höyrykattiloille, joissa on turbiinikäyttöä varten erittäin tehokkaat vedenerotuslaitteet.

Lieriöpaine Tulistettu höyry	Ylipaine Ylipaine		bar bar	24 22	35 32	67 62	90 84	125 110	160 140
pH_{25} yläraja			<	$9,1 + \lg \gamma_{25}$ [mS/m]x)					
pH_{25} alaraja			>	9,5	9,5	9,0	9,0	8,5	8,5
p-arvo	I II		mval/kg < mval/kg	8 1-8	6 1-6	2 1-2	0,75	0,20	0,05
Konduktiivisuus	γ_{25} x)		mS/m <	400	350	80	40	15	4
Natrium & kalium	Na		mg/kg <	800	650	150	80	30	8
Fosfaatti	PO_4	II	mg/kg	10-20	< 15	< 15	2-6	2-6	2-6
Silikaatti	SiO_2		mg/kg <	60 + 6 p	35 + 3,5 p	7	3,0	1,0	0,35
$KMnO_4$-kulutus			mg/kg <	300	200	80	40	15	5

VEDENEROTUSKYKY kattiloilla on hyvin yksilöllinen. Turbiinikäytössä on valvottava höyryn puhtautta sekä tämän perusteella määriteltävä sallittava kattilaveden korkein suolapitoisuus kullekin kattilalle yksilöllisesti. Tämä suolapitoisuus saattaa olla paljon alempi kuin taulukossa mainitut arvot.

LÄMPÖKUORMAN noustessa kattilassa paikallisestikin yli 230 kW/m² olisi kaikilla kattilapaineilla sovellettava, SiO_2 lukuunottamatta, 160 bar ohjearvoja, syöttövesi >67 bar ohjearvosuositusten mukaisesti.

I. Maksimi p-arvo vedenkäsittelystä riippumatta.
II. Käytettäessä fosfaatteja jäännöskovuuden sitomiseen. Käytettäessä koordinoitua fosfaattimenetelmää kattilaveden pH:n valvontaan 10-20 mg PO_4/kg paineluokissa 35-90 bar ja 7-15 mg PO_4/kg paineluokissa 67-125 bar.

x) γ_{25} = konduktiivisuus kattilavedessä analysoituna neutraloidusta näytteestä 25 °C.

VESI-HÖYRYKIERTO

Analyysiarvot	Vesilaatu			Puhdas vesi	Lisävesi MB:n jälkeen	Syöttövesi ja lauhde					Kyllästetty höyry tulistimeen		
						Lieriöpaine Ylipaine bar		Läpivirtauskattila Ajotapa			Turbiinikäyttö Lieriöpaine bar		Ilman turbiinia
						≤ 67	> 67	Alkaali	Kombi	Neutraali	≤ 40	> 40	
pH_{25}					>6	8,5-9,5*		9,0-9,5*	8,0-8,5	>6,5			
Happi	O_2	mg/kg				<0,01	<0,01	<0,01	0,15-0,30***	>0,05***			
Kovuus		mval/kg	<		0,001	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001			
Kokonaisrauta	Fe	mg/kg	<	0,05		0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
Kokonaisalumiini	Al	mg/kg	<	0,10									
Kokonaiskupari	Cu	mg/kg	<			0,01	0,003	0,003	0,003	0,003	0,01	0,003	
$KMnO_4$-kulutus		mg/kg	<	10	3	Kattilavesi-							
Silikaatti	SiO_2	mgkg	<		0,02	vaatimukset		0,02	0,02	0,02	0,02	[illegible]**	
Natrium & kalium	Na	mg/kg	<		0,02	huomioon		0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,1
Konduktiivisuus	γ_{25}	mS/m	<		0,05				0,04-0,1	0,025			
Konduktiivisuus	****	mS/m	<			ottaen		0,02	0,02	0,02			
Öljy + liete + vaahtoaineet				Ei osoitettavissa									

* Ellei syöttöpumpun valmistaja vaadi korkeampaa pH-arvoa. Alkalointi yli 67 bar kattiloilla mieluimmin - läpivirtauskattiloilla pelkästään - haihtuvilla alkaleilla. Mikäli järjestelmässä on kuparimetalleja, on höyryn ja lauhteen pH_{25}-yläraja 9,2.
** Mikäli turbiinissa tulisi esiintymään silikaattivaikeuksia, suositettaan kattilaveden ja höyryn SiO_2-pitoisuuksien alentamista puoleen yllämainituista pitoisuuksista.
*** Kattilaan menevässä vedessä
**** Happoelvytetyn kationinvaihtimen jälkeen.

Ohjearvojen soveltamisesta yksityistapauksissa olisi neuvoteltava Energia-Ekonon kanssa.

SAVUKAASUJEN PUHDISTUS

HARRI VÄLIMAA
ALSTOM POWER FINLAND OY

HOW TO SUCCESSFULLY UPGRADE A SODA RECOVERY BOILER ELECTROSTATIC PRECIPITATOR

Stephen L. Francis, ALSTOM Power, Knoxville, Tennessee
Inga-Lill Samuelsson, ALSTOM Power, Helsinki, Finland

Overview

Recovery boiler electrostatic precipitators (ESP's) often experience operational problems due to difficult process conditions. Poor ESP performance can have a significant impact on the paper mill productivity and profitability. Upgrading of ESP's can be tricky and some attempts have not always given the expected result, although new, improved technologies have been utilized. On occasions the reason for unexpected results after the upgrade has generally been related to insufficient process knowledge and a tendency to over simplify the upgrade requirements. A successful ESP upgrade depends on the ability to choose the best-suited equipment and to avoid pitfalls, such as irregular current distribution, that otherwise could counteract the positive effects of the upgrade.

Today there is a variety of equipment available that can be used to enhance ESP performance. High-frequency transformer-rectifiers (T/R's), specially designed discharge electrodes and custom configured T/R controllers are especially efficient devices when the performance is disturbed due to corona quenching and/or sticky dust as in many recovery boiler ESP's.

