

Suomen Soodakattilayhdistys ry
HALLITUKSEN KOKOUS 4/2013

AIKA 28.11.2013 klo 10.00 – 16.00

PAIKKA Rantasipi Airport Hotel, Vantaa

LÄSNÄ

Jorma Torniainen	Labtium Oy, Espoo
Markus Nieminen	Pöyry Finland Oy, Vantaa, sihteeri
Reijo Hukkanen	Stora Enso Oy, Oulun tehdas
Harri Jussila	UPM-Kymmene Oy, Kuusankoski
Timo-Pekka Veijonen	Stora Enso Oy, Pulp Competence Center, PJ
Timo Merikallio	Metsä Fibre Oy, Rauma, VPJ
Toni Orava	UPM-Kymmene Oy, Kymi
Marja Heinola	Andritz Oy, Kotka
Kari Haaga	Metso Power Oy, Tampere
Jens Kohlmann	Pöyry Finland Oy, Vantaa (osan aikaa)

- LIITE 1 Raporttiliitteiden yhteenvedot
- LIITE 2 Tuntiseuranta, kassavirta, budjettiehdotus 2014
- LIITE 3 ATR: Soodakattilan UPS järjestelmän ohje, Pöyry – raportti 3.10.2013
- LIITE 4 YTR/ATR: Hajukaasujen polttosuosituksen päivitys – raportti 29.10.2013
- LIITE 5 OTR: Soodakattilapäivä 2013, Sokos Hotel Vantaa 31.10.2013 - Palaute
- LIITE 6 KTR: Aktiivihiilen mitoituksen varmistus ja optimointi sekä TOC-reduktion varmistaminen, JP-analysis/Oulun Yliopisto – loppuraportti 11.3.2013
- LIITE 7 KTR: Soodakattilan materiaalit – alustava raportti 14.11.2013
- LIITE 8 KTR: TOC-mittaukset Metsä Fibre Kemi, JP-analysis – raportti 30.8.2013
- LIITE 9 YTR: POPE, Itä-Suomen Yliopisto – loppuraportti 6.8.2013
- LIITE 10 YTR: Soodakattilan ja meesauunin päästöhiukkasten fysikaalis-kemialliset ja toksikologiset ominaisuudet, Itä-Suomen Yliopisto - tutkimussuunnitelma
- LIITE 11 YTR: Soodakattilan sähkösuodintuhkan hyötykäyttömahdollisuudet, Oy Sirra Ab - alustava loppuraportti 25.11.2013
- LIITE 12 LTR: Syöttövesipumppaus, LUT – alustava raportti 10.11.2013
- LIITE 13 LTR: Syöttövesipumppaus, LUT – esitys 10.11.2013
- LIITE 14 LTR, Smelt Dissolution Kinetics, ÅA - tarjous 26.11.2012
- LIITE 15 LTR, Feeding and Combustion of Black Liquor Pellets, ÅA – tarjous 26.11.2012
- LIITE 16 LTR: Probe Study of Corrosion in the Economizers of a Kraft Recovery Boiler during start-up –tarjous 14.12..2012
- LIITE 17 Lipeäkierron kemiallisten parametrien optimointi – projektiehdotus 12.3.2013

JAKELU Sähköpostitiedote:
Yhdyshenkilöt
Hallitus ja työryhmät
MNN PLA/Arkisto

1 POISSAOILOILMOITUKSET

Jaakko Tukia	If Vahinkovakuutus Oy, Espoo
Jukka Suutela	Pöyry Finland Oy, Vantaa
Toni Henriksson	Stora Enso, Sunilan tehdas

Jukka Suutelan tilalla kokoukseen osallistui Jens Kohlmann.

2 PÄÄTÖSVALTAISUUS

Paikalla oli puolet hallituksen jäsenistä, joten kokous todettiin päätösvaltaiseksi.

3 ASIALISTA

4 KOKOUKSIEN 2/2013 JA 3/2013 MUISTIOT

Kokouksien 2/2013 sekä 3/2013 muistiot hyväksyttiin muutoksitta.

4.1 Edellisten kokouksien 5/2012 ja 1/2013 päätökset

Käytiin läpi edellisten kokouksien (5/2012 ja 1/2013) päätökset.

5 KOKOUKSESSA TEHDYT PÄÄTÖKSET

TALOUS:

Jäsenmaksun 3. Erän periminen

- Hallitus päätti että jäsenmaksun 3.erää ei peritä.

PROJEKTIT

KTR: Aktiivihiihden mitoituksen varmistus ja optimointi sekä TOC-reduktion varmistaminen, JP-analysis/Oulun Yliopisto

- Reijo Hukkanen käy raportin läpi ja selvittää saatuja tuloksia ennen julkaisua.

KTR: Soodakattilan materiaalit ja tarkastukset

- Tekstiä puuttuu vielä kappaleesta 1 (pällehitsaus) sekä kokonaan kappale 5. Kirjoitustyö jäi pahasti SKYRECn osaprojektien jalkoihin.

KTR: TOC-analyysi Metsä Fibre Kemi

- Jos MF Kemi uusii vielä UV-lamput mittaukset tehdään yhdistyksen kustannuksella, tekijä selvitettävä esim. Oulun Yliopisto.

YTR: POPE

- Perustiedot kattilasta ajo-olosuhteista (kattilakuorma, polttoaineet) raporttiin.
- Johtoryhmän seuraava kokous 22.1.2014, Tekesiltä anottu jatkoaikaa 6 kk.

YTR: BAT-dokumenttiluonnoksen NOx-kappaleen kommentointi

- Tämän hetken arvio dokumentin julkaisusta on Q1/2014.

YTR/ATR: Hajukaasujen polttosuosituksen päivitys

- Suomenkielinen ohje julkaistu yhdistyksen sivuilla numerolla 7/2013



- Englanninkielinen käännös on vielä kommentoitavana

YTR: Soodakattilan sähkösuodintuhkan hyötykäyttömahdollisuudet

- Sihteeri esitteli projektin alustavaa loppuraporttia
- Raportti hyväksytään seuraavassa YTR:n kokouksessa 5.2.2014.

LTR: Syöttövesipumppujen säätö ja mitoitus, syöttövesisäiliön koko -
konseptitarkastelut, LUT

- Alustava raportti saatu Lappeenrannasta, LIITE 12 sekä esitys LIITE 13.
- Raportti käydään läpi ja kommentoidaan LTR:n seuraavassa kokouksessa.

LTR: Mustalipeän ei-Newtonilaisuus ja pisaroituminen, Labtium/Aalto-

- Suomen kattiloilta näytteidenottoon tähdätään tammi-helmikuussa ja kenties Andritz saa eucan haettua maaliskuussa.
- On-line mittauksen osalta uusi yritys pyritään tekemään joulutammikuussa.

OTR: Konemestaripäivä 2014

- 12-13.2 Scandic Vierumäki ja tehdasvierailu SE Heinolan tehtaalle.
- Perinteisesti päivät järjestetty tammikuun lopussa, mutta ensi vuonna Inspectalla on iso asiakastilaisuus 30.1, johon osallistuu samoja ihmisiä.

OTR: 50-vuotisjuhla ja ICRC 2014

- 50v-juhlatoimikunta piti edellisen kokouksen 19.11.2013. Seminaarin järjestelyt ovat aikataulussa.

OTR: SKY Historiikki

- Työ aloitettu tutustumalla arkistomateriaaliin ja pöytäkirjoihin, tekijä jää maaliskuussa eläkkeelle ansiotyöstään.

PROJEKTITARJOUKSET

LTR: Smelt dissolution kinetics, ÅA

- Hallitus pyytää päätti jätetään tarjouksen odottamaan seuraavaa kokousta

LTR: Feeding and Combustion of Black Liquor Pellets, ÅA

- Hallitus päätti jätetään tarjouksen odottamaan seuraavaa kokousta

LTR: Probe Study of Corrosion in the Economizers of a Kraft Recovery Boiler during Startup

- Hallitus päätti jätetään tarjouksen odottamaan seuraavaa kokousta

PROJEKTI-IDEAT

LTR: Suolallisen mustalipeän kuivaaineen määrittäminen ja tuloksen ilmaisu

- Terminologia-selvitys olisi paikallaan, jotta puhutaan samasta asiasta. Kuka olisi tekijä?

YTR: Lipeäkierron tyyppi

- Odotetaan YTR:n tarkempaa tarjousta projektista



YTR: Kustannustehokkain tapa siirtää ammoniakkia talteenottokierrosta jätevesilaitokselle

- Sihteeri kysynyt tarjousta Pöyryltä selvitystä varten, tekijä kuitenkin ollut pitkällä sairaslomalla.

KTR: Ääninuohouksen mahdollisuudet soodakattilassa

- Odotetaan KTR:ltä tarkempaa tarjousta projektista

KTR: Sularännit, käyttöongelmat ja soodasulan juoksevuus

- Odotetaan tarkempaa ehdotusta projektista

Lipeäkierron kemiallisten parametrien optimointi

- Odotetaan KTR:n tarjousta projektista, mahdollinen tekijä olisi Oulun Yliopisto.

MUUT ASIAT

Yhdistyksen kattilatietokannan kehittäminen

- Sihteeri tekee ehdotuksen mennessä mitä tietoja kattilatietokantaan voitaisiin lisätä

6 TALOUSTILANNE JA TUNTISEURANTA

6.1 Taloustilanne ja tuntiseuranta

Vuoden 2013 tuntiseuranta ja kassatilanne (joulukuu arvio) on esitetty LIITTEESSÄ 2. Sihteeristön tuntikulutus jäi vuonna 2013 alle ennusteen (viiden edellisen vuoden keskiarvo).

Yhdistyksen kassassa oli marraskuun 2013 lopussa noin 264 000 euroa. Näyttää siltä että vuoden 2013 ylijäämä on noin 43 000 euroa, tosin joulukuun menot on vasta arvio.

6.2 Saatavat

Yksi saatava (tilanne 30.9.2013):

- Savcor Forest Soodakattilapäivän osallistumismaksu 664,2 euroa josta on lähetty muistutus

Hallitus otti yhteyttä Savcoriin kokouksen aikana ja kokouksen aikana tuli viesti että saatava on maksettu.

6.3 Jäsenmaksun 3. Erän periminen

Hallitus päätti että jäsenmaksun 3.erää ei peritä.

6.4 Budjettiehdotus 2014

Sihteeri esitteli vuoden 2014 budjettiehdotuksen, LIITE 2. Budjetin mukaan vuoden 2014 tappio on 82 314 euroa, johon on varauduttu jaksottamalla viime vuosien ylijäämää tälle vuodelle. Tappio syntyy historiikin kirjoittamisesta sekä kesällä järjestettävästä ICRC-seminaarista.

Päätös budjettiehdotuksen esittämisestä vuosikokoukselle tehdään vuoden 2014 ensimmäisessä kokouksessa.

7 TYÖRYHMIEN TOIMINTA

Sihteeri kertoi ATR:n, LTR:n, YTR:n, KTR:n, OTR:n toiminnasta. Paikalla olleet työryhmien puheenjohtajat täydensivät keskustelua.

Työryhmä	Edellinen kokous	Seuraava kokous
ATR	10.9.2013, puhelin	Sovitaan erikseen
KTR	14.11.2013, Pöyry	12.2.2013 Vierumäki
LTR	28.11.2012, Pöyry	Sovitaan erikseen
OTR	17.9.2013, Laitium	Sovitaan erikseen
YTR	30.10.2013, Pöyry	5.2.2014 Pöyry

7.1 Valmistuneet projektit

7.1.1 ATR: Ohje UPS-järjestelmän periaatteeksi

Raportti julkaistu yhdistyksen sivuilla numerolla [6/2013](#), LIITE 3

7.1.2 YTR/ATR: Hajukaasujen polttosuosituksen päivitys

Suomenkielinen ohje julkaistu yhdistyksen sivuilla numerolla [7/2013](#), LIITE 4. Englanninkielinen käännös on vielä kommentoitavana.

7.1.3 OTR: Vuosikokous 18.4.2013

Vuosikokous pidettiin 18.4.2013 hotelli Arthurissa klo 16.30 alkaen, jonka jälkeen oli ruokailu Grand Casinolla. Osallistujia 12 hlö.

Vuoden 2014 vuosikokouksen ajankohta ja kokouspaikka ovat vielä avoinna.

7.1.4 OTR: Soodakattilapäivä 2013, Sokos Hotel Vantaa 31.10.2013

Sihteeri esitteli Soodakattilapäivien palautteen, LIITE 5. Tilaisuuteen ilmoittautui 94 henkilöä, joka on hieman alle keskiarvon 103 henkilöä (viimeiset 15 vuotta).

Seminaarissa kuultiin seuraavat esitykset:

- Sähkösuodintuhkan hyötykäyttömahdollisuudet, Kurt Sirén, Oy Sirra Ab
- Online recovery boiler reduction degree, Risto Ikäheimo, Metso Automation
- Soodakattilan hyötysuhde, Lauri Reiman, Oy Indmeas Ab
- Latest advancement in recovery boiler intelligent sootblowing technology for improved safety, energy efficiency, and cost reduction, Danny Tandra, Clyde Bergemann
- Uudet vesikemian ohjeet ja käytäntö, Jani Vuorinen, Vesi-ihminen Tmi
- Lignin recovery - Andritz's evaluations and development work, Paterson McKeough, Andritz Oy

- Suomen, Pohjois-Amerikan ja Brasilian soodakattilayhdistyksien kuulumiset, Markus Nieminen, Suomen Soodakattilayhdistys ry
- Sodahuskommittén - Ruotsalais-norjalainen soodakattilakomitea, vuosikatsaus 2012, Peter Andersson, Sodahuskommittén
- Soodakattilayhdistyksen opinnäytetyöpalkinnon esittely: Multi-Objective Optimization of Recovery Boiler Dimensions Using Computational Fluid Dynamics, Viljami Maakala, Aalto-yliopisto / Andritz Oy

Toivottuja luentoaiheita:

- Edelleen vesikemiaa, uudet tutkimukset (Jani Vuorinen)
- Vesikemia osa 2.
- Laitosten viritys
- Eri maiden komiteoiden yhteistyö
- Simulaattorit
- Tehtaiden omia kokemuksia
- Hajukaasusuosituksen päivitykset
- Energiatehokkuus-direktiivin vaikutus
- Soodakattilan kemia (Hupa)
- Tuhkan ominaisuudet
- Hajukaasujen poltto

Muuta palautetta:

- Pukukoodit eri tilaisuuksiin mukaan kutsuun
- Mielenkiintoista asiaa ja hyvin järjestetty
- Aula/kahvitila hieman ahdas näinkin isolle joukolle, tästä pieni miinus, muutoin erinomainen päivä

7.2 Käynnissä olevat projektit

Tarkemmat tiedot (pöytäkirjat, väliraportit) käynnissä olevista projekteista löytyvät yhdistyksen projektitietokannasta:

<http://www.soodakattilayhdistys.fi/secure/projektit.html>

7.2.1 KTR: Aktiivihiilen mitoituksen varmistus ja optimointi sekä TOC-reduktion varmistaminen, JP-analysis/Oulun Yliopisto

Tausta:

Kestoisuustyöryhmä on jo useamman osaprojektin ajan tutkinut aktiivihiilisuodattimen käyttöä soodakattilalaitoksen lisäveden orgaanisen aineen vähentämisessä. Aikaisemman projektin tuloksista keskusteltiin KTR:n kokouksessa 14.6.2012 ja todettiin että aktiivihiilisuodattimen mahdollista hankkimista varten tulee vielä varmistaa suodattimen mitoitus sekä kustannukset.

Tavoite:

- Aktiivihiilien mitoituksen optimointi toteutetaan olemassa olevilla suodatin kolonneilla. Kolonneja on kolmena eri mallina. Kokeet toteutetaan jokaisella

kolonni mallilla. Kolonneissa testataan tunnetun veden tilavuuden ja petitilavuuden suodatustehoja eri veden virtaamanopeudelle. Koeajot ovat päivän mittaisia (8 h).

Virtaamat tarpeeksi suuria, joilla saadaan merkittäviä eroja suodatus tehokkuudessa.

- Selvitetään aktiivihiiisuodattimen kustannukset ja toimittajat.
- Selvitetään mahdollisuudet aktiivihiihen hankintaan vanhaan suolanpoistosarjaan.
- Lisäksi vertaillaan kahden TOC-laitteiston (JP-analysis vs. Oulun yliopiston laite) antamia tuloksia. JP-analytiiksen laite tarkoitettu vain puhtaille vesille, Oulun Yliopiston laitteella (jota käytetty aikaisemmissa projekteissa) mitattu myös likaisia vesiä -> onko laitteiden välillä eroa.