During recent years a number of soda recovery boiler ESP's have been upgraded using the new equipment mentioned above. The results have been excellent. Emissions levels far below the guarantee levels at significantly higher loads than originally designed for have been reported.

This paper will provide a recommended step by step procedure for accumulating necessary information about the size, arrangement and performance of the existing boiler/ESP system to assist in establishing the most effective changes that should be made to the existing ESP to improve performance. Recommendations on possible upgrade approaches are included with results from upgraded installations.

Introduction

There are hundreds of existing operating soda recovery boiler ESP's around the world. Many of them are quite old and do not include some of the same design features as offered in today's systems. There are many plants that are limited in production capability as a result of exceeding emission limitations due to the performance of the existing ESP. Many plants have increased output of the existing boiler to the limit of the existing ESP system capacity. To enable an existing boiler/ESP system to achieve the same current emissions standards with increased output from the boiler or to meet new lower outlet emissions as a result of new regulations, upgrading of the existing ESP will be required. In order to have the most cost efficient, successful ESP upgrade, a great deal of research and planning must be completed before any changes to the existing equipment are made. Due to a large number of related issues that could contribute to poor ESP removal efficiency, upgrading of an existing ESP system is not always an easy task.

On several occasions existing recovery boiler ESP systems have been upgraded with less than expected performance improvement results. Although the best efforts of the individuals involved in the project might have been extended, there may have been some contributing circumstances that were not researched, and or considered, before making modifications. Upgrading existing ESP systems can be much more challenging than providing new equipment because the root cause of the ESP performance limitation in existing equipment may not be known. In a new installation, most, if not all of the latest design developments in ESP technology, are applied to the new project. In a retrofit project a true appreciation for the maximum performance capability of the old as well as new equipment components may not be understood. Additionally it is imperative that the true operating conditions of the upgraded unit as well as the expectations of the end user are well defined.

Existing System Design Conditions

In order to understand the maximum operating capacity of the existing recovery boiler and ESP system, it is essential to know the original design conditions for the boiler and ESP. These details provide the information needed to gain an appreciation for the maximum potential for the complete system. Historical data on the performance of existing systems of the same or similar design provides the necessary guidance for upgrading existing equipment. Some of the more salient details of the existing boiler needed are; the manufacturer of the boiler; the type of boiler; the year of manufacture; the size/capacity of the boiler, burner design (stationary, oscillating, etc.) and the type of evaporator used in the system.

In addition to the basic design details of the boiler, it is also necessary to discover the original design details about the fuel and the resultant flue gas conditions for the ESP system. It is important to know the design maximum per-cent solids content in the liquor to be fired in the boiler. It is also important to know whether hardwood or softwood is used in the process. As a result of the design fuel data, there should also be information on the design flue gas volume, temperature and the flue gas composition including the CO content and moisture content. Based on this information there should also be details on the composition of the dust to be collected in the ESP. This should include the design inlet dust loading concentration as well as the pH content of the dust. Any available dust carry-over values and details regarding pluggage problems in the entire flue gas path from the boiler outlet to the ESP outlet will provide essential data to be considered when establishing the ESP upgrade approach for the project.

Changes to the original design

Simply knowing the original design details of the existing system may not give the true current operating conditions for the system. It is essential to ascertain if any changes and or modifications have been made to the boiler or the process since initial installation. Have changes been made to the original design to increase throughput or capacity? This should also include a thorough investigation of the fuel composition fired in the boiler. Before any decisions are made on the most effective modifications for maximizing ESP performance, it is essential to know the present and planned future operating conditions for the boiler system.

In addition to the original design details of the existing boiler, it is absolutely necessary to obtain all of the specifics of the existing ESP. Just like the information on the boiler, the supplier, the age, the arrangement and configuration of the existing ESP including all details of the size of the collecting fields, the gas passage spacing and the transformer-rectifier size information must be assembled. Additionally the original design conditions for the ESP should be obtained. This should include the original design inlet dust loading, operating pressure and guaranteed outlet emissions.

Efforts should be spent investigating any unique or unusual design features of the existing ESP system. Did the original equipment contain any new or unproven components? Did the original equipment have the required gas distribution devices installed and adjusted as required to insure effective use of the installed collecting plate area? Was a 3-D model study performed on the original system? Is a copy of the model study report available? Were any changes or modifications made to the original ESP system since initial installation? This type of detailed data will be essential to determine if the original ESP design was adequate for the initial operating conditions as well as any possible conservatism or deficiencies the original ESP might contain.

Operating Data

When possible, always obtain any available ESP performance test reports. These reports coupled with boiler operating data and ESP input power values will provide valuable insight into how well the existing ESP performs, as well as indicating any unique or unusual challenges that the ESP may be attempting to resolve. Extensive discussions with the customer regarding operating conditions during testing may provide crucial details that would explain the results of the performance tests. Original and subsequent ESP test reports must be carefully reviewed to determine if ESP or boiler deterioration or degradation has occurred since initial testing was conducted.

Equipment Inspection

Once the design technical data for the existing system has been accumulated and evaluated, it is time to conduct a thorough inspection of the ESP system. This inspection must be conducted in effective properly planed manner to gain vital information to make the best possible decisions on ESP upgrades. One of the most helpful steps that can be made is to collect operating data on the system operation before the equipment is shut down for inspection. Collect and record boiler performance data, fuel characteristics and ESP operation data including secondary voltage, secondary current and spark rates for each T/R. Conduct an external inspection of the system looking for any visible areas of inleakage, corrosion or other indications of problems that may be contributing to reduced ESP performance. Pay special attention to shut down procedures to make sure that no special cleaning or washing of the ESP internals takes place before the internal inspection begins.