Tilanne:

Loppuraportti saatu JP-analytiikselä, sihteerä käynyt ulkoasun läpi, LIITE 6.

Yhteenveto tuloksista:

Tulokset osoittavat, että aktiivihiiet poistavat orgaanista hiiltä tehokkaasti TSP-vedestä. Virtaussuhteen kasvu vaikuttaa alentavasti TOC-reduktioon. Aktiivihiiessä AC 3 virtaussuhde (n. 30 BV/h) oli lähimpänä käytäntöä. Tällöin TOC-reduktio oli n. 20 %. Kolonnien petitilavuudet ovat kuitenkin erittäin vaatimattomat ja täten eivät mahdollisesti vastaa täyttä totuutta. Suurilla veden virtauksilla riski tunnelloitumisefektiin kolonneissa kasvaa. Tällöin vesi voi kulkea vain tiettyä reittiä pitkin kolonnin sisällä ja kontaktia ei synny kokopetitilavuudella.

TOC-analysoittorien mittaamisssa pitoisuuksissa oli merkittäviä eroja. Yliopiston Sievers-laitteistoa käytetään lisäksi jätevesianalytiikassa, joten virhe tuloksia on odotettavissa. Sievers-laitteisto antoi lisäksi ultrapuhtaalle vedelle (MQ-vesi) TOC-pitoisuudeksi n. 150 ppb, jonka TOC-pitoisuudet ovat luokkaa 5-10 ppb. Tästä voidaan päätellä, että Sievers laitteella ei päästä tätä (150 ppb) pitoisuutta alemmaksi.

Kommentit:

- TOC:n tutkimisen taustalla ilmapatterien korroosio ja hydratsiiniista luopuminen
- Imatra luopui hydratsiinin käytöstä syksyllä 2012
- Oulussa suunnitellaan teollisuusmittakaavan aktiivihiiisuodatinta ioninpoistosarjaan anionivaihtimen jälkeen ennen sekavaihdinta. Vesi-Pauli Oy:n hinta-arvio on noin 200 000 euroa. Hiilen määrä noin 10 m3, hinta ~10 000 eur.

Päätös

Reijo Hukkanen käy raportin läpi ja selvintää saatuja tuloksia ennen julkaisua.

7.2.2 KTR: Vauriot

Raportoidut vauriot edellisen hallituksen kokouksen jälkeen:

- [1/2013](#), MF Joutseno, sulavuoto primääri-ilmakanavistoon
- [2/2013](#), MF Äänekoski, tulistinkorroosio
- [3/2013](#), MF Äänekoski, konvektio-osa,
- [4/2013](#), SE Oulu, ekonomaiseri
- [5/2013](#), UPM Kaukas, ekonomaiseri
- [6/2013](#), UPM Kaukas, ekonomaiseri

7.2.3 KTR: Soodakattilan materiaalit ja tarkastukset

Käytetään vuoden 1997 suojaussuosituksen sisällysluetteloa seuraavin osin (suluissa tekijä):

- Soodakattilan materiaalit ja hitsaukset (KTR/sihtööri)
- Soodakattilapinnoitukset (VTT)
- Paineastian korjaukset (Metso/sihtööri)
- Soodakattilatarkastukset (Inspecta)
- Soodakattilan vauriot (sihtööri/KTR)

Tilanne:

Vielä keskeneräinen raportti, LIITE 7.

Kappale 1 Soodakattila materiaalit ja hitsaukset:

- Sihtööri on päivittänyt kappaleen, lähinnä soodakattilassa yleisesti käytössä olevien materiaalien osalta. Kommentoitu kokouksessa 18.6.2013 ja 14.11.2013
- Päällehitsaus kappale puuttuu, kirjoittaja voisi olla Metsolta tänä vuonna eläkkeelle jäänyt Kalle Salmi. Sihtööri tiedustelee Kallelta mahdollisuutta kirjoittaa kappale.

Kappale 2 Soodakattilapinnoitukset.

- VTT päivittänyt tekstin KTR on kommentoinut tekstiä kokouksessa 13.9.2012

Kappale 3 Paineastian korjaukset

- Sihtööri on päivittänyt tekstin. KTR on hyväksynyt tekstin kokouksessa 8.9.2011.

Kappale 4 Soodakattilatarkastukset

- Inspecta on päivittänyt tekstin. KTR on hyväksynyt tekstin kokouksessa 8.9.2011.

Kappale 5. Soodakattilan vauriot.

- Sihtööri kerää viimeisen kymmenen vuoden ajalta tyypillisiä vauriota tietokannasta. Kommentoidaan KTR:n kokouksissa.

Vuoden 1997 suojaussuositus:

http://www.soodakattilayhdistys.fi/secure/ae/1997/SKY_697_Soodakattilalaitoksen_suojaussuositus_1997.pdf

Aikataulu:

Tekstiä puuttuu vielä kappeleesta 1 (päällehitsaus) sekä kokonaan kappale 5. Kirjoitustyö jäi pahasti SKYRECn osaprojektien jalkoihin.

7.2.4 KTR: TOC-mittaukset Metsä Fibre Kemi

Tavoite:

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää Metsä Fibre Kemin tehtaan soodakattilan ioninvaihtosarjan yhteydessä olevan UV-laitteiston TOC-reduktiotehoa. TOC-näytteitä varten otettiin näytteet anioninvaihtosarjan (A1) jälkeen sekä sekavaihtimen (MB1) jälkeen. UV-laitteiston jälkeen ei ollut näytteenotto paikkaa. Lisäksi näytteet otettiin soodakattilan tulistetusta höyrykierrosta. Jokaisesta näytteipaikasta otettiin kolme rinnakkaista näytettä. Näytteet analysoitiin Tekmar Pheonix 8000 analysaattorilla.

Tilanne:

Keväällä 2013 (12.3) tehtiin ensimmäinen mittaus jonka tuloksena saatiin että UV-käsittely ei tehosta TOC-reduktiota. Mittauksen aikana osa UV-lampuista ei ollut käytössä, lamppujen kestäkä noin puoli vuotta. Päätettiin tehdä toinen mittaus kun kaikki lamput on uusittu

Syksyllä 2013 (9.8) tehtiin toinen mittaus. Näytteidenotto hetkellä UV-laitteiston kaikki lamput oli toiminnassa ja juuri vaihdettu, raportti LIITE 8.

Yhteenveto:

UV-laitteen päällä ollessa sekavaihtimen jälkeen TOC-pitoisuus oli noin 30% (154 ppm -> 110 ppm) alempi kuin ilman UV:ta mikä vastaa suunnilleen aikaisempia tutkimuksia. Lisäksi näyttää siltä että orgaanisen hiilen määrä lisääntyy höyrykierrossa eli konsentroituu, mittausten keskiarvo 405 ppm.

näyte nro	Näyte	ppm C	ppb	ka
1	MB 1	0,1508	151	
2	MB 1	0,1569	157	
3	MB 1	0,1556	156	154
4	MB UV	0,1045	105	
5	MB UV	0,1033	103	
6	MB UV	0,122	122	110
7	A 1	0,1588	159	
8	A 1	0,154	154	
9	A 1	0,1452	145	153
10	Höyry	0,3593	359	
11	Höyry	0,3406	341	
12	Höyry	0,5143	514	405

MB1 = UV pois päältä

MB UV = UV päällä

Pellinen ehdottaa jatkoprojektia jossa selvitettäisiin UV-laitteiston tehon laskun vaikutukset TOC:n reduktioon.

UV-lamppujen vaihdon jälkeen näytteitä otettaisiin viikottain täyssuolapoistetusta vedestä, anionin vaihtimen jälkeen sekä sekavaihtimen jälkeen. Näytteistä määritettäisiin kokonaisorgaanisen hiilen, kokonais epäorgaanisen hiilen ja kokonaishiilen pitoisuudet. Näytteiden ottoa jatkettaisiin kunnes UV:lla ei ole vaikutusta TOC:n reduktioon.

Kommentit:

Jos mitataan vielä uudestaan tulisi mittausten olla pidemmältä aikaväliltä koska esimerkiksi ioninvaihtimien elvytysvaihe vaikuttaa TOC pitoisuuteen -> näytteet otettava samassa kohdassa ajoa

Päätös:

Jos MF Kemi uusii vielä UV-lamput mittaukset tehdään yhdistyksen kustannuksella, tekijä selvitettävä esim. Oulun Yliopisto.

7.2.5 YTR: TEKES-hanke, Polttoperäisten päästöjen ja nanohiukkasten haitallisuuden määrittäminen uudella tutkimusmenetelmällä, Itä-Suomen yliopisto

Tavoite:

Projektissa tutkitaan soodakattilan, hakevoimalaitoksen, pienpolton (tulisija ja arinakattila) päästöjä ja jälkikäsittelytekniikoiden vaikutusta dieselajoneuvon päästöihin sekä päästöjen fysikaalis-kemiallisia ja toksikologisia ominaisuuksia. Lisäksi tutkitaan teollisten nanohiukkasten vastaavia ominaisuuksia.

Tilanne:

Soodakattilan hiukkasmittaukset tehty Kymillä loppuvuonna 2012, loppuraportti saatu Itä-Suomen Yliopistosta, LIITE 9. -> antaa aihetta jatkotutkimukseen, katso johtopäätökset.

- Tulosten perusteella savukaasupesuri näyttää poistavan hiukkasia suhteellisen tehokkaasti, oli vaikeuksia saada tarpeeksi näytettä.
- Meesauunia ei mitattu ajanpuutteen ja budjetin ylittymisen vuoksi

Itä-Suomen Yliopistosta on saatu tarjous jatkoprojektista, hinta 133 438 eur, LIITE 10. Jatkoprojekti ei toteudu Itä-Suomen yliopisto johdolla TEKESin rahoittamana.

Johtopäätökset:

- PAH-yhdisteiden pitoisuudet sähkösuodattimen jälkeen otetuissa näytteissä olivat UPM A 29,8 ng/mg, UPM B 22,9 ng/mg ja pesurin jälkeen hieman korkeampi 52,9 ng/mg.
- Luvut ovat hieman suuremmat kuin esimerkiksi pellettitakan poltossa (~5 ng/mg), mutta huomattavasti pienemmät kuin esimerkiksi puutakan (18 000 ng/mg) ja raskaan polttoöljyn (10 000 ng/mg) poltossa.
- Näytteiden kemiallinen koostumus oli samankaltainen sähkösuodattimen jälkeen ja pesurin jälkeen kerätyissä näytteissä. Kvantitatiivisia analyysejä ei pystytty tekemään pesurin jälkeisestä näytteestä vähäisen näytemäärän johdosta.
- Kumpikaan sähkösuodattimen jälkeen kerätty hiukkasnäyte ei ollut merkittävästi toksinen hiiren makrofageille (RAW264.7) tai ihmisen keuhkojen epiteelisoluille (A549) alle 150 µg/ml annoksilla.
- Vaikka savukaasupesuri vähensi hiukkaspäästön määrää, oli se massayksikköä kohti toksisempaa kuin pääosin alkalisuoloista koostuva hiukkaspäästö sähkösuodattimen jälkeen.
- On mahdollista että suurempi toksisuus aiheutuu maaperä- tai bakteeriperäisten komponenttien joutumisesta hiukkasmassaan esimerkiksi pesurissa käytetyn jokiveden mukana tai pesurin vesikierrrossa syntyvästä bakteerikontaminaatiosta. -> teoria on vielä varmistamatta.
- Päätelmiä tukee pesurin jälkeen kerätyn näytteen käynnistämä vasteprofiili, joka muistuttaa bakteerien aiheuttamia vasteita näissä soluissa. Lisäksi pesurin jälkeen kerätystä hiukkasnäytteestä löytyi teetetystä endotoksiinianalyyseissä huomattava pitoisuus (5,8 EU/mg = endotoxin units) bakteeriperäistä komponenttia, sitä vastoin pitoisuus oli vain < 0.002 (EU/ mg) sähkösuodattimen jälkeen otetuissa näytteissä.

Kommentit:

- Onko isompi hiukkasmäärä vaarallisempaa kuin pienempi mutta toksisempi määrä.
- Perustiedot kattilasta ajo-olosuhteista (kattilakuorma, polttoaineet) raporttiin.

Aikataulu:

Johtoryhmän edellinen kokous 13.6.2013 Kuopiossa, seuraava kokous 22.1.2014.

Koko projektissa ollaan jäljessä aikataulussa solultistustilanteiston (Vitrocell) toimintakuntoon saattamisen viivästymisen takia. Suunnitelman mukaiset mittaukset tehdään loppuvuonna 2013. Tekesiltä anotaan jatkoaikaa 6 kk.

Päätös:

Perustiedot kattilasta ajo-olosuhteista (kattilakuorma, polttoaineet) raporttiin.

7.2.6 YTR: BAT-dokumenttiluonnoksen NOX-kappaleen kommentointi**Tausta:**

BAT/BREF-dokumentin uusinta on parhaillaan käynnissä. Varsinkin NO_x-päästöjen osalta tilanne näyttää hankalalta. Ruotsi on ajamassa NO_x-päästörajaa jopa alle 1.5 kgNO_x/ADt (nykyinen raja) ja heillä tehtaiden raportoimat NO_x-päästöt ovat alentuneet viimeisen viiden vuoden aikana. Käytännössä dokumenttiin kirjattu raja-arvo tulee siirtymään tehtaiden ympäristölupiin seuraavan kierroksen jälkeen.

Tilanne:

Final draft julkaistu, muutoksia:

- CO-rajat poistettu
- Päiväarvot poistettu: NO_x ja hiukkaset, rikille päiväkeskiarvo jäi
- RB NO_x: bioliete / hajukaasu nostava vaikutus (0.1 kgNO_x/ADt) poistettu -> rajoja nostettu
- RB SO₂ ja TRS: rajoja nostettu hieman
- RB ja lime kiln hiukkaset: vanhoilla (ennen vuotta 2007) ESP:llä varustetut, raja 50 mg/Nm³

Sevillan kokouksessa esille tulleita asioita:

- Esitetty kupla-ajattelua hajukaasujen polton osalta -> vain yksi luku, tällöin polttopaikalla ei olisi väliä. Ei saanut kannatusta koska jalostamoteollisuudessa ajatusmalli on tarkoittanut 80% yhteenlasketusta summasta.
- mg/Nm³ ja kg/ADt raja-arvot herättää kysymyksiä, eivät vastaa toisiaan
- Hajukaasukattilan low-NO_x poltin vaatimus -> kattilaratkaisu pikemminkin kuin poltinratkaisu
- Hardwood/Softwood määrittely -> eri päästörajat
- Häiriötilanteen päästöjen määrittely, BATissa ei määritelty -> tähän olisi hyvä varautua
- IE-direktiivissä polttolaitoksille 2010/75/EU (ei koske tällä hetkellä soodakattiloita), on määritelty periaatteet käynnistys/pysäytysjaksoille [komission täytäntöönpanopäätöksessä 2012/249/EU \(annettu 7 päivänä toukokuuta 2012\)](#)

Aikataulu

- 20.9.2013: IED Foorumi antaa BREFin ehdotetusta sisällöstä komissiolle lausunnon, jonka komissio asettaa julkisesti saataville.
- 20.11.2013: BREFin BAT-päätelmät hyväksytään komiteamenettelyssä, jonka jälkeen komissio julkaisee virallisesti toimialan BREFin. Astuu voimaan kun suomenkielinen käännös on valmistunut.

Tämän hetken arvio dokumentin julkaisusta on Q1/2014.

Lyhenteitä:

- TWG-ryhmissä ovat edustettuina jäsenmaat, eurooppalaiset teollisuuden keskusjärjestöt sekä luonnonsuojelujärjestöt Euroopan ympäristötoimiston (European Environment Bureau, EEB) kautta
- BAT Foorumi koostuu teknisten työryhmien lisäksi jäsenvaltioiden, kyseisen teollisuuden ja ympäristönsuojelua edistävien järjestöjen edustajista. Suomesta kokouksiin osallistuu BAT-projektipäällikkö Suomen ympäristökeskuksesta.

7.2.7 YTR: Soodakattilan sähkösuodintuhkan hyötykäyttömahdollisuudet

Tausta:

Sellutehtaan ylijäämäisen rikkiäseen hallitsemiseksi on tapana liuottaa lentotuhkaa ja viemäroidä se jäteveden mukana. Ympäristölupien uusinnan yhteydessä tehtaille voi tulla rajoituksia tähän käytäntöön.

Yhdistyksen edellisissä projekteissa vuosina 2003-2009, KCL/Sirra tutkittiin sähkösuodintuhkan puhdistusta ja käsittelyä natriumsulfaatin hyötykäyttöä ajatellen. Lisäksi selvitettiin mahdollisia natriumsulfaatin käyttökohteita sekä tuotteen kuljetusta. Linkki yhteenvetoon raportista: http://www.soodakattilayhdistys.fi/secure/ae/2009/Sahkosuodintuhkan_puhdistus_esitys_osat_I-IV.pdf

Tuhkan vieminen kaatopaikalle ei ole sallittua koska tuhka ylittää kaatopaikkajätteelle määritellyn liukoisuusrajan, joten keinot päästä eroon tuhasta on liuotus tai hyötykäyttö.

Tavoite:

Löytää teknistaloudellinen ratkaisu sähkösuodintuhkan hyötykäytölle sellutehtaan sisällä tai ulkopuolella.

YTR listannut vaihtoehtoja hyötykäytölle (muitakin voi olla):

- Puhtaan natriumsulfaatin valmistus selkeytys/kiteytyksellä
- NaOH ja rikkihapon valmistus natriumsulfaatista elektrohydrolyysillä

Tilanne:

Sihteeri esitteli projektin alustavaa loppuraporttia, LIITE 11. Projektista pidettiin esitys Soodakattilapäivillä 31.10.2013.

Taselakelmia on tehty eri lähtöaineilla (lentotuhka ja hapan suola) ja eri prosessiyhdistelmillä, ja parhaimmat ratkaisut ovat alkaneet hahmottua. Eri membraanitekniikoita verrattaessa näyttää siltä, että bipoläärimembraanitekniikka on edistyksellisin. Sähkön käyttö on selkeästi pienin, mikä on merkittävä seikka. Lisäksi ei synny kloorikaasua eikä vetyä merkittävässä määrin, mikä on etu. On oltu yhteydessä membraanivalmistajiin. Lipeän ym. kemikaalien hintoja on päivitetty.

Laskelmat osoittavat että voidaan päästä melko suuriin tuottoihin ympäristöhyötyjen lisäksi. Investointien takaisinmaksuajat ovat kuitenkin joka tapauksessa useita vuosia,

mutta sen jälkeen on saatavissa nettohyötyä. Käyttökulujen osalta membraanien elinikä on suurin epävarmuustekijä, ja siihen kysymykseen ei ole saatavissa selkeää vastausta.

Suodintuhkan ja happaman suolan liuottaminen on periaatteessa mahdollista lopettaa kokonaan. Tästä saadaan melkoiset natriumsäästöt, ja voidaan samalla laitteistolla myös poistaa kalium ja kloori.

Yhteenveto tuloksista:

- K & Cl-poisto myös mahdollinen BME-tekniikalla
- Suurin avoin kysymys: membraanien elinikä → kustannus
- Edullisimmat vaihtoehdot näyttävät olevan yhdistelmät R10 + GLSS + BME ja R10 + GLSS + perinteinen K & Cl -prosessi
- On mahdollista lopettaa lentotuhkan ja happaman suolan liuottaminen kokonaan tai lähes kokonaan
- BME-lipeä karbonaattivapaa → voidaan välttää kerrostumia valkaisimossa
- Nykyisillä kemikaalihinnoilla taloudellisuus näyttää hyväksyttävältä, mutta 1 v. takaisinmaksuaikavaatimuksesta luovuttava

Aikataulu:

Raportti hyväksytään seuraavassa YTR:n kokouksessa 5.2.2014.

7.2.8 LTR: Syöttövesipumppujen säätö ja mitoitus, syöttövesisäiliön koko - konseptitarkastelut, LUT

Tavoite:

Sellutehdasprojekteissa tulee aika ajoin vastaan kysymys, montako syöttövesipumppua ja miten säädettyinä tulisi kattilassa olla.

Työssä tehdään esiselvitys kolmen Soodakattilayhdistyksen valitseman soodakattilan syöttövesipumppauksen mahdollisuuksista säästää sähköä toteuttamalla pumppauksen säätö uudella tavalla. Samalla mietitään miten suurella syöttövesisäiliöllä kukin soodakattila pärjäisi. Lisäksi mietitään monellako syöttövesipumpulla pitäisi soodakattilaprojekti toteuttaa.

Työn loppuraportti luo yhteenvedon työssä tehdyistä soodakattilan syöttövesipumppauksen konseptitarkasteluista. Erityisesti selvitetään:

- Lasketaan energiataloudellisin syöttövesipumppujen ajotapa kullekin kolmesta esimerkkisoodakattilasta.
- Mietitään syöttövesisäiliöltä tarvittavaa kapasiteettia.
- Esitetään eri pumppujen lukumäärän ja syöttöveden tarpeen mukaisen mitoituksen investointikustannus ja energiankulutusarvot.

Tilanne:

Alustava raportti saatu Lappeenrannasta, LIITE 12 sekä esitys LIITE 13.

Hallitus ehdotti kokouksessaan 2/2012 seuraavia tehtäviä osallisiksi projektiin: UPM: Frey Bentos, MB: Joutseno, SE: Veracel. Valitettavasti sekä Veracelistä että Fray Bentoksesta ei saatu yrityksistä huolimatta pumpputietoja, joten käytettiin tietoja neljästä kattilasta Suomessa: Kaukopää SK6, Kaukopää SK5, Joutseno, Kymi.

Kommentit:

- Soodakattiloilla ei enää vaadita turbopumppuja, jos on varmennettu sähkö -> yhdistyksen suositus asiasta?
- Syöttövesisäiliön koko, mikä määrää sen koon, käytössä yleisesti 20 min.
- Syöttövesipumpujen lukumäärä on mainittu standardissa: SFS-EN 12952-7 Vesiputkikattilat ja niihin liittyvät laitteistot. Osa 7: Vaatimukset kattilan varusteille
- Syöttövesiventtiilisäätö vai suora pumppusäätö
- Invertterikäyttö vs. nestekytin, jotkin kokemukset ovat osoittaneet invertterien olevan ennen alttiita häiriöille.
- Käyttövarmuus vs. energiasäästö
- Syöttövesipumpun mitoituksessa voidaan varautua tulevaan jättämällä 2 pyörää pois

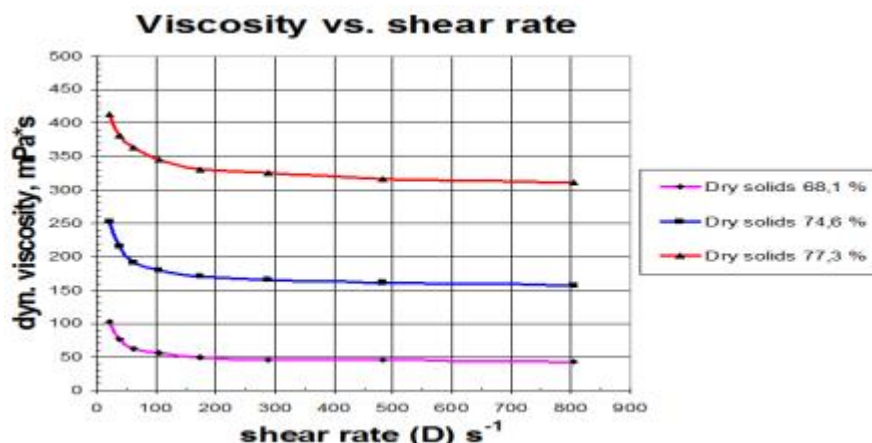
Aikataulu:

Raportti käydään läpi LTR:n seuraavassa kokouksessa.

7.2.9 LTR: Mustalipeän ei-Newtonilaisuus ja pisaroituminen, Labtium/Aalto-yliopisto

Tausta:

Tyypillisesti vahva mustalipeä ei ole Newtoniaalinen neste, jolloin viskositeetti riippuu mm. lämpötilan ja kuiva-aineen lisäksi myös leikkausnopeudesta. Tällöin mustalipeä käyttäytyy pseudoplastisesti, eli leikkausohenevasti joilloin viskositeetti pienenee leikkausnopeutta kasvatettaessa. Pienellä leikkausnopeudella viskositeetti on erittäin suuri, mutta kun leikkausnopeus kasvaa, niin viskositeetti laskee vakiotasolle. (kuva 7-1.) Ainakin pisaroitumisessa esiintyy pieniä leikkausnopeuksia ja ilmeisesti myös haihduttimissa. Asiaa ei ole merkittävästi tutkittu, koska sopivia paineistettuja helppokäyttöisiä mittalaitteita ei ole ollut yleisesti saatavilla.



Kuva 7-1. Viskositeetti leikkausnopeuden funktiona.

Toteutus ja tavoite:

Tutkimus toteutetaan neljällä erilaisella lipeällä; lehtipuu-, havupuu-, seka- ja eukalyptuslipeällä. Kussakin tapauksessa viskositeettimittaus tehdään viidessä eri lämpötilassa:

1. Tehtaan ruiskutuslämpötilassa
2. Lämpötiloissa 120 °C, 135 °C, 140 °C ja 150 °C. (135°C on vertailulämpötila, josta on jo olemassa dataa Soodakattilayhdistyksen edellisestä viskositeettityöstä)

On todennäköistä, että lipeiden ei-Newtonilaisuutta selittää jokin mustalipeän erityinen ominaisuus. Tämän takia kustakin lipeästä määritetään:

- Kuiva-aine, jäännösalkali, epäorgaanisen/orgaanisen aineen suhde, polysakkaridit, rikki, tuhka, Na, K, S, Cl, C, H, N (Kjeldahl), sulfaatti, sulfidi, karbonaatti, oksalaatti, lämpöarvot (kalorimetrinen ja tehollinen) sekä 11 metallia (Zn, Fe, Si, Mn, Mg, V, Cu, Al, Ca, P, ja Ba)

Projektin tuloksena saadaan kattava tietokanta erilaisten lipeiden ei-Newtonilaisesta käyttäytymisestä sekä vaikutuksesta soodakattilan toimintaan, erityisesti mustalipeän ruiskutukseen. Samalla arvioidaan myös vaikutusta putkivirtauksiin, pumppuihin sekä haihduttamoon. Kokeelliset mittaukset tehdään Labtiumissa. Aalto Yliopisto vastaa tulosten raportoinnista ja tulosten liittämistä soodakattilan toimintaan. On-line viskositeettimittaus (painehäviöön perustuva laite) tehdään Rauman tehtaalla toisen projektin yhteydessä ja verrata sen tuloksia laboratoriossa saatuun viskositeettitulokseen.

Tilanne:

Rakennettu näytteenotin, joka on kahdentuuman putki supistuksineen ja palloventtiileineen. Aikataulun puolesta tähtäämme näytteidenottoon tammi-helmikuussa ja kenties Andritz saa eucan haettua maaliskuussa. Näytteenottimia on yksi ja tarvittaessa muokataan aikataulua Andritzin tarpeiden mukaan.

Rakennettu myös on-line kapillaariviskometrin, jossa vaipan lämpötilaa voi säätää ja jonka läpi ajetaan tuoretta mustalipeää tehtaalla lipeärenkaalta. Ensimmäinen on-line mittaus ei onnistunut Raumalla, näytteenotin meni tukkoon, liian pieni halkaisija tuloputkessa -> DN32 pitäisi riittää. Uusi yritys alustavasti joului- tai tammikuussa.

Hallituksen ehdottamat tehtaalla: Rauma (havu), Kymi (seka), Veitsiluoto (lehti), Andritz (euca). Lehtilipeänäytteen voisi hakea myös Äänekoskelta, Aalto päättää kummasta näytteen hakee.

Kommentteja:

- Jos tehdas tekee itse näytteenotto kustannukset pienevät
- Puhtaan lehtipuulipeän saaminen voi olla hankalaa
- Neljä eri puulaji, saadaanko edustava näyte
- Aalto yliopisto ei itse tee mittauksia vaan hyödyntää olemassa olevaa tietoa
- Aalto yliopisto valmistaa paineistetun näytteenottolaitteen -> näyte saadaan kokonaisuutena, ei haihdu mitään
- Lisätään analyysijä, määritetään lisäksi tuhka, Na, K, S, Cl, C, H, N (Kjeldahl), sulfaatti, sulfidi, karbonaatti, oksalaatti, lämpöarvot (kalorimetrinen ja tehollinen) sekä 11 metallia (Zn, Fe, Si, Mn, Mg, V, Cu, Al, Ca, P, ja Ba)
- Lisäksi kysytään tehtaalla ainakin ajoparametrit, keittotapa ja sulfideetti
- Tehtaalla: Rauma (havu), Kymi (seka, 60% havu 40% lehti), Veitsiluoto (lehti, ~70%), Andritz (euca)

Aikataulu:

Suomen kattiloilta näytteidenottoon tähdätään tammi-helmikuussa ja kenties Andritz saa eucan haettua maaliskuussa.

On-line mittauksen osalta uusi yritys pyritään tekemään joului- tammikuussa.

7.2.10 OTR: Konemestaripäivä 2014

Konemestaripäivät 2014 järjestetään 12-13.2 Scandic Vierumäellä ja tehdasvierailu SE Heinolan tehtaalle. Perinteisesti päivät järjestetty tammikuun lopussa, mutta ensi vuonna Inspectalla on iso asiakastilaisuus 30.1, johon osallistuu samoja ihmisiä.

Luentoehdotuksia (5 kpl, 30 min)

- Hajukaasusuosituksen päivitys, Markus Nieminen
- Ruotsin vauriot: Sven Lahti, SBL Engineering
- Vesikemian ohjeistot ja käytäntö (Wisaforest) Jani Vuorinen
- Maailman suurimman soodakattilan pohjan tyhjennys suolasulasta, Timo Karjunen
- Metso
- Andritz

7.2.11 OTR: 50-vuotisjuhla ja ICRC 2014

Tampere-talosta on varattu tilat aikavälille ma 9.6.2014 - to 12.6.2014 ja keskiviikkona 11.6 pidetään SKY 50v-juhla. Perjantaille 13.6 jää mahdollisuus järjestää excursioita.

50v-juhlatoimikunta piti edellisen kokouksen 19.11.2013. Seminaarin tilanne esitetty taulukossa 7-2.

Taulukko 7-2. SKY 50v ja ICRC 2014 seminaarin tilanne

Asia:	Tilanne:
50v-juhlapäivän teema	“Continuous development of recovery boiler technology – 50 years of cooperation in Finland”
50v-seminaarin luennoitsijat	Lista mahdollisista luennoitsijoista/aiheista
Nettisivut, rekisteröinti+hotellivaraus	Nettisivut tehty, Confedent hoitaa rekisteröitymisen ja maksuliikenteen
Budjetti	Tehty ja hyväksytty
Osallistujamaksut	Tehty, jäsenille + ryhmille alennettu hinta
Excursiot 13.6.	Kymi OK, Rauma OK -> esittely tekeillä
Sponsorointivaihtoehdot	Tehty
Näyttely	Tehty
50 v-konferenssin iltaohjelma	Werner Bros - yhtye
Puoliso-ohjelma	Pyydetty tarjouksia Tampere-kierroajeluista
Osallistujalahja (reppu 50 v-logolla)	Pyydetty tarjouksia, valinta tekemättä

Asia:	Tilanne:
Historiikki	Tarjous hyväksytty
Avauspuhuja, maanantai 9.6	Esa Härmälä, TEM energiaosaston ylijohtaja
Call for Papers	Ilmoittautuminen päättynyt, ~70 abstraktia
Yhteistyöjärjestöt	TAPPI, PI, APPITA, PACTAC (jäsenhintaa)
Mainostus	ABTCP, CSCRB, AF&PA, BRLBAC, SHK, erilaiset nettisivustot (Klasun lista)
TAPPI sopimus	Tehty

Keskiviikkona 11.6 on SKY50v. päivä, johon luennoitsijat kutsutaan. Ehdotetut luennot ja esittäjä, taulukko 7-2. Esityksen pituus noin 25 minuuttia + kysymykset.