Once the ESP is available for internal inspection, an experienced, qualified ESP inspector should carefully and systematically inspect each gas path from the boiler outlet through each chamber of the ESP system to the stack inlet. The inspector should note, record, document and if possible photograph all areas of the gas path for analysis after the inspection is complete. Pay particular attention to dust build-ups on all areas of the ESP internals including gas distribution devices, high voltage support systems and electrode systems. Thoroughly check for missing or corroded gas baffles that could allow gas bypassing the treatment zones. Also look for indications of scouring that would indicate localized high gas velocities.

After the complete and thorough ESP inspection has been concluded, review the details of the findings with plant personnel. Determine if the plant has made any adjustments or changes to the gas path or ESP components that might influence ESP performance. Try to determine, with the help of the operators and maintenance personnel, any probable causes for poor ESP performance (if appropriate).

Data Evaluation

Now that a significant amount of design and operating data has been collected on the boiler and ESP system, careful analysis of the information collected should be performed to establish potential areas for ESP improvement. Attempt to establish relationships between boiler or ESP changes (if any) with ESP performance problems or degradation. Considering all of the collected data as well as the analysis of the inspection report information, work with the customer or consultant to establish the required design/operating criteria for the upgraded ESP system.

ESP problems and potential solutions

Once all of the necessary information on the existing boiler and ESP has been collected extreme caution should be exerted to establish the root cause of the unsatisfactory performance of the system and determine solutions for improvements. The possible problems can be divided into four main groups:

1) Poor ESP input power
2) Dust build-ups
3) Gas flow issues
4) Overload

Depending on which group the problem belongs to the approach for solving the problem will be different. Often, problems belonging to more than one group are the cause of the disturbed ESP performance. Furthermore, the groups are often “inter-related”; e.g. dust build-ups as well as overload may result in poor power input.

Poor power input due to mechanical deficiencies

To achieve high collection efficiency and to minimize the damage caused by electrical erosion, the ESP must be in good mechanical condition.

All mechanical imperfections, which reduce the spark over voltage, will have a negative impact on the dust collection efficiency. A common mechanical deficiency in an old ESP is bad alignment that reduces the minimum distance between the collection electrode system and the discharge electrode system. The reduced distance results in lower power input due to reduced spark over voltage. An additional negative effect of bad alignment is uneven current distribution. The final result is generally severely reduced dust collection efficiency.

Sparking, which is concentrated to a certain spot of the ESP will, in time, cause electrical erosion of the internals. The result may be holes with sharp edges

in, for example, the reinforcement ribs of the collection plates. The sharp edges of the hole will cause an even stronger concentration of sparks to the same spot, thus increasing the rate of electrical erosion.

Poor power input due to corona quenching

The dust from a recovery boiler consists of nearly 100% fume particles. These particles have been formed in the furnace at high temperature from gaseous matter. Due to the formation, the particle size is very small, with a mean size of a single particle < 1 ìm. The particulate consists mainly of sodium sulfate (Na_2SO_4), which makes the resistivity low; typically in the range of 10^8-10^9 ohm-cm.

The large mass of very small particles will have a shielding effect on the electrical power input. Due to this so-called "space charge effect", a higher secondary voltage is needed to reach a certain current level for a fine-grained dust than for a dust with a coarser particle size. The effect is called "corona quenching" and is particularly strong in the front field where the dust concentration is high. Increasing precipitator load, i.e. higher dust load and/or higher gas flow aggravates the effect. At extremely difficult conditions, the corona current onset voltage is close to the spark over voltage level thus limiting the maximum input current to very low values.

A strongly reduced current caused by "corona quenching" will reduce the dust collection efficiency due to insufficient charging of the dust. It is therefore important to find methods to maximize the power input into the ESP, to minimize the dust emissions.

Optimized T/R controls

Many designs of microprocessor based automatic voltage controls for T/R's are available on the market today. Nearly all of them are equipped with techniques to address "corona current suppression". The voltage control used for applications where "corona quenching" limits the dust collection efficiency should for example be different to the voltage control used for applications where a high dust resistivity limits the performance.

To "force" as high current as possible into the system during space charge conditions, it is important that the high voltage controller allows operation as close to the spark over voltage as possible. As the spark over voltage varies, due to continuous variations in the process, the controller must allow a high spark rate at the same time as minimizing the power loss related to sparking. Such a T/R automatic voltage controller was developed approximately 10 years ago by ALSTOM Power and is today included in the T/R standard control equipment known as the EPIC II.

The effectiveness of the optimized control was tested at the soda recovery precipitator in Norrsundet's Pulp Mill in Sweden. The precipitator system consists of two parallel ESP's each having two series fields. The front field in one of the ESP's was equipped with the optimized T/R control and the performance of the two precipitators was compared. There was a significant improvement in current input as well as in dust collection for the ESP with the optimized T/R control compared to the ESP with the traditional T/R control (figure 1).

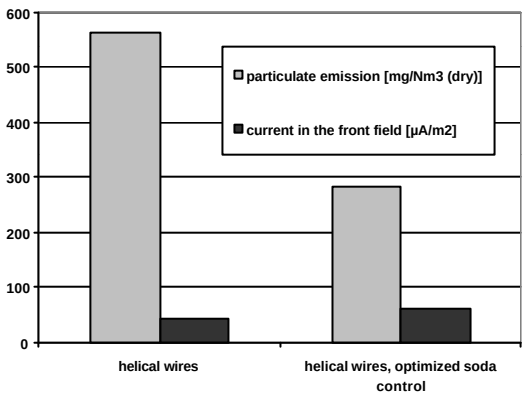


Figure 1. Effect of new T/R controllers at Norrsundet's Pulp Mill

Discharge electrodes

It is an advantage to use discharge electrodes having as low corona onset voltage as possible when the process generates "space charge" conditions as described above. Therefore, very aggressive corona generating peaked discharge electrodes are preferred over smooth wire electrodes in soda recovery precipitators. The rigid discharge electrode, which is used by ALSTOM Power in recovery boiler precipitators, is called Multipeak® (figure 2).