Taulukko 7-3. SKY 50-päivän luennoitsijat

	Luennoitsija	Aihe	Luentojen tilanne SKY kontakti
1	Mikko Hupa, Åbo Akademi	Review of recovery boiler re- search (TOP 5)	OK
2	Esa Vakkilainen, LUT	Recovery boiler history and future	OK
3	Honghi Tran, University of Toronto	Review of recovery boiler soot- blowing	OK Keijo
4	Rikard Gebart, Luleå University of Technology	Black liquor gasification in Swe- den , still emerging technology - gave information about sodi- um/sulphur release	95 % varmistettu, aikataulu vielä tarkastettava Mikko
5	Doug Singbeil, FPInnovations	Review of recovery boiler super- heater material studies	? Keijo
6	Andrew Jones International Paper	Review of recovery boiler model- ling (development & history)	OK Mikko
7	Song Won Park, University of Sao Pau- lo	Review of recovery boilers in Brazil? Luennon aihe saattaa vaihtua	? Esa / Mikko
8	Valmet	XXL recovery boilers	OK? Markus
9	Marja Heinola, Andritz	Review of high energy recovery boilers	OK? Keijo
10	Mika Järvinen, Ari Kankkunen, Aalto Yliopisto	Black liquor spraying Yhteenveto koko kehityksestä	OK
11	FRBC, SHK, BLRBAC, ABTCP	Status of recovery boilers and their safety – international review: - Age distribution, recent devel- opments, - dry solids distribution - overview of recent challenges in operation	15 minuutin esi- tykset / terveh- dykset per yhdis- tys

		- progress in safety, safety records	
12	AF&PA / BRLBAC Tom Grant (AF&PA) seuraaja?	Safety issues Tervehdys?	Markus selvittää yhteys henkilöä
13	Vakuutusyhtiö, met- säkonserni?	Progress in workers safety: - Review of dangers in and around recovery boilers - How worker safety has devel- oped and improved - “No more big bangs” Yhdistyksen ydinasia ollut tur- vallisuuden parantaminen ja tätä kautta yhteistoiminnan pa- rantaminen/kehittäminen eri metsäkonsernien välillä	Markus tieduste- lee Pohjola- ja IF- yhtiöiden yh- dyshenkilöiltä, onko mahdollista saada luento va- kuutusyhtiön nä- kökulmasta
14	Hans Theliander	Enimmäkseen haihdutta- mo/meesauuni tutkimuksia, EI soodakattiloista	Jätetään varalle
15	Pekka Pohjanne, Martti Mäkipää, VTT	SKYREC:n seinä/tulistin materi- aalit tutkimukset	Jätetään varalle
16	Metsä Fibre and ?	NCG firing in recovery boilers: - First installations, - safety concerns (explosions), - emissions, modern systems	Jätetään varalle
17	Klaus Niemelä	Hydroxy acids as potential kraft pulp by-products - comparison of different isolation methods	Jätetään varalle

7.2.12 SKY Historiikki

Työ aloitettu tutustumalla arkistomateriaaliin ja pöytäkirjoihin, tekijä jää maaliskuussa eläkkeelle ansiotyöstään.

Alustava sisältösuunnitelma:

- Työryhmien esittely; keitä niissä on nyt ja on ollut, mitä ne tekevät ja mitä ovat saaneet vuosien saatossa aikaan. Aineisto tulisi puheenjohtajahaastatteluista ja pöytäkirjoista.
- Kun työryhmät on käyty läpi, tarkempi kirjan sisältösuunnitelma on saanut substanssipohjaa.
- Toinen työryhmäesittelyn rinnalla kulkeva strategia on haastatella viirimiehet vanhimmasta päästä alkaen

Mahdollisia haastateltavia ”tietopankkeja”:

- Arto Aaltonen (sihteeri 70-luvulla)
- Taisto Haasiosalo (sihteeri 70-luvulla)
- Pontus Ingman (entinen sihteeri)
- Eero Mänttari (Ekono)
- Stig Nickull, Pietarsaaren tehtaas (Kestoisuustyöryhmä 80-luvulla)
- Jukka Heiko, Veitsiluoto (Puheenjohtaja 1990-1992 + kestoisuustyöryhmä)

7.3 Projektitarjoukset

Hallituksen ehdotuksesta projektiehdotukset on jaettu kahteen osaan, projektitarjouksiin ja projekti-ideoihin. Projektitarjouksissa on esitetty ne projektiehdotukset joista on olemassa tarjous. Projekti-ideat -kohdassa on esitetty projektiehdotukset joista ei vielä ole saatu/pyydetty tarjousta.

Tarkemmat kuvaukset projektiehdotuksista löytyvät yhdistyksen nettisivujen [Projektit-osiosta](#):

7.3.1 [LTR: Smelt dissolution kinetics, ÅA](#)

Åbo Akademin tarjous liittyy sulan hajottamisen, LIITE 14.

Tausta:

The kinetics of smelt dissolution is relevant to the design and safety of smelt dissolving tanks and their operation. Smelt dissolution will depend predominantly on smelt particle size, salt solubility, agitation and cooling of the hot smelt particle down to below the boiling point of the liquor. Salt solubility in the case of smelt dissolution is interesting in that there are two potentially important salt solubility limits.

One is pirssonite which is a $\text{CaCO}_3 \text{ Na}_2\text{CO}_3$ double salt and the second is the solubility of sodium salts such as sodium carbonate or burkeite which have a much higher solubility than pirssonite, Figure 9-2.

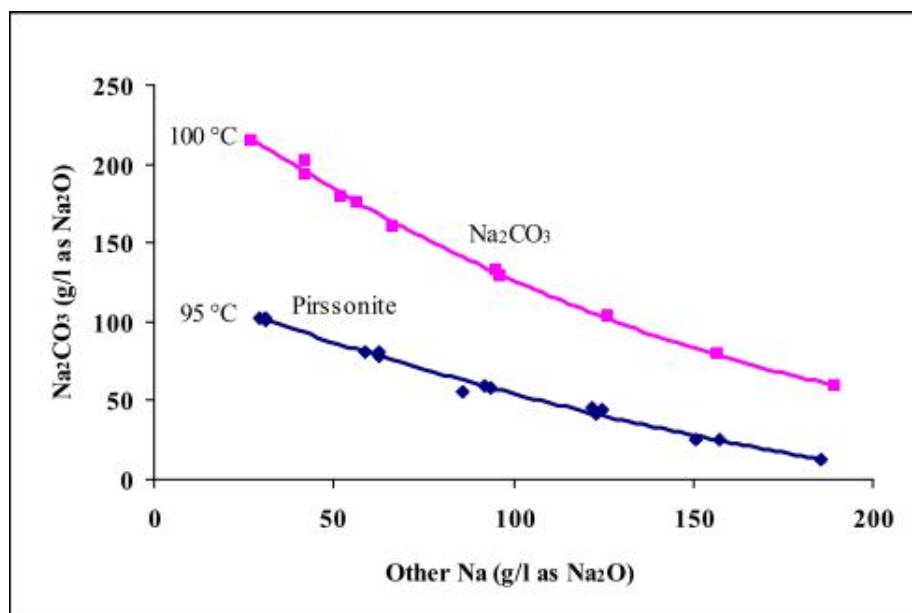


Figure 7-4. Literature values for the solubility limits of pirssonite at 95 °C and sodium carbonate at 100 °C. Note: Sodium carbonate has inverse solubility, so at 95 °C, sodium carbonate will be slightly more soluble than at 100 °C.

Once calcium in green liquor is consumed in the formation of pirssonite, the next salt will be sodium carbonate or burkeite depending on the $\text{CO}_3 : \text{SO}_4$ mole ratio of the smelt. The implication is that the driving force for salt dissolution will still be high even as the pirssonite solubility limit is approached, because the salt should continue to dissolve once all the calcium in the smelt/weak wash is consumed.

Tavoite:

This work would focus on the variables: temperature, salt composition, crystal size and agitation speed. The temperature and smelt composition will affect the solubility limits. Mill smelt will be crushed in a glovebox and sieved in a glove box and heated to 100 °C and then added to the mill weak wash which will be preheated to the desired dissolution temperature. Samples will be taken at regular time intervals to measure the dissolution. Different temperatures will result in different initial solubility limit driving forces.

This work will provide fundamental data to improve our understanding of dissolution in smelt dissolving tanks. This has implications for operation and design and safety. This data combined with ongoing research at the University of Toronto and for the AF&PA can also help understand what variables are crucial in understanding smelt dissolving tank explosions. The heat transfer away from molten smelt particles needs to be studied by modeling in a follow up project, but is sufficiently complicated because of the 3 phase flow that it would need to be accounted for.

Kustannukset:

The cost for this project is 18 800 € + VAT.

Päätös

Hallitus päätti jätetään tarjouksen odottamaan seuraavaa kokousta

7.3.2 LTR: Feeding and Combustion of Black Liquor Pellets, ÅA

Åbo Akademin tarjous liittyy mustalipeän pelletöintiin, LIITE 15.

Tavoite:

This project is designed to make a preliminary study of the feeding and combustion of black liquor pellets in a Kraft recovery boiler. The uniform distribution of fed particle size has interesting implications for the practical operation of a Kraft recovery boiler and could lead to better control of operational challenges such as carryover and emissions. The proposal is composed of two parts – CFD modeling of a Kraft recovery boiler firing pellets and laboratory work to support the CFD modeling. The CFD modeling will use an existing model, of a modern Kraft recovery boiler, modified for pellet feeding rather than black liquor spraying. The CFD model will give some preliminary information on how recovery boiler operation (for ex. air staging) will change with pellet firing. The two main parameters to be considered are pellet size and feeding location. Two pellet sizes and two feeding locations will be modeled.

The laboratory work will be a small part of the project to support the CFD modeling. The laboratory work will be done to determine the softening temperature of the pellets, the swelling and pyrolysis behavior and combustion times. Emissions will also be obtained. Pellets from both black liquor and black liquor mixed with 10% sawdust will be made in the lab and tested. The pellets with 10% sawdust will be tested for comparison to the behavior of pellets from black liquor only, but will not be considered in the CFD modeling in this project. The pellets will be pressed at ÅAU using dried black liquor and air dried sawdust. The pelletizing work will provide some initial feel for the pelletizing of dry black liquor. The laboratory work will be carried out in a single particle reactor which has been used to characterize both black liquor and pellet behavior during combustion at ÅAU.

Kustannukset:

The cost for this project will be 20 700 € + VAT.

Päätös:

Hallitus päätti jätetään tarjouksen odottamaan seuraavaa kokousta

7.3.3 LTR: Probe Study of Corrosion in the Economizers of a Kraft Recovery Boiler during Startup

Åbo Akademin tarjous liittyen ekonomaiserien korroosioon, LIITE 16.

Tavoite:

This proposal is for a probe study during the startup of the Kraft recovery boiler at the Botnia mill in Rauma. The probe will be put in the economizer section of the recovery boiler during the startup on oil. The air cooled probe will be kept at 90 °C. In addition to measuring corrosion, the concentration of SO₃ in the flue gas will be measured by a salt method refined at ÅAU. This is a follow-up to the probe study carried out in the economizer section of Rauma in 2012 during normal operation, during a wash and during oil firing following the wash. During these earlier studies, no significant corrosion was seen and no acid dewpoint was seen. The question was why none was seen during oil firing. In part this was presumably due

to the very high airto fuel ratio. During startup, the amount of oil fired would be higher and the airtofuel ratio would be more reasonable and thus higher levels of SO₃ are expected.

Kustannukset:

The cost for this project will be 11 000 € + VAT.

Päätös:

Hallitus päätti jätetään tarjouksen odottamaan seuraavaa kokousta

7.4 Projekti-ideat

7.4.1 LTR: Suolallisen mustalipeän kuivaaineen määrittäminen ja tuloksen ilmaisu

Projektiehdotuksen taustalla on tuhakierron lisääminen haihduttamolle. Kuivaamalla tehty tutkimus antaa entiseen verrattuna tuloksen jossa lisätty tuhkasuola on mukana kuivaainemäärässä. Refralla tehty (Tehdasmäärittäminen) kuivaainemäärittäminen puolestaan ei mittaa periaatteessa näytteessä olevaa liukenematonta suolaa.

Esimerkki tehtaalta: Muutimme haihduttamoa ja otimme suolakierron haihduttamolle vuosi sitten. Kuivaainetaso nostettiin polttolipeän refrassa, johon ei tehty muutoksia. n 70 %:sta 76 %:iin. Eli projekti meni täsmälleen suunnitellusti. Laboratorio saa nyt määrittäksessään kuivaaineen > 80 %. Samaan aikaisesti haihduttamon muutoksen kanssa ostimme kaksi uutta refraa. Ne molemmat näyttivät ennen viritystä polttolipeässä samaa kuin labramäärittäminen eli >80%, eli ne on alettu myös kalibroida valmistajan toimesta suolallisella lipeällä?

Kysymyksiä:

- On määriteltävä puhutaanko yleensä polttolipeän kohdalla suolallisen mustalipeän kuivaamalla määritetystä kuiva-aineesta, vai perinteisestä kuiva-aineesta, ja onko se määriteltävissä.

- Pitääkö tähän määrittelyyn hankkia refra ja miten se kalibroitaisiin, esim. onko liukenematon suola mahdollista erottaa näyteestä ennen määrittystä jne.
- Voidaanko Na ja K pitoisuutta käyttää hyväksi.

Onko tämä ihmettely itseasiassa täysin turha. Esim Laitetoimittajat myyvät mielellään haihduttamin jonka lähtötaso on 80 %, mutta entiseen verrattuna se on kuitenkin 75%.

Kuiva-aineesta puhuttaessa täytyy erottaa kolme asiaa:

- liuennut kiintoaine
- liukenematon kiintoaine
- kokonais kuiva-aine

Liuennutta kiintoainetta ei voi määrittää lipeästä jonka kuiva-aine on yli 50%.

Päätös:

Terminologia-selvitys olisi paikallaan, jotta puhutaan samasta asiasta. Kuka olisi tekijä?

7.4.2 YTR: Lipeäkierron tyyppi

Soodakattilan typpioksidipäästötaso riippuu mm. mustalipeän sisältämän, puuperäisen typen määrästä. Projekti selvittäisi, kuinka paljon puun mukana tulevan typen määrä vaihtelee (lehtipuu/havupuu) ja paljonko se vaihtelee puunkorjuualueen mukaan (turvepitoiset, typpirikkaat pohjoisen kasvumaat verrattuna typpiköyhät kasvumaat), ja miten se vaikuttaa mustalipeän typpipitoisuuteen ja sitä kautta soodakattilan NOx päästöön. Asiaa on sivunnut mm. ruotsalaisten NOx yhteenveto BAT prosessiin, mistä seuraava lainaus:

"A Swedish study from 1995 shows that hardwood contains ~370 g N/ m³ sub (solid volume excluding bark) and softwood contains ~225 g N/m³ sub {3}. For kraft pulp production the wood consumption is ~4 m³ sub of hardwood and ~5 m³ sub of softwood to produce one ton of pulp. The input to the kraft pulp mill will be ~1 480 g N/ADt for hardwood and ~1 120 g N/ADt for softwood. About 90-95 % of this nitrogen is solved in the digester and follows the black liquor to the recovery boiler. In the recovery boiler about 25 % of the nitrogen is transformed to NOx and the rest to N₂ {4}. This means that the NOx emissions are approximately 30 % higher from hardwood production than from softwood production.

In Sweden the hardwood accounts for about 15 % of the total raw material and in Finland for 40 % of the raw material under 2008/2009. The difference in use of hard- and softwood between Finland and Sweden can theoretically lead to approximately 7 % higher emissions of NOx from the recovery boilers."

Kommentit:

- Pohjoisen tehtaiden puunkorjuualueet enimmäkseen turvemailla, etelän tehtailla peltomailla
- Voisiko mustalipeä analyysistä tulkita jotain, MF tekee kaksi kertaa vuodessa kaikilta tehtailtaan.

Päätös:

Odotetaan YTR:n tarkempaa tarjousta projektista

7.4.3 YTR: Kustannustehokkain tapa siirtää ammoniakkia talteenottokierrosta jätevesilaitokselle

Tausta:

Projektissa "[Ammonia Formation and Recovery in a Kraft Pulp Mill and Fate of Biosludge Nitrogen](#)" todettiin että suurin osa talteenotettavasta ammoniakista on likaislauhteessa.

Ote raportista:

The ammonia found in the dirty condensates would represent 75% of this ammonia while the other 25% of this would be found in the vent gases from recausticizing. Since the ammonia in white liquor is ultimately found in the dirty condensates from pulping and evaporation, its flow from recausticizing is not included in the potential nitrogen recoverable from recausticizing. One challenge of recovering the NH₃ from the dirty condensates would be to separate it apart from the MeOH.

Tavoite:

Projektin tavoitteena on ammoniakin talteenotto lipeäkierrosta, tällä olisi vaikutusta sellutehtaan NO_x-päästöihin.

YTR on listannut kaksi vaihtoehtoista menetelmää ammoniakin poistamiseksi:

- Stripperin pH-säätö happamaksi, jolloin ammoniumtyppi ei pääse höyrystymään stripperin kaasuihin
- Stripperin kaasujen pesu happamalla liuoksella, jolloin ammoniakki saadaan pesuliuokseen ammoniummuodossa ja ei-haihtuvaksi

Stripperin pH-säätöön perustuva menetelmä on patentoitu ruotsalaisten keksijöiden toimesta.

<http://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO1999037853&recNum=1&maxRec=&office=&prevFilter=&sortOption=&queryString=&tab=PCT+Biblio>

Tilanne:

Sihteeri kysynyt tarjousta Pöyryltä selvitystä varten, tekijä kuitenkin ollut pitkällä sairaslomalla.

7.4.4 Ääninuohouksen mahdollisuudet soodakattilassa

Soodakattiloissa on 30 vuoden aikana kokeiltu ääninuohousta ratkaisemaan paikallisia tukkeentumisongelmia. Kokeilut eivät kuitenkaan ole johtaneet pysyviin ratkaisuihin soodakattiloiden nuohouksessa ja niistä ei ole tehty julkisia dokumentteja. Soodakattilan savukaasuihin muodostuva pöly on sittemmin muuttunut helpommin nuohottavaksi rikkidioksidin vähetessä savukaasuissa. Myös ääninuohouslaitteiden kehitys antaa aiheen suorittaa tutkimus ääninuohouksen soveltuvuudesta soodakattilaprosessin yhteyteen.

Tutkimuksen sisältö

Soodakattilan suolakerrostumien laatu ääninuohouksen kannalta:

- Kerrostumien fysikaalisten ominaisuuksien selvitys
- Kerrostumien irrottamisen vaatimat äänenpaineaset, puhdistettavan pinnan laatu nuohouksen kannalta.

- Äänen vaimentuminen kerrostumien aiheuttaman absorboitumisen takia

Nuohouksen tarvitseman akustisen energian muodostaminen ja johtaminen:

- saatavissa olevat kaupalliset laitteet

Soodakattilan rakenteet ääninuohouksen kannalta:

- Tila-akustiikka soodakattilarakenteissa
- Nuohouksen tehokas etäisyys äänilähteessä soodakattila rakenteissa
- Rakenteiden värähtelyt ja kestävyys
- Huomiot soodakattilan rakenteiden kehittämiseksi tehokkaan ääninuohouksen saamiseksi

Tilanne:

Nuohouslaitevalmistaja Nirafon on kiinnostunut osallistumaan projektiin.

Päätös:

Odotetaan KTR:ltä tarkempaa tarjousta projektista

7.4.5 KTR: Sularännit, käyttöongelmat ja soodasulan juoksevuus

Tavoitteena on selvittää ongelmien riippuvuus keiton alkalista ja sulfiditeetista, miten mustalipeän poltto-ominaisuudet muuttuu puu/alkalisuhteen muuttuessa. Puu/alkalisuhteella on myös merkitystä tehtaan taloudelle -> alkalisuhteen lasku lisää höyryntuotantoa soodakattilalta. Kokemuksen mukaan alle 35%-36% ja yli 45% sulfiditeetti aiheuttaa käyttöongelmia. Sulan koostumus riippuu keittokemikaalien annostelusta (jäännösalkali).

Lisäksi Esa Vakkilainen, LUT on ehdottanut projektia, jossa analysoidaisiin esimerkiksi kolmen kattilan sulavirrat.

- Soodakattilayhdistys on aikojen kuluessa tehnyt työtä sulavirtojen ja sulakourujen kanssa.
- Kuitenkaan sulavirran vaihtelusta ajan funktiona yksittäisen kourun läpi ja koko kattilasta ei ole tehty raporttia.

Päätös:

Odotetaan tarkempaa ehdotusta projektista

7.4.6 Lipeäkierron kemiallisten parametrien optimointi

Reijo Hukkanen lähetti projektiehdotuksen, LIITE 17.

Tausta:

Selluloosatehtaan ja myös erityisesti lipeäkierron optimointiin on olemassa laajoja tietokoneohjelmia. Näiden pääasiallisena käyttäjäkuntana ovat pääasiassa yliopistot ja tutkijat. Nämä ohjelmat sopivat huonosti käyttäjälähtöiseen lipeäkierron optimointiin juuri monipuolisuutensa vuoksi. Nämä ohjelmat ovat kuitenkin tämän projektin toteutuksessa ja tulosten tarkastelussa avainasemassa

Tavoite:

Projektin tavoitteena on lisätä helposti ymmärrettävää ja hyödynnettävää tietoa soodakattilan merkityksestä selluloosatehtaan lipeäkierron optimoinnin avuksi.



Tarkoituksena on parantaa selluloosatehtaan kokonaishyötysuhdetta. Lopullisena tavoitteena projektissa on tarkoitus luoda yksinkertainen esitys josta selviää helposti eri prosessimuuttujien vaikutukset selluloosatehtaan lipeäkiertoon.

Projektiehdotus on kolmiosainen.

Osa 1 Soodakattilan ja liuottajan merkitys ja vaikutukset lipeäkierron kemiallisessa optimoinnissa

Osa 2 Kaustisoinnin merkitys ja vaikutusmahdollisuudet lipeäkierron kemiallisessa optimoinnissa

Osa 3 Keittämön prosessiparametrien merkitys ja vaikutusmahdollisuudet lipeäkierron kemiallisessa optimoinnissa

Päätös:

Odotetaan KTR:n tarjoutua projektista, mahdollinen tekijä olisi Oulun Yliopisto.

8 MUUT ASIAT

8.1 Yhdistyksen kattilätietokannan kehittäminen

Yhdistyksen nettisivuilla on kattilätietokanta, jossa lueteltu kattilan rakennusvuosi, suunnittelupaine ja yhteyshenkilö. Hallitus päätti kehittää tietokantaa siten että sinne lisättäisiin enemmän tietoja mm. kattilamitat, pohjan pinta-ala, suurimmat muutokset

Kattilätietokanta:

<http://www.soodakattilayhdistys.fi/apps/soodakattilayhdistys/BoilerTb.nsf/ViewKattilaLista?OpenView>

Päätös:

Sihteeri tekee ehdotuksen mitä tietoja kattilätietokantaan voitaisiin lisätä.

9 SEURAAVA KOKOUS

Kokouksessa keskusteltiin mahdollisuudesta järjestää ennen seuraavaa hallituksen kokousta (edellisenä päivänä) tulevaisuusseminaari, johon kutsutaan henkilöitä eri tutkimusohjelmista, mm. FIBIC.

Alustavasti sovittiin, että tulevaisuusseminaari pidetään 3.2 ja hallituksen kokous 4.2. Sihteeri selvittää sopivaa kongressihotellia kokouksille ja lähettää lisätietoa.

Vakuudeksi

Timo-Pekka Veijonen

Markus Nieminen

LIITE 1
RAPORTTILIITTEIDEN YHTEENVETO

LIITE 3

ATR: Soodakattilan UPS järjestelmän ohje, Pöyry
– raportti 3.10.2013

LIITE 4

YTR/ATR: Hajukaasujen polttosuosituksen päivitys
– raportti 29.10.2013

LIITE 5

OTR: Soodakattilapäivä 2013, Sokos Hotel Vantaa 31.10.2013 - Palaute

LIITE 6

KTR: Aktiivihiihden mitoituksen varmistus ja optimointi sekä
TOC-reduktion varmistaminen, JP-analysis/Oulun Yliopisto –
loppuraportti 11.3.2013

LIITE 7

KTR: Soodakattilan materiaalit
– alustava raportti 14.11.2013

LIITE 8

KTR: TOC-mittaukset Metsä Fibre Kemi, JP-analysis
– raportti 30.8.2013

LIITE 9

YTR: POPE, Itä-Suomen Yliopisto
– loppuraportti 6.8.2013

LIITE 10

YTR: Soodakattilan ja meesauunin päästöhiukkasten
fysikaalis-kemialliset ja toksikologiset ominaisuudet,
Itä-Suomen Yliopisto - tutkimussuunnitelma

LIITE 11

YTR: Soodakattilan sähkösuodintuhkan hyötykäyttömahdollisuudet,
Oy Sirra Ab -alustava loppuraportti 25.11.2013

LIITE 12

LTR: Syöttövesipumppaus,
LUT – alustava raportti 10.11.2013

LIITE 3

YHTEENVETO

**ATR: Soodakattilan UPS järjestelmän ohje, Pöyry
– raportti 3.10.2013**



SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Suomen Soodakattilayhdistys ry.

**Ohje soodakattilalaitoksen
varmennetun jännitejakelun
periaatteeksi**

**Suomen Soodakattilayhdistystyksen
Automaatiotyöryhmä**

3.10.2013

(16A0913- E0145)

JOHDANTO

Selvityksen tarkoitus on suositella mahdollisimman varmaa UPS verkon rakennetta syöttämään soodakattilan varmennettuja kuormia. Dieselin osalta käsitellään dieselistä syötettäväksi suositeltavat kuormat. Ohjeen tekemisestä on vastannut Suomen Soodakattilayhdistyksen Automaatiotyöryhmä.

Ohje ei yritä pakottaa valmistajia ja käyttäjiä samanlaisiin laitteisiin ja ohjausratkaisuihin, vaan ohjeessa pyritään esittämään malliratkaisuja varmasta UPS verkon rakenteesta, suunnittelusta sekä varmennetusta verkosta syötettävistä kuormista. Lisäksi on annettu suosituksia laitevalintaan, testauksiin ja huoltoon liittyen. Selvityksen loppuun on kerätty kuvauksia tehtailla tapahtuneista UPS-jakelun häiriöistä.

Toteutusprojekteissa on huomioitava, että voimassa olevia lakeja, asetuksia sekä viranomaisten antamia määräyksiä ja ohjeita noudatetaan.

Yhdistys ei vastaa tämän ohjeen virheistä eikä näistä johtuvista mahdollisista ongelmista.

Käytetyt termit ja lyhenteet:

DCS	Prosessin ohjausjärjestelmä (Distributed Control System)
KLTK	Kattilalaitosten turvallisuuskomitea
TAJ	Turva-automaatiojärjestelmä
UPS	Katkoton jännitelähde (Uninterruptable power source)
VJV	Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset



SISÄLLYSLUETTELO

1	SÄHKÖKATKOKSEN VAIKUTUKSET SOODAKATTILAN TOIMINTAAN.....	4
2	VARMENNETUISTA VERKOISTA SYÖTETTÄVÄT KUORMAT	4
3	SUOSITELTAVAT UPS-VERKON RAKENTEET.....	5
4	UPS-VERKON SUUNNITTELUSSA HUOMIOON OTETTAVIA NÄKÖKOHTIA... 	9
4.1	Mitoitus.....	9
4.2	Kompaktikatkaisijoiden käyttö syötöissä	10
4.3	Kuormien jako UPS:n kesken.....	10
4.4	Maadoitus.....	10
4.5	Toiminta poikkeavalla taajuudella ja jännitteellä	11
4.6	Ylijännitesuojaus.....	11
5	UPS LAITEVALINNASSA HUOMIOITAVIA SEIKKOJA.....	12
5.1	UPS laitetoimittajan valinta	12
5.2	Akuston rakenne ja tekniset vaatimukset	12
5.3	Häiriösuojaus	12
6	SUOSITUKSIA TESTAUSKÄYTÄNNÖSTÄ JA KUNNOSSAPIDOSTA.....	13
6.1	Huolto	13
6.2	Testaaminen	13
6.3	Perehdytys ja dokumentointi.....	14
7	ESIMERKKEJÄ TAPAHTUNEISTA UPS-JÄNNITTEENJAKELUN HÄIRIÖISTÄ	15
7.1	Esimerkki 1	15
7.2	Esimerkki 2	16
8	LÄHTEET	17

LIITTEET:

Liite 1	Varmennetuista verkoista syötettävät kuormat
Liite 2	Suosittelavan UPS-verkon periaatekuva – kaksi UPS:a ja kaksi erillistä jännitteenjakoa
Liite 3	Toiminta poikkeavalla taajuudella ja jännitteellä
Liite 4	UPS-verkkovaihtoehtojen kaaviot

LIITE 4
YHTEENVETO
YTR/ATR: Hajukaasujen polttosuosituksen päivitys
– raportti 29.10.2013



SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Suomen Soodakattilayhdistys ry

Hajukaasujen polttosuositus

30.5.2002

16.12.2005, rev A.

29.10.2013, rev B.

Suositus 1



ESIPUHE

Tämä Soodakattilayhdistyksen suositus on toinen päivitetty versio 30.5.2002 ilmestyneestä suosituksesta. Suositus on päivitetty viime vuosina toteutettujen sellutehdasprojektien kokemusten perusteella. Päivitystyö aloitettiin loppuvuonna 2010 ja saatiin päätökseen keväällä 2013.

Tämän revisio B tekemisestä on vastannut Soodakattilayhdistyksen perustama työryhmä jäseninään Marja Heinola ja Risto Honkanen Andritz Oy, Kari Haaga ja Tuomo Hilli Metso Power Oy, Ismo Tapalinen UPM-Kymmene Kaukaan tehdas, Lauri Mattila UPM-Kymmene Oyj Pietarsaaren tehdas, Raine Rantanen UPM-Kymmene Kymin tehdas, Esa Vakkilainen Lappeenrannan teknillinen yliopisto sekä sihteerinä Markus Nieminen Pöyry Finland Oy.

Revisio A tekemisestä on vastannut Suomen Soodakattilayhdistyksen Ympäristötyöryhmä puheenjohtajanaan Pekka Posti Oy Metsä-Botnia Ab, Sihteerinä Jens Kohlmann Jaakko Pöyry Oy ja jäseninään Hanna Anttila Andritz Oy, Jouni Hiltunen Stora Enso Fine Paper Oy, Mikko Anttila Kvaerner Power Oy, Kari Parviainen Teknillinen korkeakoulu, Harri Jussila UPM-Kymmene Oyj, Kymi, Jorma Torniaisen Oy Keskuslaboratorio-Centrallaboratorium AB ja Juha Tolvanen Alstom Power Finland Oy sekä asiantuntijana Esa Vakkilainen Jaakko Pöyry Oy.

Alkuperäisen suosituksen tekemisestä vastasi Suomen Soodakattilayhdistyksen Ympäristötyöryhmä puheenjohtajanaan Pekka Posti Oy Metsä-Botnia Ab, Sihteerinä Sebastian Kankkonen Jaakko Pöyry Oy ja jäseninään Aimo Hakkarainen Andritz-Ahlstrom Oy, Jouni Hiltunen Stora Enso Fine Paper Oy, Markku Isoniemi Kvaerner Pulping Oy, Kari Parviainen Jaakko Pöyry Oy, Matti Tikka Kymi Paper Oy, Esko Talka Oy Keskuslaboratorio-Centrallaboratorium AB ja Juha Tolvanen Alstom Power Finland Oy sekä asiantuntijana Esa Vakkilainen Jaakko Pöyry Oy.

Työryhmä kiittää Reijo Hukkasta Stora Enso Oy ahkerasta ja asiantuntevasta kommentoinnista.



Tämä suositus ei yritä yhtenäistää hajukaasujärjestelmien rakennetta tai pakottaa käyttäjiä tai valmistajia samanlaisiin laitteisiin tai prosessiratkaisuihin. Suosituksessa esitetään perustietoutta, jota voidaan käyttää suunnittelun, valmistuksen ja käytön apuna.

Tarkoituksena on kehittää suositusta edelleen ja tästä syystä mahdolliset huomiot virheistä, parannusehdotuksista ja kokemuksista pyydetään lähettämään Soodakattilayhdistyksen sihteeristölle. Yhteystiedot löytyvät yhdistyksen kotisivuilta: <http://www.soodakattilayhdistys.fi>

Yhdistys ei vastaa tämän suosituksen virheistä eikä tästä johtuvista mahdollisista ongelmista. Mahdollinen päivitetty versio on jäsenten löydettävissä yhdistyksen kotisivuilta tai saatavissa sihteeristöstä.