Figure 2. Multipeak â discharge electrode

The difference in performance between wire electrodes (spirals), and Multipeak® electrodes, was also tested at Norrsundet's pulp mill. The discharge electrodes were changed from smooth wire type to Multipeak electrodes in the front field, which was earlier equipped with the optimized T/R control. The change of electrodes resulted in a further increase of the current input and a further reduction of the emission from the precipitator (figure 3).

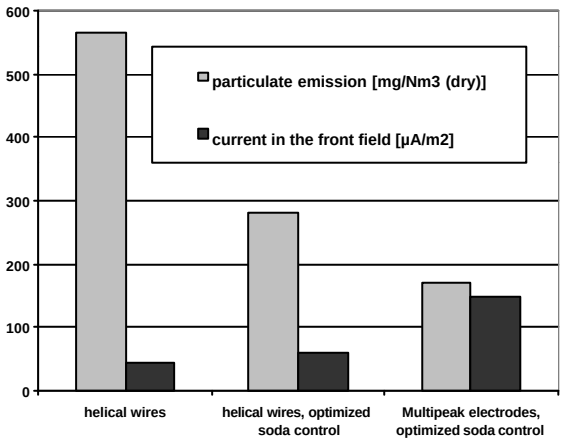


Figure 3. Effect of Multipeak® electrodes at Norrsundet's Pulp Mill

High frequency transformer rectifiers

ALSTOM Power has developed a high frequency power supply known as SIR (Switched Integrated Rectifier) where the frequency of the voltage applied to the transformer is in the range of 10-100 kHz.

When connecting the secondary to an ESP, the resulting voltage will have a much smaller ripple in the high frequency case than in the 50/60 Hz case. Given the peak voltage applied to a particular ESP is the same for a conventional T/R set as compared to the SIR, the minimized ripple results in an increase in both the average DC current and voltage from the SIR (fig 4). Consequently, as the peak voltage governs the spark level, it is possible to reach a higher average current during corona quenching conditions with a high frequency T/R than with a conventional T/R. The SIR has therefore turned out to be a very efficient tool in enhancing the performance of especially old, overloaded soda recovery boiler ESP's.

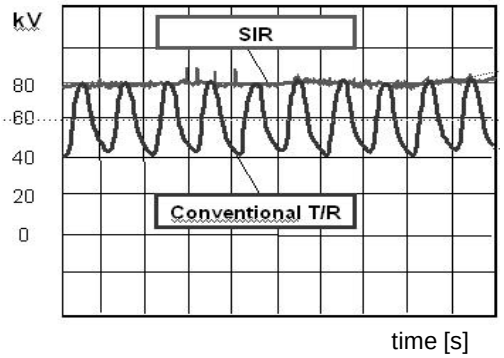


Figure 4. Voltage characteristic for SIR and conventional T/R

Comparative test campaigns with SIR and conventional T/R's have been performed at two different pulp mills. The recovery boiler ESP at Norrsundet's Pulp Mill was equipped with SIR on the front field, which already had optimized soda control and Multipeak® electrodes. The tests showed clearly that the current level increased further with SIR, at the same time as the emission level decreased (figure 5).

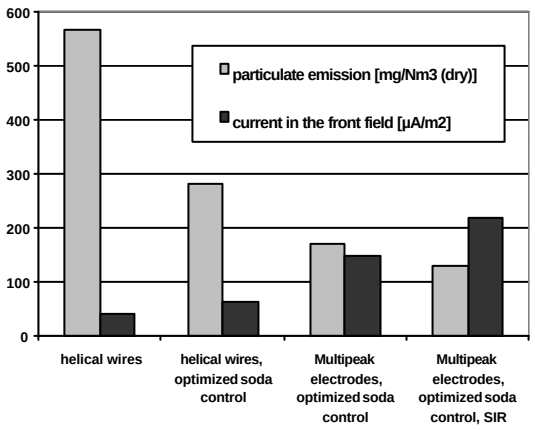


Figure 5. Effect of SIR at Norrsundet's Pulp Mill

An extensive test campaign was also performed at Kuusankoski Pulp Mill in Finland. SIRs were placed in parallel with the standard transformer-rectifiers on the two front fields of a three-field soda recovery boiler ESP. Alternating tests with SIR and standard T/R's were conducted at three different precipitator loads. The load variation was obtained by varying the distribution of the gas flow between the test precipitator and the two parallel precipitators. At all three loads, the maximum current levels were significantly higher and the measured emission levels much lower during SIR operation than during operation with standard T/R's (figure 6).

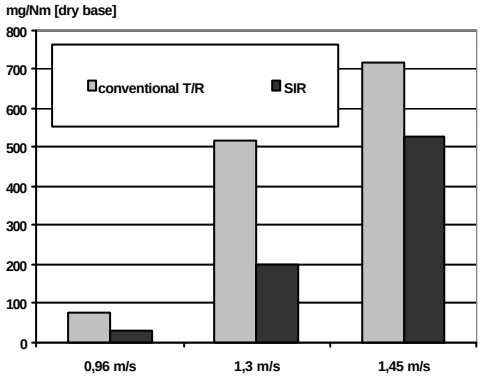


Figure 6. Dust emission at Kuusankoski Pulp Mill with conventional T/R's and SIR's at different gas velocities

Today, successful installations of SIR's have been made at a great number of existing soda recovery boiler ESP's. An exchange of transformer-rectifiers necessitates only a very short outage, which is an advantage compared to modifications internal to the precipitator. However, it should be emphasized that a simple exchange of rectifiers often is not adequate to result in permanent improvement of the collection efficiency. The exchange has to be associated with a thorough check-up of the ESP system, otherwise the positive effect of the increased power input may be totally offset by other problems.