Suomen Soodakattilayhdistys ry



SISÄLLYS

1	YLEISTÄ	1
2	MÄÄRITELMIÄ JA LYHENTEITÄ	3
2.1	VÄKEVÄT HAJUKAASUT	3
2.2	LAIMEAT HAJUKAASUT	4
2.3	LIUOTINSÄILIÖN JA SEKOITUSSÄILIÖN HÖNGÄT	5
2.4	MÄÄRITELMIÄ	5
2.5	LYHENTEITÄ	6
2.6	RÄJÄHDYSRAJOJEN LASKENTAKAAVOJA	6
2.7	RIKKIVETY	8
2.8	METYYLIMERKAPTAANI	8
2.9	DIMETYYLISULFIDI / DIMETYYLIDISULFIDI	8
2.10	METANOLI	8
2.11	TÄRPÄTTI	9
3	VAIKUTUKSET SOODAKATTILAN PÄÄSTÖIHIN	10
3.1	VAIKUTUKSET SOODAKATTILAN RIKKIPÄÄSTÖIHIN	10
3.2	VAIKUTUKSET SOODAKATTILAN NO _x -PÄÄSTÖIHIN	10
3.2.1	LAIMEIDEN HAJUKAASUJEN VAIKUTUS	10
3.2.2	LIUOTINHÖNGÄN VAIKUTUS	11
3.2.3	VÄKEVIEN HAJUKAASUJEN VAIKUTUS	11
3.2.4	METANOLIN VAIKUTUS	12
3.3	VAIKUTUKSET SOODAKATTILAN TRS-PÄÄSTÖIHIN	12
3.4	VAIKUTUKSET SOODAKATTILAN TUKKEENTUMISEEN	12
3.5	VAIKUTUKSET SOODAKATTILAN MUUHUN TOIMINTAAN	13
4	HAJUKAASUJÄRJESTELMIEN RISKIT JA KORROOSIO	14
4.1	HAJUKAASUJEN KARKAAMINEN TYÖSKENTELYTILAAN	14
4.1.1	TUULETUS/HÖYRYTYS	15
4.1.2	HAJU	15
4.1.3	SUOJAUTUMINEN	15
4.2	LAUHTEN POISTO-ONGELMAT	15
4.2.1	VESILUKON KUIVUMINEN	16
4.2.2	VESILUKON TUKKEUTUMINEN	16
4.2.3	VESITYSTASKUN TÄYTTÄMINEN	16
4.3	RÄJÄHDYSVAARAT HAJUKAASULINJOISSA	16
4.3.1	ALAS- JA YLÖSAJOTILANTEET	17
4.3.2	TULENKÄSITTELY- JA TUPAKOINTIKIELTO	17
4.4	KAASURÄJÄHDYS KATTILASSA	17
4.5	SULAVESIRÄJÄHDYS KATTILASSA	17
4.6	KORROOSIO-ONGELMAT	18
4.7	KIPINÖINTI/STAATTINEN SÄHKÖ	18
5	LAIMEIDEN HAJUKAASUJEN JÄRJESTELMÄT SOODAKATTILALLA	19



5.1	KOOSTUMUS JA MÄÄRÄ.....	19
5.2	JÄÄHDYTYKSI/LÄMMITYS	21
5.3	LAIMEIDEN HAJUKAASUJEN POLTON LOGIIKKA.....	21
5.3.1	LAIMEIDEN HAJUKAASUJEN SYÖTÖN EDELLYTYKSET	22
5.3.2	LAIMEIDEN HAJUKAASUJEN SYÖTÖN KESKEYTYS	23
5.4	PUHALLIN.....	23
5.5	VARASILMAYHDE	23
5.6	KANAVAT	24
5.6.1	VIRTAUS	24
5.6.2	POTENTIAALITASAUS.....	24
5.7	LAUHTENPOISTO	24
5.7.1	LAUHTENPOISTOLINJOJEN KOKO	24
5.7.2	KANAVIEN KALLISTUS JA LAUHTENPOISTOYHTEITTEN SIIJOITUS	24
5.7.3	VESILUKOT	25
5.8	PESURIT / LAUHDUTTIIET.....	25
5.9	VENTTIILIT/PELLIT	25
5.10	OHITUS.....	26
5.11	PISARANEROTIN	26
5.12	LIEKINESTIN.....	27
5.13	ALIPAINESUOJA.....	27
5.14	YLIPAINESUOJA.....	27
5.14.1	RÄJÄHDYSLEVY/ MURTOKALVOT.....	27
5.15	PITOISUUSMITTAUS	27
6	LIUOTTIIEN HÖNGÄN KÄSITTELYJÄRJESTELMÄT SOODAKATTILALLA	
	28	
6.1	KOOSTUMUS JA MÄÄRÄ.....	28
6.2	SEKOITUSSÄILIÖN HÖNGÄT	29
6.3	JÄÄHDYTYKSI/LÄMMITYS.....	29
6.4	LIUOTTIIEN HÖNKIEN POLTON LOGIIKKA.....	29
6.4.1	LIUOTTIIEN HÖNKIEN SYÖTÖN EDELLYTYKSET.....	30
6.4.2	LIUOTTIIEN HÖNKIEN SYÖTÖN KESKEYTYS	30
6.5	PUHALLIN.....	31
6.6	KANAVAT	31
6.6.1	VIRTAUS	31
6.6.2	POTENTIAALINTASAUS	31
6.7	LAUHTENPOISTO	31
6.7.1	LAUHTENPOISTOLINJOJEN KOKO	31
6.7.2	KANAVIEN KALLISTUS JA LAUHTENPOISTOYHTEITTEN SIIJOITUS	31
6.7.3	VESILUKOT	32
6.8	PESURI.....	32
6.9	VENTTIILIT/PELLIT	33
6.10	OHITUS.....	33
6.11	PISARANEROTIN	33
6.12	LIEKINESTIN.....	33
6.13	YLIPAINESUOJA.....	33
6.13.1	RÄJÄHDYSLEVY	33
6.14	PITOISUUSMITTAUS	33



7	VÄKEVIEN KAASUJEN POLTTO SOODAKATTILALLA.....	34
7.1	KOOSTUMUS JA MÄÄRÄ.....	34
7.2	VÄKEVIEN KAASUJEN POLTON LOGIIKKA.....	36
7.2.1	VÄKEVIEN KAASUJEN POLTTIMEN KÄYNNISTYKSEN EDELLYTYKSET	36
7.2.2	KAPASITEETTIRAJOITUS.....	37
7.2.3	VÄKEVIEN KAASUJEN POLTON KESKEYTTÄMINEN.....	38
7.2.4	POLTIN JA TUKILIEKIN KÄYTTÖ	38
7.3	PUTKISTO	40
7.3.1	PUTKISTON HÖYRYTYS	40
7.3.2	PUTKISTON PAINEMITTAUKSET	41
7.3.3	POTENTIAALITASAU.....	41
7.4	LAUHTENPOISTO	41
7.4.1	LAUHTENPOISTOLINJOJEN KOKO	41
7.4.2	PUTKIEN KALLISTUKSET JA LAUHTENPOISTOYHTEIDEN SJOITUS	41
7.4.3	VESILUKOT	42
7.5	VENTTIILIT.....	42
7.5.1	SULKUVENTTIILIT	43
7.6	VÄKEVIEN KAASUJEN SIIRTO.....	43
7.7	PAINEENPITOHÖYRY	43
7.8	JÄÄHDYTYKSEN/LÄMMITYS	43
7.9	POLTTIMEN SÄHKÖISTYS JA AUTOMATIikka	44
7.10	LIEKINESTIN.....	44
7.10.1	LIEKINESTIMEN PESU.....	44
7.10.2	LIEKINESTIMEN PAINEMITTAUS.....	44
7.11	VAIHTOEHTOINEN PAIKKA.....	44
7.11.1	VENTTIILIT	44
7.11.2	HÖYRYTYS.....	44
7.11.3	SOIHDUN SJOITUS	45
7.12	ALIPAINESUOJA.....	45
7.13	YLIPAINESUOJA.....	45
7.13.1	RÄJÄHDYSLEVYT /MURTOKALVOT	45
7.14	PITOISUUSMITTAUS	45
8	METANOLIN / TÄRPÄTIN POLTTO SOODAKATTILALLA.....	47
8.1	METANOLIN/TÄRPÄTIN POLTON LOGIIKKA	48
8.1.1	METANOLI- JA TÄRPÄTIPOLTTIMEN KÄYNNISTYKSEN EDELLYTYKSET	49
8.1.2	METANOLIN JA TÄRPÄTIN POLTON KESKEYTTÄVÄT TAPAHTUMAT.....	49
8.2	POLTTIMEN SÄHKÖISTYS JA AUTOMATIikka	50
8.3	VENTTIILIT.....	50
8.3.1	PIKASULKUVENTTIILIT	50
9	TOIMINTA ERIKOISTILANTEISSA.....	51
9.1	TOIMINTA HÄIRIÖN YHTEYDESSÄ.....	51
9.2	TOIMINTA ALASAJON YHTEYDESSÄ	51
9.3	TOIMINTA YLÖSAJON YHTEYDESSÄ.....	51
9.4	TOIMINTA SEISOKIN AIKANA	52



9.4.1	OHJEITA HAJUKAASUJÄRJESTELMÄN VALMISTELEMISEKSI SEISOKKI- TAI HUOLTOTÖITÄ VARTEN	52
9.4.2	OHJEITA SEISOKIN AIKAIISIIN KUNNOSSAPIDON TÖIHIN	53
9.5	TOIMINTA HÄIRIÖIDEN YHTEYDESSÄ	53
10	ERIKOISOHJEET HAJUKAASULINJOJEN SUUNNITTELUSSA	54
10.1	LUOKITTELU	54
10.2	KYLTIT	54
10.3	LAUHTENPOISTO	55
10.4	KANAVA/PUTKISTOMATERIAALI	55
10.5	KANAVIEN ERISTYKSET	55
10.6	PUTKIEN/KANAVIEN KALLISTUKSET	55
10.7	VENTTIILIT/PELLIT	56
10.8	LAIPAT, YHTEET	56
10.9	PUHALTIMET	56
10.10	EJEKTORIT / NESTERENGASKOMPRESSORI	56
10.11	KANAVAMITOITUS	57
10.12	LIEKINESTIMEN SJOITUS	57
10.13	RÄJÄHDYSLEVYJEN /MURTOKALVOJEN SJOITUS	57
10.14	OHITUKSEN SJOITUS	57
10.15	TILALUOKITUKSET	58
10.16	VALMISTUSLUVAT	58
11	SUUNNITTELUUN JA KÄYTTÖÖN VAIKUTTAVAT MUUT OHJEET JA MÄÄRÄYKSET	60
11.1	SUOMEN LAINSÄÄDÄNTÖ	60
11.1.1	POIKKEAMATARKASTELU (HAZOP)	60
11.1.2	PUTKISTOJEN LUOKITTELU	60
11.1.3	RÄJÄHDYSVAARALLISTEN TILOJEN LUOKITTELU (ATEX)	61
11.2	EUROOPPALAISET STANDARDIT	61
11.3	OLEMASSA OLEVAT OHJEET	62
11.3.1	SODAHUSKOMMITTÉN	62
11.3.2	BLRBAC	62
12	POIKKEAMAT MUIDEN OHJEIDEN KÄYTÄNTÖÖN	63
12.1	POIKKEAMAT BLRBACn OHJEISIIN	63
13	ESIMERKKEJÄ VAURIOISTA	64
13.1	ESIMERKKI 1:	64
13.2	ESIMERKKI 2: UPM-KYMMENE, PIETARSAARI, 28.12.2008	65
13.3	ESIMERKKI 3: OY METSÄ-BOTNIA AB, RAUMA, 2.1.2007	66
13.4	ESIMERKKI 4:	67
13.5	ESIMERKKI 5: SUNILA OY, KOTKA, 19.10.2004	68
13.6	ESIMERKKI 6: OY METSÄ-BOTNIA AB, JOUTSENO, 1.4.2004	70
13.7	ESIMERKKI 7: OY METSÄ-BOTNIA AB, KEMIN TEHTAAN VAURIO 29.12.1998	71
13.8	ESIMERKKI 8: KLABININ TAPAUS BRASILIASSA 10.10.1998	71



13.9	ESIMERKKI 9: VARKAUDEN TAPAUS 1980-LUVULLA	72
14	LOPPUSANAT	73
15	KIRJALLISUUSVIITTEITÄ.....	74

LIITTEET:

Liite I	Esimerkkilaskelma
Liite II	Alfa-pineenin tasapainokäyrä
Liite III	Metanolin tasapainokäyrä

LIITE 5
YHTEENVETO
OTR: Soodakattilapäivä 2013,
Sokos Hotel Vantaa 31.10.2013 - Palaute



Soodakattilapäivä 31.10.2013

Palaute



Palaute

- *Ilmoittautuneita*
 - 94
- *Palautettuja lomakkeita yhteensä*
 - 48 kpl
- *Vastausprosentti 51 %*

Kuinka arvioisit luennoitsijaa ja esityksen sisältöä?

Kurt Sirén, Sähkösuodintuhkan hyötykäyttömahdollisuudet	3,6
Risto Ikäheimo, Online recovery boiler reduction degree	3,8
Lauri Reiman, Soodakattilan hyötysuhde	4,0
Danny Tandra, Latest advancement in recovery boiler intelligent sootblowing technology for improved safety, energy efficiency, and cost reduction	3,7
Jani Vuorinen, Uudet vesikemian ohjeavrot ja käytäntö	3,8
Paterson McKeough, Lignin recovery - Andritz's evaluations and development work	3,8
Markus Nieminen, Suomen, Pohjois-Amerikan ja Brasilian soodakattilayhdistyksien kuulumiset	3,4
Peter Andersson, Sodahuskommittén – Ruotsalais-norjalainen soodakattilakomitea vuosikatsaus 2012	3,3
Viljami Maakala, opinnäytetyöpalkinnon esittely: "Multi-Objective Optimization of Recovery Boiler Dimensions Using Computational Fluid Dynamics"	4,2

Mielipiteesi tilaisuuden muista järjestelyistä

	Keskiarvo
Salijärjestelyt (pöytäjärjestys, kuuluvuus, näkyvyys)	4,3
Ilmoittautumis- ja vastaanottopalvelut	4,5
Tilat	4,1
Tarjoilut	4,2
Yleisvaikutelma tilaisuudesta	4,3



Toivottuja luentoaiheita

- Edelleen vesikemiaa, uudet tutkimukset (Jani Vuorinen)
- Vesikemia osa 2.
- Laitosten viritys
- Eri maiden komiteoiden yhteistyö
- Simulaattorit
- Tehtaiden omia kokemuksia
- Hajukaasusuosituksen päivitykset
- Energiatehokkuus-direktiivin vaikutus
- Soodakattilan kemia (Hupa)
- Tuhkan ominaisuudet
- Hajukaasujen poltto



Muuta palautetta

- Pukukoodit eri tilaisuuksiin mukaan kutsuun
- Mielenkiintoista asiaa ja hyvin järjestetty
- Aula/kahvitila hieman ahdas näinkin isolle joukolle, tästä pieni miinus, muutoin erinomainen päivä

LIITE 6

YHTEENVETO

**KTR: Aktiivihiihden mitoituksen varmistus ja optimointi sekä
TOC-reduktion varmistaminen, JP-analysis/Oulun Yliopisto –
loppuraportti 11.3.2013**

Loppuraportti

Aktiivihiihen mitoituksen varmistus ja optimointi sekä TOC-reduktion varmistaminen

1 TAUSTAA

Soodakattilayhdistyksen SKYREC-projektissa on tutkittu aktiivihiihen käyttöä soodakattilalaitoksen lisäveden orgaanisen aineen poistossa vuosina 2009 – 2013. Aiheesta on valmistunut pro gradu – työ, raportti jatkotutkimushankkeen tuloksista ja tieteellinen julkaisu. Tutkimuksissa on osoitettu, että aktiivihiihisiuodatus alentaa jopa 60 - 70 % lisäveden orgaanisen hiilen (TOC) pitoisuutta. Kokeet on toteutettu laboratorio-, pilot- ja tehdasmittakaavassa. Kevään 2012 aikana on selvitetty otsonointi- ja vetyperoksidihapetusten vaikutusta TOC:n reduktioon. Selvitetty katalysoinnin vaikutuksia aktiivihiihen toimivuuteen. Lisäksi lyhyt koe aktiivihiihen ja sekavaihtimen toimivuudesta toisiinsa sekoitettuna. Talven 2012 – 2013 aikana on tutkittu aktiivihiihisiuodattimien mitoitusta nostamalla virtaussuhdetta alhaisista arvoista realistisiin arvoihin. Lisäksi on vertailtu eri TOC-mittalaitteiden välisiä eroja TOC-reduktion varmistamiseksi.

2 TOTEUTUS

Aktiivihiihen mitoituksen optimointi toteutettiin olemassa olevilla suodatin kolonneilla. Kolonneja on kahta eri mallia. Käytettyjen kolonnien ja aktiivihiihisiuodattimeksi kaavaillun suodattimen (Heikkoanioni) speksit ja käytetyt virtaussuhteet on taulukossa 2-1. Kokeissa virtaussuhde aloitettiin alhaisista arvoista ja yhden hiilisuodattimen (AC3) virtaussuhde nostettiin vaiheittain realistiseen arvoon, joka vastaa virtaussuhdetta käytettäessä heikkoanionivaihtimen suodatinta aktiivihiihisiuodatuksena (n. 30 BV/h). Aktiivihiihisiuodattimien AC1 ja AC2 virtaussuhteet pidettiin vakioina. TOC-reduktiot määritettiin TEKMAR Phoenix 3000 analysaattorilla (JP-analysis-yrityksen laite). Lisäksi tuloksia vertailtiin aikaisemmissa tutkimuksissa käytettyyn TOC-laitteistoon (Oulun yliopiston laite). Johtokykyä seurattiin jokaisen aktiivihiihisiuodattimen jälkeen reaaliaikaisella mittauksella.

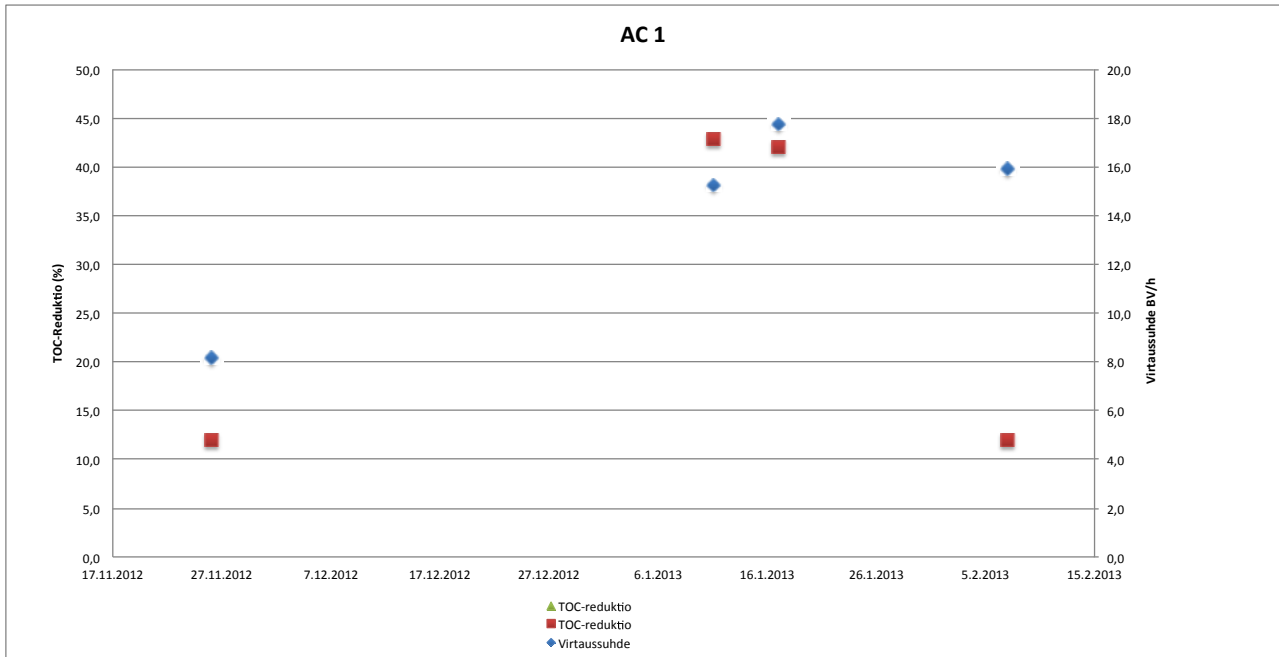
TAULUKKO 2-1. Käytettyjen aktiivihilisuodattimien ja vertailusuodattimen (heikkoanioninvaihdin) speksit ja mitoituskokeissa käytettyjen virtaamat ja virtaussuhdearvot

mitoitusvirtaama		Heikkoanioni 55 l/s	AC1 2 l/min	AC2 kaksi	AC 3 pienätarometriä
Vesivirtaus		198 m ³ / h	0,124	0,031	0,028 m ³ /h
Massa tilavuus		6 m ³	0,015	0,005	0,005 m ³
Virtaussuhde	5_40	33 BV / h	8,180	6,565	5,866 BV / h
Suodattimen halkaisija		2,4 m ³ / h	0,220	0,110	0,110 m ³ / h
Suodattimen pintaala		4,5 m ²	0,0380	0,0095	0,0095 m ²
Suodatus nopeus	10_50	0,0 m/h	3,272	3,282	2,933 m/h
Massapetin paksuus	>700	1327 mm	400	500	500 mm
Virtaukset tarkistettu 18.12.2012			0,12076087	0,03117647	0,02785714 m ³ /h
Vesimäärät lisätty 19.12.2012			4 l/min	2+1 rotametri	
Vesivirtaus		198 m ³ / h	0,232	0,051	0,051 m ³ /h
Massa tilavuus		6 m ³	0,015	0,005	0,005 m ³
Virtaussuhde	5_40	33 BV / h	15,266	10,829	10,829 BV / h
Suodattimen halkaisija		2,4 m ³ / h	0,220	0,110	0,110 m ³ / h
Suodattimen pintaala		4,5 m ²	0,0380	0,0095	0,0095 m ²
Suodatus nopeus	10_50	0,0 m/h	6,106	5,414	5,414 m/h
Massapetin paksuus	>700	1327 mm	400	500	500 mm
28.12.2012 klo 10:00 AC2 vesimäärä pudotettu alkuperäiseen (2 pientä rotametriä)					
		198 m ³ / h	0,232	0,031	0,051 m ³ /h
			15,2655682	6,56450399	10,8287775 BV/h
14.01.2012 klo 13:00		AC1 ja AC3 vesimäärä lisätty 2 pientä ja kaksi isoa rotametri			
Vesivirtaus		198 m ³ / h	0,270	0,031	0,079 m ³ /h
Massa tilavuus		6 m ³	0,015	0,005	0,005 m ³
Virtaussuhde	5_40	33 BV / h	17,766	6,565	16,694 BV / h
Suodattimen halkaisija		2,4 m ³ / h	0,220	0,110	0,110 m ³ / h
Suodattimen pintaala		4,5 m ²	0,0380	0,0095	0,0095 m ²
Suodatus nopeus	10_50	#VIITTAUS! m/h	7,106	3,282	8,347 m/h
Massapetin paksuus	>700	1327 mm	400	500	500 mm
31.1.2013 AC3 tarkistettu klo 14:30					
Vesivirtaus		198 m ³ / h	0,233	0,02386364	0,080 m ³ /h
Massa tilavuus		6 m ³	0,015	0,005	0,005 m ³
Virtaussuhde Petivilavuus/h	5_40	33 BV / h	15,298	5,025	16,780 BV / h
Suodattimen halkaisija		2,4 m ³ / h	0,220	0,110	0,110 m ³ / h
Suodattimen pintaala		4,5 m ²	0,0380	0,0095	0,0095 m ²
Suodatus nopeus	10_50	0,0 m/h	6,119	2,512	8,390 m/h
Massapetin paksuus	>700	1327 mm	400	500	500 mm
04.2.2013 AC3 Lisätty AC3					
Vesivirtaus		198 m ³ / h	0,243	0,0225	0,130 m ³ /h
Massa tilavuus		6 m ³	0,015	0,005	0,005 m ³
Virtaussuhde Petivilavuus/h	5_40	33 BV / h	15,956	4,738	27,373 BV / h
Suodattimen halkaisija		2,4 m ³ / h	0,220	0,110	0,110 m ³ / h
Suodattimen pintaala		4,5 m ²	0,0380	0,0095	0,0095 m ²
Suodatus nopeus	10_50	0,0 m/h	6,383	2,369	13,686 m/h
Massapetin paksuus	>700	1327 mm	400	500	500 mm
Tarkistus 1.03.					
Vesivirtaus		198 m ³ / h		0,0255	0,114 m ³ /h
Massa tilavuus		6 m ³		0,005	0,005 m ³
Virtaussuhde	5_40	33 BV / h		5,369	24,004 BV / h
Suodattimen halkaisija		2,4 m ³ / h		0,110	0,110 m ³ / h
Suodattimen pintaala		4,5 m ²		0,0095	0,0095 m ²
Suodatus nopeus	10_50	0,0 m/h		2,685	12,002 m/h
Massapetin paksuus	>700	1327 mm		500	500 mm

3 TULOKSET

3.1 Aktiivihiili AC1:

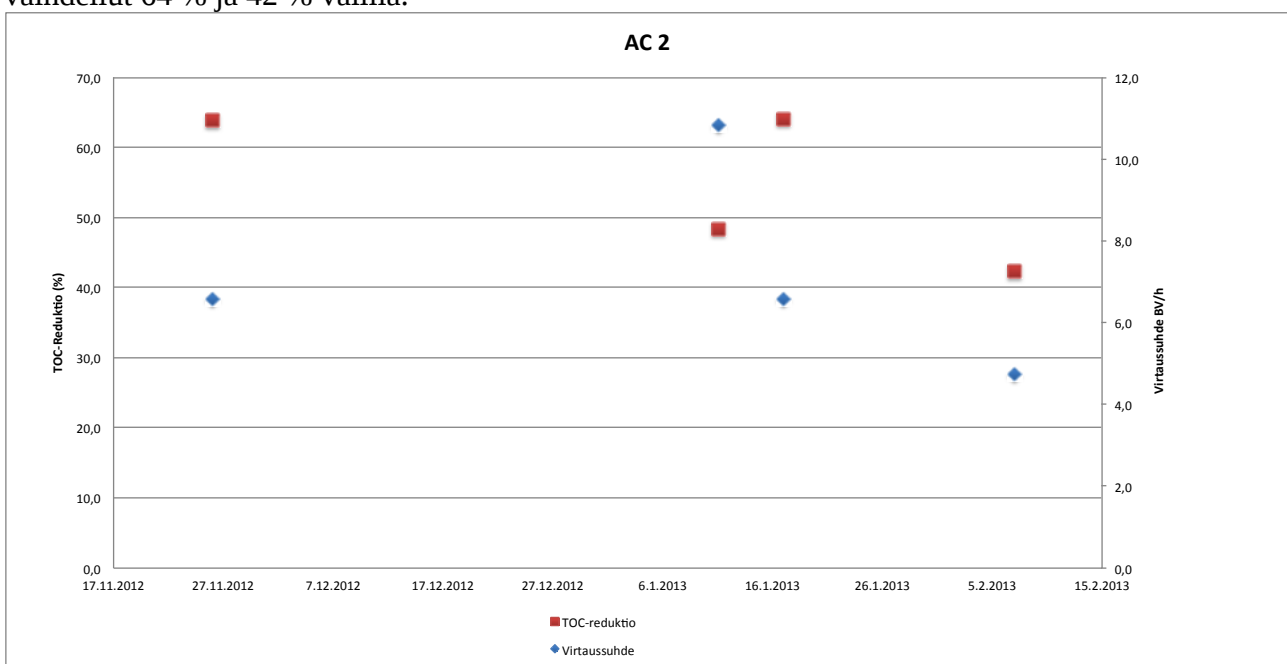
Kuvassa 3-1 näkyy aktiivihiilisuodatin AC1:n TOC-reduktiot virtaussuhteen ja ajan funktiona. Aktiivihiili AC1 ja sekavaihdin MB1 oli kytketty aluksi väärin. Tämä on aiheuttanut alhaisen TOC-reduktion 26.11.2012. TOC-reduktio on ollut 11.1 ja 17.1 n. 42 % ja romahtanut 7.2.13 mitatuissa näytteissä, jolloin TOC-reduktio on ollut 12 %. Romahdus johtuu AC1:n hiilipatjan karkaamisesta näytteenottopisteeseen. Tämä on havaittu johtokykymittausputken mustumisena.



KUVA 3-1. Aktiivihiilen AC1:n TOC-reduktiot virtaussuhteen ja ajan funktiona.

3.2 Aktiivihiili AC2:

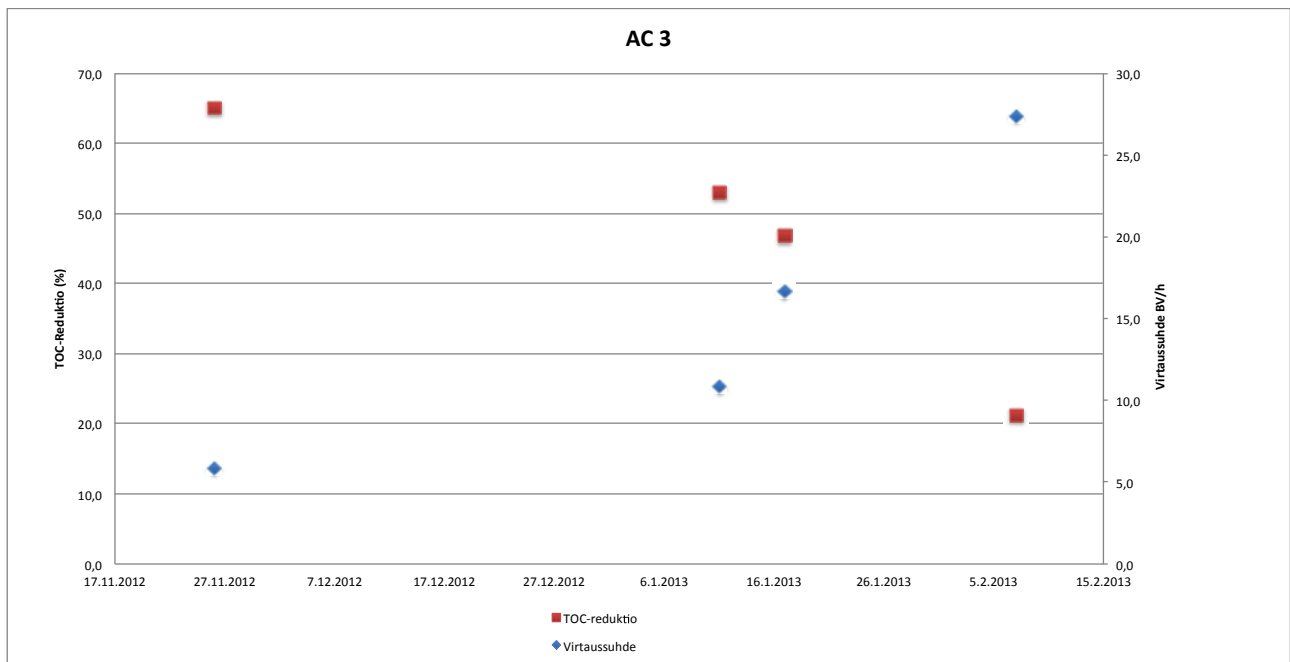
Kuvassa 3-2 on esitetty AC2:n TOC-reduktiot virtaussuhteen ja ajan funktiona. TOC-reduktio on vaihdellut 64 % ja 42 % välillä.



KUVA 3-2. Aktiivihiilen AC2:n TOC-reduktiot virtaussuhteen ja ajan funktiona.

3.3 Akviivihili AC3:

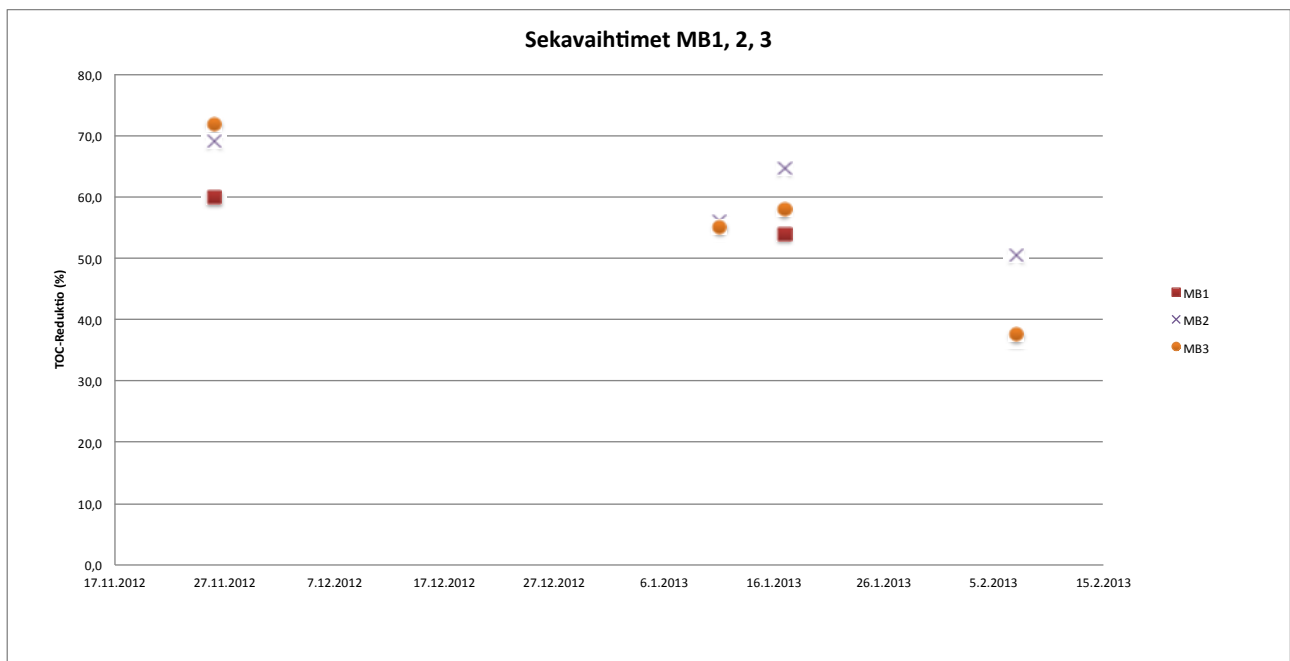
Kuvassa 3-3 on esitettyä aktiivihilisuodatin AC3:n TOC-reduktiot virtaussuhteen ja ajan funktiona. TOC-reduktio on vähentynyt virtaussuhteen ja ajan funktiona.