Dust build-ups

Salt cake can, for different reasons, become quite adhesive. For example low pH-conditions will, in time, not only generate hard and crusty dust accumulations, around discharge electrodes (figure 7), but also will develop hard build-ups in the reinforcing ribs of the collecting electrodes and or on top of the steel support members, etc. There are, however, rarely any problems with dust accumulations on the collection plate surfaces during this kind of operation. The formation of accumulations is due to the reaction between the solid sodium sulfate and gaseous SO_2, which results in the formation of acid sulfate, $NaHSO_4$. During the chemical reaction the separate particles will sinter and form large crystals, which is the cause of the change from soft dust to hard build-ups.

$$Na_2SO_4\ (s) + SO_2\ (g) + 1/2O_2\ (g) + H_2O\ (g) \rightarrow 2\ NaHSO_4\ (s)$$

Figure 7. Dust accumulations caused by low pH conditions

Another cause of severe dust accumulations is combustion conditions contributing to high dust carry over and/or stratification in the boiler. Such combustion generates a very moist and sticky salt cake, which has a tendency to adhere to all ESP internals and sometimes even to the roof and walls. It is, for example, a very common problem resulting in plugged gas distribution screens. One can assume that the very moist character of the dust depends on the presence of small amounts of hygroscopic components such as $NaOH$ and Na_2S.

The dust build-ups may have several negative effects on the ESP performance. Plugging of the gas distribution screen will negatively effect the gas distribution. Accumulations around the discharge electrodes will alter the corona onset and give an

uneven current distribution. Large build-ups may cause sparking at a reduced voltage and even short-circuit the electric field. The most efficient way of reducing the problems caused by adhesive dust is to change the operating conditions in the boiler to improve the dust properties. This is, unfortunately, not always possible. If the dust conditions can not be changed, the effectiveness of the cleaning (rapping) must be optimized or increased.

The ESP rapping system should impart as high acceleration to the precipitator internals as possible. It may, for example, be necessary to increase the intensity of the rapping. It is also important that the collection plates are firmly connected to the anvils to transmit the force from the rapping to the plates as efficiently as possible. It may also be necessary to increase the number of rappers on the high voltage system to insure effective cleaning of the discharge electrodes.

The rapping cycle must be optimized for the specific dust conditions. If the salt cake is very sticky the rapping of the gas distribution screen and the discharge electrodes may need to be operated more or less continuously. Continuous operation of the collection plate rapping is not recommended, at least not in the rear fields, as increased rapping losses may have a negative impact on the collection efficiency. Continuous rapping as well as increased rapping intensity will accelerate wearing of the equipment. If the choice stands between a too high dust emission and quicker wear, the quicker wear is generally preferred.

Sometimes extra rapping or vibrators must be installed at particularly difficult locations where dust build-ups are observed. If the dust is very moist, it will, for example, stick to the bottom of the inlet plenum. A vibrator or extra rapping on the plenum bottom may solve the problem.

When designing a soda recovery boiler ESP the potentially very difficult dust conditions must be considered. Flat, horizontal surfaces as well as other design solutions creating spots where salt cake may be accumulated should be avoided as much as possible. If during the internal inspection of the ESP very difficult dust accumulation conditions are discovered special solutions must sometimes be used. For example it may be necessary to equip the beams or frame works with steep “hats” to avoid formation of large build-ups.

Rigid discharge electrodes are easier to keep clean than wire electrodes, which is another reason why rigid electrodes like Multipeak® electrodes are an excellent choice to be retrofitted into existing recovery boiler ESP’s.

Gas flow issues

Precipitators treating flue gas having a high space charge, i.e. large amount of particulate < 1 ìm, are especially sensitive to uneven gas distribution. The difficulty to reach an acceptable secondary current level increases with the dust load, i.e. with the dust concentration and the gas velocity. Therefore, if the gas velocity over the precipitator cross section is very uneven, the current will be concentrated in areas of the precipitator where the gas velocity is low, while high load stratums will get a very low current. This uneven current distribution has a very negative impact on the collection efficiency of the ESP. At Aspa Bruk in Sweden the old, heavily loaded soda recovery boiler ESP was upgraded to reach an emission level of 250 mg/Nm^3 dry gas. The emission level directly after the rebuild turned out to be as high as >500 mg/Nm^3 dry gas. After making adjustments to improve gas distribution the emission level went down to <200 mg/Nm^3 dry gas.

Due to very short outages, it is very often impossible to perform field gas distribution verification in direct connection with the upgrading of the precipitator. In such cases, the gas distribution check should be made at the first possible opportunity and no dust collection guarantees should be valid before the gas distribution analysis and correction, if required, has been completed.

Even minor ESP rebuilds should be followed by a new gas distribution measurement. Not only should the distribution of the gas over the active cross section of the field be checked, but also possible sneakage flows should be found and corrected. Especially when exchanging wire discharge electrodes for rigid discharge electrodes a new gas distribution measurement must be made, as the pressure drop over the field cross section increases significantly, thus increasing the risk of sneakage. The negative effect of sneakage on the ESP performance can easily be understood by making a simple calculation. If the inlet dust concentration is 20 g/Nm^3 and there is 1% sneakage, it is never possible to reach a dust concentration below 200 mg/Nm^3. 1% sneakage corresponds to a 0.1 m tall opening over the total width of a precipitator with 10

m high plates, if the gas distribution is even. A thorough baffling is therefore very important for high dust collection efficiency.

It is not only the distribution of the gas over the cross section of the precipitators, which is important. It is also important that the distribution of the flow between parallel precipitators is as even as possible. If there are two parallel precipitators, the flow in each precipitator should be 50%. As soon as there is a significant deviation from this distribution, a reduction of the collection efficiency can be expected.

Inleakage of air into the ESP or into the duct ahead of the ESP will have a very negative impact on the dust collection efficiency. This is not so much related to an increased gas flow as to the disturbance and uneven process conditions over the cross section of the ESP. As mentioned above, when the process gives a significant space charge, the current level will be highest where the dust load is lowest. This is a common consequence when there are air stratums. The effect of inleakage is therefore a very uneven current distribution, with the highest current level where it is least needed. In a laminar gas flow, such as the gas flow in the ductwork ahead of the ESP, mixing between the gas and the air is very inefficient. Air, which has leaked into the duct ahead of the ESP or even to the back end of the boiler, will remain in stratums at the ESP inlet. The equipment should therefore be inspected searching for any damages, which may cause inleakage of air. To estimate if there is any inleakage in the ductwork or in the ESP, the O_2- or the CO_2-content should be measured over the cross section of the duct at different locations upstream as well as downstream the ESP.

Especially if the inlet duct arrangement to the ESP is complicated or if it is difficult to get enough time to perform a full-scale gas distribution measurement it is recommended to perform a model study by a qualified, experienced company. A complete model study will give necessary information about baffle plate arrangements and position of guide vanes, without making it necessary to have access to the actual ESP.

Over load

The reason for many ESP upgrades is an increased load situation due to a higher production at the mill. Unless the over volume is due to poor boiler operation with high amounts of excess air or to inleakage of air, the increase in gas volume can not be reduced and it has to be accepted as the new operating condition for the ESP.

In some cases it is possible to reach the desired dust emission level, without having to increase the actual size (collecting plate area) of the ESP. By means of implementing high frequency T/R's, better T/R controllers, peaked discharge electrodes and efficient rapping, it has been possible to improve the performance of a number of old ESP's so much that an extension has become unnecessary. It must be decided from case to case if an extension is necessary. There is naturally a maximum gas velocity through the ESP over which the operation becomes so disturbed that it is not recommended as the daily operation point. There is also a minimum treatment time below which it is impossible to reach a low dust emission.

It should always be remembered that an overloaded ESP is much more sensitive to disturbances than a well-sized ESP. Small disturbances such as a moderately sized dust drift in the inlet plenum may have a strong, negative impact on the collection efficiency in an over-loaded ESP. Therefore, it is necessary to supervise the operation of an over-loaded ESP much more closely than the operation of a new, properly sized ESP.

If the ESP has to be enlarged, it can be done in many different ways. A design limitation to be considered is to keep the gas velocity at maximum 1.1 m/s during normal operation. If the gas velocity is higher, the ESP cross section should be increased, either by adding parallel capacity or by increasing the cross section of the existing ESP.

If the gas velocity is moderate, the addition of a series field is often the preferred solution, but if the outage time has to be very short, addition of a separate parallel ESP is often chosen even for moderate gas velocities.

Upgrade problems and pitfalls

When a new precipitator is built, it is easy to follow drawings and other recommendations to get a very efficient precipitator. The survey of the whole plant situation is generally very good. It is known that the mechanical condition of the ESP is good, baffling and gas distribution are fulfilled, the ESP is equipped with the best-suited discharge electrodes and T/R controllers etc. The situation is naturally more

complicated for an existing ESP where the cause of the unsatisfactory performance has to be found and the efforts needed to best solve the problem have to be decided.

The basic reason for an unsuccessful upgrading is generally connected to incomplete or faulty information or the information has not been correctly interpreted. The remediations made have therefore been decided based on erroneous data. Many times it is a limited time schedule or financial constraints that hampers a thorough investigation of the background of the problems. A methodical background investigation may take some time, but the client must be made aware that this effort will result in a total saving of time, money and frustrations.

Another pitfall is oversimplification of the problem. It is quite common that there is an obvious reason for a disturbed operation, for example a very quenched current. Installation of peaked electrodes, an efficient T/R control and/or installation of high frequency T/R's generally solves this problem. Sometimes, the improved electrical performance has no or little effect on the dust collection efficiency. A further investigation generally reveals some other disturbance, which governs the emission level, for example sneakage. This is a typical situation in an aging ESP. It is more common that a number of imperfections are interacting, rather than one single problem causing the high emission values. As the various imperfections are interacting in different ways, the order in which the measures are taken becomes very important. Even though it is one of the least expensive and easiest modifications to implement, new automatic voltage controls or power supplies may not be the best course of action. A new T/R will never compensate for a hole in the casing, but a reduced inleakage will improve the power distribution in the ESP. The recommended order in which the actions should be taken is following:

1. Inleakage
2. Internal alignment
3. Gas distribution and sneakage control
4. Cleaning of internals
5. Power input

It should be remembered that it is often not possible to reach the same degree of optimization for the actual new operating conditions by upgrading an old plant as it is when building a new precipitator. It may be necessary to accept a higher than recommended gas velocity through the ESP due to space limitations, new internals may have to be adjusted to fit into a competitors precipitator design, etc. These limitations must be kept in mind when the final dust emission guarantee is estimated and given to the customer.

Conclusion

In order to improve paper mill productivity and profitability upgrading of an existing ESP system may be required. Upgrading of existing ESP systems can be completed efficiently and cost effectively with a wide variety of new product enhancements provided they are properly selected for the new performance requirements. Although it may seem to be time consuming and unimportant to conduct a thorough investigation of the existing system equipment design, as well as conducting a thorough inspection of the equipment, this effort will result in a total saving of time, money and frustrations. Using the data collected to carefully evaluate the correct modifications to be made will insure a successful project.

REPORT FROM THE SWEDISH-NORWEGIAN RECOVERY BOILER COMMITTEE

METTE JANSSON
SNRBC

Sodahuskommittén

REPORT FROM THE SWEDISH-NORWEGIAN RECOVERY BOILER COMMITTEE

Mette Jansson, ÅF, Sweden
Secretary of the Swedish-Norwegian Recovery Boiler Committee
E-mail: mette.jansson@af.se

This is a report on the activities in the Swedish-Norwegian Recovery Boiler Committee during the last year. In this report you will find information on the occurred incidents, the new recommendations, and our survey on *Boiler water level after an ESP*.

Incidents

8 incidents were reported to the Incident Subcommittee last year after your Recovery Boiler Day. Two of those came from Tofte, and will be discussed below. During the year 2000 in total 22 damages were reported, which was a reduction with 41% from 1999. So far this year 8 incidents have been reported, so the trend has turned downwards. All of these are listed in Table 1, and a few are discussed below.

Table 1. Incidents during the last year.

No	Incident headline	Stand time
00-15	Smelt leakage, Södra Cell Tofte	-
00-16	Smelt-water explosion, Södra Cell Tofte	73 days
00-17	Grid leak, Korsnäs	Scheduled stop
00-18	Liquor gun damage, Kappa Kraftliner	-
00-19	Cracks in compound tubes, SCA Packaging Obbola	Scheduled stop
00-20	Superheater leak, Bäckhammars bruk	3.5 days
00-21	Superheater leak, Stora Enso Pulp Norrsundet (SP70)	Scheduled stop
00-22	Smelt leakage, Stora Enso Pulp Norrsundet (SP65)	-
01-01	Dissolving tank explosion, Peterson A.S. Moss	24 hrs
01-02	Smelt leakage, Stora Enso Pulp Norrsundet (SP65)	-
01-03	Smelt leakage, Stora Enso Pulp Norrsundet (SP65)	2.9 days
01-04	Economizer leak, Korsnäs	26 hrs
01-05	Superheater leak, M-real Husum	24 hrs
01-06	Grid leak + ESP, M-real Husum	2.4 days
01-07	Superheater leak + ESP, SCA Packaging Munksund	2.4 days
01-08	Superheater leak, Iggesund Paperboard	2.2 days

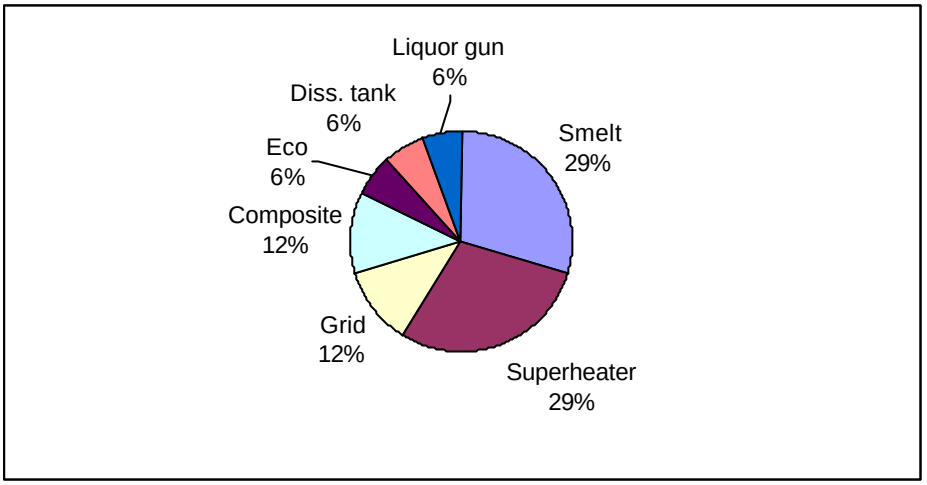


Fig 1. Incidents during the last year.

In the Tofte recovery boiler they had a smelt leakage at one of the sidewalls in the furnace (00-15). Their intention was to stop running the boiler, but three days later and before their intention came to action they got a much larger smelt leakage. Just before this was noticed they heard a sharp sound (like a gunshot) from the boiler house.

From the sight afterwards it was possible to see that there had been an explosion (00-16). A side effect of the leakage was that some cables were destroyed resulting in incorrect meter readings from the boiler. The boiler area including the wood yard was roped off for 24 hours, an extension of the recommended 15 hours.

The boiler was rapid drained and the compulsory waiting time was prolonged after the first 24 hours because the bed was so big and also too hot.

When the mill people finally went into the boiler and entered the furnace they could see that the composite tubes were colored more or less black. Large parts of the tubes were black “tinted”, in contrast to the metallic appearance the tubes had preserved during the preceding decades. The color change had evidently been caused by sulphidation of the oxide on the tubes, evidently the temperature had been raised well above normal operation temperatures.

The explosion moved the right sidewall outwards about an inch creating an opening between the sidewall and the bottom tubes.

The leak was in a composite tube at the right sidewall next to a primary air port. The hole had the size of a pinhead and was next to a blister in the tube, as can be seen in figure 2.

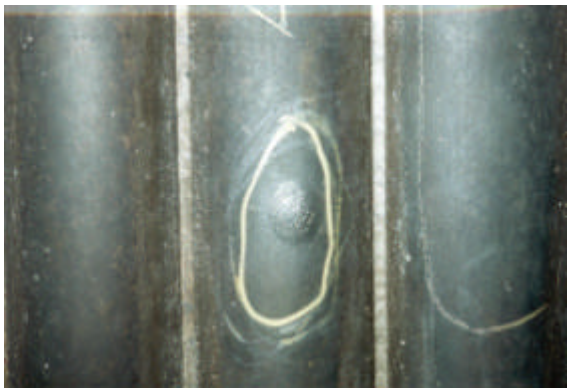


Fig 2. Blister in a composite tube.

There were also smaller blisters on parts of the tubes between primary and secondary level. The composite layer was also completely corroded away at some primary air ports. Both the blisters and the black tints can be interpreted to be the outcome of a high temperature excursion.

More surprises were to come. Even though the composite layer was intact at most tubes, some tubes were thinned from the waterside. See figure 3.

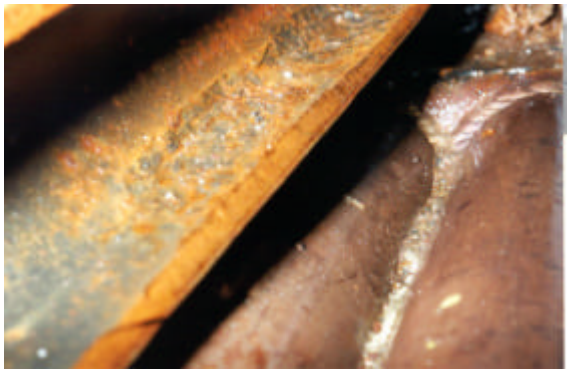


Fig 3. Corrosion grooving on the inside.

The tubes were initially examined with endoscope optics on the waterside, and finally with an eddy current device on the boiler side, see figure 4. The damage turned out to be most severe on the straight tubes situated next to the air port tubes.

The blisters have raised the question about hydrogen damage. The corrosion on the waterside is assumed to evolve nascent hydrogen. The hydrogen atoms could combine to common gaseous hydrogen in the steam, but a small share is also assumed to diffuse into the steel.

The corrosion model assumed the ingress of sea water into the condensate. The seawater settles hardness deposits, more and thicker where the heat transfer is highest. The boiler water will concentrate under the deposits and in this case an acid corrosion caused by the hydrolysis of the magnesium chloride was the most probable explanation for the corrosion.

Fig 4. The eddy current measuring device.

The main suspicion at present is that there has been a leakage in the condenser of the turbine. This leakage has been so small that the conductivity of the returned condensate did not exceed the given maximum value for the boiler. The whole picture of the feed water chemistry is thus under consideration.

At Kappa Kraftliner they had a critical incident (00-18). The operators noticed that there was a poor flow of smelt during normal operation of the boiler. The reason to this turned out to be a missing splash plate on the liquor gun, so the liquor was poured as a closely connected jet into the bed instead of being scattered into liquor drops by the splash plate. However, the flow was not very large and there was no risk of having liquor running out of the smelt spouts.

An oil burner was started in order to increase the bed temperature, and the smelt flow through the spouts increased. When the smelt flow increased more than expected it was difficult to keep down the density in the dissolving tank.

Luckily nothing happened this time, but there is of course a risk when a concentrated liquor stream goes down onto the bed.

New recommendations

Since the beginning in 1965 the main mission of our committee has been safety questions. This year alone we spend 600 000 SEK, almost one third of the total budget, on developing new recommendations.

The recommendations are divided into six areas:

A. Technical terms and concepts

B. Construction and equipment

C. Operation and operational interruptions

D. Inspection and maintenance

E. Education

F. Security conditions

So far this year only one new recommendation has been published:

- *C11 – Leakage of gases and liquids*

The purpose of this recommendation is to give guidance regarding measures that could be necessary to make in case of leakage of hot, corroding, and poisonous liquids into the boiler house.

In process of being revised are among others:

- *B2 – Construction of recovery boiler buildings (at the printer house)*
- *B19 – Equipment for liquor firing (at the printer house)*
- *C3 – Firing of liquor and auxiliary fuels*
- *B14 – Arrangements of alarms in operator rooms*
- *D3 – Thickness of tube materials*
- *C9 – Firing for destruction*
- *D6 – Water side inspection and acid cleaning of feed water equipment (paused)*

Survey

Earlier this year we did a survey among our members investigating the *Boiler water level after an ESP*. The reason to the study was the ongoing BLRBAC project on the same subject.

In our recommendation B8 we recommend a final water level of at least 3 meters in the boiler tubes after an ESP. BLRBAC recommends 8 feet (2.44 m). Our survey showed that most of the boilers in Sweden and Norway has followed the recommendation. Another conclusion is that they seem to ESP their boilers more frequently in North America than we do in Scandinavia.

Growing committee

A month ago we had the pleasure of welcoming a new member into our committee. The Norwegian Ca-sulfite mill Borregaard has ordered a small recovery boiler and wants to take advantage of the committee already during the project phase. Besides Borregaard, we have two member mills in Norway: Tofte and Moss.

The Swedish-Norwegian Recovery Boiler Committee (Sodahuskommittén)
c/o Ångpanneföreningens Forskningsstiftelse, P.O. Box 8133, 104 20 Stockholm, Sweden
Phone + 46 8 657 1000, Fax + 46 8 650 9118

SELLUTEOLLISUUDEN TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT

JOHAN GULLICHSEN

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
RAPORTTISARJA

1/2001 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 2001, 25.1.2001
Oy Metsä-Botnia Ab Äänekosken tehtaat/
hotelli Alexandra, Jyväskylä; esitelmät
16A0913-110, 00-A221-16A/E21

2/2001 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Kattilavuotojen valvonta ja ohjeistus
Karjunen, Timo
21.2.2001
16A0913-E0022

3/2001 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilan uudet materiaalit –projekti
1. ja 2. väliraportti
TKK/ Saarinen Pekka, VTT/ Hänninen Hannu, TKK/ Pohjanne Pekka
22.2.2001
16A0913-E0023

4/2001 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattiloiden päästölaskelmien tehdaskartoitus
Jaakko Pöyry Oy/Lehtinen Markku
26.2.2001
16A0913-E0024

5/2001 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Vuosikertomus 2000
8.3.2001
16A0913-E0025

6/2001 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Kartoitus hajukaasujen keräily- ja polttosuosituksen laatimista
Jaakko Pöyry Oy/Sebastian Kankkonen
5.3.2001
16A0913-E0026

7/2001 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Vuosikokous 2001, 29.3.2001, UPM-Kymmene Oyj, Tervasaari, Valkeakoski,
Pöytäkirja
16A0913-E0027

8/2001 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Lehtinen M.; BLRBAC kevätkokous 2.-4.4.2001, Atlanta
Matkaraportti
16A0913-E0028

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
RAPORTTISARJA

9/2001 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Kemikaalikierron likaantumisongelmat. Seminaari 22.5.2001 KCL.
Kesseli H, Metso Paper; Nurminen K, Kvaerner Pulping Oy, Svensson C, Savcor Process Oy, Hupa M, Åbo Akademi, Salmenoja K, Kvaerner Pulping Oy, Engdahl H, Andritz-Ahlstrom Oy, Järvinen R, KCL. Toim. Niemelä K, KCL.
16A0913-E0029

10/2001 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilapäivä 2001, 11.10.2001
Best Western Hotel Haaga, Helsinki, esitelmät
16A0913-E0030