KUVA 3-3. Aktiivihillen AC3:n TOC-reduktiot virtaussuhteen ja ajan funktiona.

3.4 Sekavaihtimet MB1, MB2 ja MB3:

Kuvassa 4 on esitettyä sekavaihtimien MB1, MB2 ja MB3 TOC-reduktiot virtaussuhteen ja ajan funktiona. TOC-reduktio on vähentynyt ajan / virtaussuhteen funktiona.



KUVA 3-4. Sekavaihtimien MB1, MB2 ja MB3 TOC-reduktiot virtaussuhteen ja ajan funktiona.

3.5 TOC-mittausten vertailu

Tutkimuksessa vertailtiin kahden TOC-analysaattorin antamia tuloksia tutkimuksen vesillä. Toinen TOC analysaattoreista oli aikaisemmissa tutkimuksissa käytetty Sievers 900 Portable TOC Analyzer (yliopiston laite) ja toinen JP-analysis-yrityksen Tekmar Pheonix 8000 TOC analyzer. Tekmar laitteisto on suunniteltu alhaisten TOC-pitoisuuksien määrittämiseen.

Taulukossa 2-2 on vertailtuna edellä mainittujen laitteiden tuloksia. Vertailusta huomataan että Tekmarin laite antaa huomattavasti alhaisempia TOC-pitoisuuksia.

Taulukko 3-1. TOC-analysaattorien pitoisuuksien vertailu

Analysaattori	Päivä	Pitoisuus	AC1	AC2	AC 3	MB1	MB2	MB3	TSP	Höyry
Sievers	26.11.2012	ppb	300	250	258	163	158	154	298	
Tekmar	26.11.2012	ppb	184	75	74	84	64	58	209	116
Sievers	11.1.2013	ppb	268	260	258	264	258	244	270	
Tekmar	11.1.2013	ppb	113	102	93	90	87	89	198	124

4 YHTEENVETO

Tulokset osoittavat, että aktiivihielet poistavat orgaanista hiiltä tehokkaasti TSP-vedestä. Virtaussuhteen kasvu vaikuttaa alentavasti TOC-reduktioon. Aktiivihielessä AC 3 virtaussuhde (n. 30 BV/h) oli lähimpänä käytäntöä. Tällöin TOC-reduktio oli n. 20 %. Kolonnien petitilavuudet ovat kuitenkin erittäin vaatimattomat ja täten eivät mahdollisesti vastaa täyttä totuutta. Suurilla veden virtauksilla riski tunneloitumisefektiin kolonneissa kasvaa. Tällöin vesi voi kulkea vain tiettyä reittiä pitkin kolonnin sisällä ja kontaktia ei synny kokopetitilavuudella.

TOC-analysaattorien mittaamisissa pitoisuuksissa oli merkittäviä eroja. Yliopiston Sievers-laitteistoa käytetään lisäksi jätevesianalytiikassa, joten virhe tuloksia on odotettavissa. Sievers-laitteisto antoi lisäksi ultrapuhtaalle vedelle (MQ-vesi) TOC-pitoisuudeksi n. 150 ppb, jonka TOC-pitoisuudet ovat luokkaa 5-10 ppb. Tästä voidaan päätellä, että Sievers laitteella ei päästä tätä (150 ppb) pitoisuutta alemmaksi.

Jaakko Pellinen
+358 50 5916109
jaakko.pellinen@jp-analysis.fi
Kaitoväylä 1 F2
90570 Oulu
www.jp-analysis.fi

LIITE 7
YHTEENVETO
KTR: Soodakattilan materiaalit
– alustava raportti 14.11.2013



SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Suomen Soodakattilayhdistys ry.

**SOODAKATTILALAITOKSEN
SUOJAUSSUOSITUS**

26.5.1988

25.9.1997

XX.XX.2013

ESIPUHE

SISÄLLYSLUETTELO

1	SOODAKATTILAN MATERIAALIT JA HITSAUKSET	6
1.1	Yleistä	6
1.2	Terästen jaottelu	6
1.2.1	Seostamattomat ja niukkaseosteiset teräsputket	7
1.2.2	Runsasseosteiset teräsputket	7
1.2.3	Ruostumattomat teräsputket	8
1.2.4	Kompound-putket	11
1.3	Materiaalit käyttökohteen mukaan	12
1.3.1	Pohja	14
1.3.2	Seinät	14
1.3.3	Kammiot, aukot, läpiviennit, kourut, massaukset	15
1.3.4	Verho	15
	Verhoputkia käytetään ensimmäisenä lämpöpintana tulipesän jälkeen suojamaan tulistimia säteilylämmöltä sekä vähentämään carryoverin määrää. Verhoputket valmistetaan yleensä hiiliteräksestä koska lämpötila on lähellä seinäputkien lämpötilaa. Korroosio on vähäistä johtuen materiaalin lämpötilasta.	16
1.3.5	Tulistin	16
1.3.6	Ekonomaiseri	18
1.3.7	Lieriö	19
1.4	Hitsaus	19
1.4.1	Erikoishitsaukset	21
1.4.2	Päällehitsaus	22
1.5	Lähteet:	23
2	SOODAKATTILAPINNOITUKSET	24
2.1	Johdanto	24
2.2	Ruiskutusmenetelmät	25
2.3	Pinnoitemateriaalit	27
2.3.1	Rautavaltaiset pinnoitteet	27
2.3.2	Nikkelivaltaiset pinnoitteet	29
2.3.3	Kaupalliset pinnoitemateriaalit	30
2.3.4	Pinnoitemateriaalien valinta	31
2.4	Pinnoitteen valmistus	33
2.4.1	Termisellä ruiskutuksella pinnoitettavan pinnan esikäsittely	34
2.4.2	Pinnoitemateriaali	35
2.4.3	Terminen ruiskutus	35
2.4.4	Sulautuvien seosten ruiskutus	36
2.4.5	Vaaditut ominaisuudet ja pinnoitteen testausmenetelmät	36
2.4.6	Pinnoitteen ulkonäkö	36
2.4.7	Tartunta	37
2.4.8	Paksuuden mittaus	37
2.4.9	Vanhojen pinnoitteiden tarkastus ja pintojen korjaus	38
2.4.10	Manipulaattorin käyttö pinnoituksessa	38



2.5	Yhteenveto	39
2.6	Lähdeluettelo.....	39
3	PAINEASTIAN KORJAUKSET.....	42
3.1	Yleistä	42
3.2	Oppaat.....	42
3.3	Lait ja asetukset.....	43
3.4	Hitsauksen laatu	43
3.5	Hitsaajan pätevyystodistukset	44
3.6	Hitsausohjeet	44
3.7	Asennus-, korjaus- ja muutostyöt.....	44
3.8	Painekoe.....	46
3.9	Korjauksen luonne.....	46
3.9.1	Ennakkoon valmisteltu korjaus	46
3.9.2	Ennalta arvaamattoman tapahtuman korjaus	47
3.9.3	Hitsauksen korjaus	47
4	SOODAKATTILATARKASTUKSET.....	49
4.1	Yleistä	49
4.2	Tarkastusmenetelmät.....	51
4.2.1	Silmämääräinen tarkastus/VT (visual testing)	51
4.2.2	Paksuusmittaus/ TM (thickness measurement).....	52
4.2.3	Magneettijauhetarkastus / MT (magnetic particle examination)	52
4.2.4	Tunkeumanestetarkastus / PT (liquid penetrant examination).....	53
4.2.5	Radiografia/RT (radiographic examination).....	54
4.2.6	Ultraäänitarkastus / UT (ultrasonic examination)	54
4.2.7	Pyörrevirtatarkastus/ET (eddy current testing).....	55
4.2.8	Jäljennemenetelmä/REP (replica)	56
4.2.9	Endoskooppitarkastus/END (endoscopy).....	57
4.2.10	Akustinen emissioseuranta / AE (acoustic emission)	57
4.2.11	Lämpökuvaus (thermography).....	57
4.2.12	Kovuusmittaus/HT (hardness test).....	57
4.2.13	T-Scan paksuusmittaus	58
4.2.14	IRIS-tekniikka	58
4.2.15	Sisäpuolisen kerrostuman / magnetiittikalvon paksuusmittaus	59
4.2.16	Guided Wave	61
4.2.17	RFET (kaukokenttämenetelmä pyörrevirtatekniikalla, Remote Field Electromagnetic Technique).....	62
4.2.18	Magneettinen vuotokenttätarkastus (MFL)	62
4.2.19	Jäännös jännitystilat	63
4.2.20	Ainetta rikkovat tarkastukset	63
4.3	Tarkastettavat kohteet.....	63
4.4	Vesipainekoe korjausten jälkeen.....	64
4.5	Dokumentointi	64
5	SOODAKATTILAN VAURIOT	66
5.1	TULIPESÄ.....	66
5.1.1	Pohja	66

5.1.2	Seinät	68
5.1.3	Katto	69
5.2	VERHOPUTKISTO	69
5.3	TULISTIN	69
5.3.1	Ruiskujäähdyttimet	69
5.4	KONVEKTIO-OSA	69
5.5	LIERIÖ	69
5.6	EKONOMAISERI	69
5.6.1	A- ja B-putket	69
5.6.2	Evän päät/kavennukset	69
5.7	LIUOTTAJA	69
5.8	VESI- JA HÖYRYPUOLEN VAURIOT	70
5.9	ILMAN ESILÄMMITTIMET	70
5.10	MUUT	70
5.10.1	Kaasuräjähdytys	70



JOHDANTO

Soodakattilalaitoksen Suojaussuositus 2013 pohjautuu vuonna 1997 julkaistuun suositukseen (raportti 6/1997). Suositus on päivitetty vastaamaan nykytilannetta ja -tarvetta.

Aikaisempi suojaussuositus vuodelta 1997 käsitteli suojauskäsitettä laajemmassa merkityksessä kuin tässä suosituksissa. Suosituksesta valittiin päivitettäväksi seuraavat kappaleet: Soodakattilan materiaalit ja hitsaukset, Soodakattilapinnoitukset, Paineastian korjaukset ja Soodakattilatarkastukset. Lisäksi uutena kappaleena on Soodakattilan vauriot, johon kerätty vaurioesimerkkejä yhdistyksen vauriotietokannasta.

Suojaussuositus on koottu laadintahetkellä saatavilla olleiden tietojen ja kokemusten perusteella.

LIITE 8
YHTEENVETO
KTR: TOC-mittaukset Metsä Fibre Kemi, JP-analysis
– raportti 30.8.2013

RAPORTTI

METSÄ-BOTNIAN SOODAKATTILAN VESIANALYYSIT

Toteutus

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää Kemin Metsä-Botnia-tehtaan soodakattilan ioninvaihtosarjan yhteydessä olevan UV-laitteiston TOC-reduktiotehoa. TOC-näytteitä varten otettiin näytteet anioninvaihtosarjan (A1) jälkeen sekä sekavaihtimen (MB1) jälkeen UV-lampun ollessa päällä ja pois päältä. Lisäksi näytteet otettiin soodakattilan tulistetusta höyrykierrosta. Jokaisesta näytteestä otettiin kolme rinnakkaista näytettä. Näytteet analysoitiin Tekmar Pheonix 8000 analysaattorilla.

Tulokset

näyte nro	Näyte	ppm C	ppb	ka
1	MB 1	0,1508	151	
2	MB 1	0,1569	157	
3	MB 1	0,1556	156	154
4	MB UV	0,1045	105	
5	MB UV	0,1033	103	
6	MB UV	0,122	122	110
7	A 1	0,1588	159	
8	A 1	0,154	154	
9	A 1	0,1452	145	153
10	Höyry	0,3593	359	
11	Höyry	0,3406	341	
12	Höyry	0,5143	514	405

Johtopäätökset ja jatkotoimenpiteet

Tuloksista voidaan sanoa, että sekavaihdin (MB1) ei poista orgaanista hiiltä laisinkaan ilman UV-käsittelyä. UV-käsittelyn kanssa näyttäisi, että kokonaisorgaanista hiiltä poistuu noin 30 % (50 ppm) sekavaihtimessa (MB1). Voidaan olettaa, että UV joko pilkkoo orgaanista hiiltä pienemmiksi yhdisteiksi, jotka jäävät sekavaihtimeen tai UV ionisoi orgaaniset hiiliyhdisteet osittain, ja nämä virittyneet yhdisteet jäävät sekavaihtimeen. Mielenkiintoista on lisäksi höyryvesikierron orgaanisen hiilen määrä. Orgaanisen hiilen määrä lisääntyy kierrossa eli konsentroituu. Tämä viittaisi siihen, että tulistuksessa orgaaninen hiili ei hajoa.

UV:n vaikutuksen seuranta TOC:n reduktioon tulisi jatkaa, jotta raakaveden ja ioninvaihtosarjan toimivuuden vaikutukset saataisiin selville. Näytteiden otto hetkellä UV-laitteiston kaikki lamput oli toiminnassa ja juuri vaihdettu. UV-laitteiston tehoa tulisi seurata ajan funktiona myös sen takia, että saataisiin selville UV-lamppujen intensiteetin laskun vaikutukset TOC:n reduktioon.

UV-lamppujen vaihdon jälkeen näytteitä otettaisiin viikottain täyssuolapoistetusta vedestä, anionin vaihtimen jälkeen sekä sekavaihtimen jälkeen. Näytteistä määritettäisiin kokonaisorgaanisen hiilen, kokonais epäorgaanisen hiilen ja kokonaishiilen pitloisuudet. Näytteiden ottoa jatkettaisiin kunnes UV:lla ei ole vaikutusta TOC:n reduktioon.

Raportin on tehnyt,

30.8.2013

Jaakko Pellinen
JP-ANALYSIS

LIITE 9
YHTEENVETO
YTR: POPE, Itä-Suomen Yliopisto
– loppuraportti 6.8.2013



ITÄ-SUOMEN
YLIOPISTO

Mittausraportti

HIUKKAS- JA TOKSISUUSMITTAUKSET UPM- KYMME OYJ:N KYMIN SELLUTEHTAALLA

Itä-Suomen yliopisto, Ympäristötieteen laitos, Pienhiukkas- ja aerosolitekniiikan laboratorio

Itä-Suomen yliopisto, Ympäristötieteen laitos, Inhalaatiotoksikologian laboratorio

Ilmatieteen laitos, Kuopion yksikkö

Hanna Koponen

Miika Kortelainen

Oskari Uski

Stefanie Kasurinen

Pasi Jalava

Ilpo Nuutinen

Kari Kuuspalo

Jarkko Tissari

Ari Leskinen

Kari Lehtinen

Jorma Jokiniemi

Maija-Riitta Hirvonen

Esipuhe

Tämä raportti on osa Tekesin julkisen tutkimuksen projektia ” Polttoperäisten päästöjen ja nanohiukkasten haitallisuuden määrittäminen uudella tutkimusmenetelmällä (POPE)” Pääösnumero 40469/10.

Hankkeen tavoitteena oli selvittää soodakattilan hiukkaspäästöjen kemiallisen koostumuksen ja toksikologisten ominaisuuksien välistä yhteyttä.

Hankkeessa kerättiin hiukkasnäytteet UPM-Kymmene Oyj:n Kymin sellutehtaan soodakattilan savukaasuista 26. – 30.11.2012 välisenä aikana. Näytteistä analysoitiin hiukkaspitoisuudet, kokojakaumat ja kemiallinen koostumus sekä toksikologiset vasteet.

Kuopiossa 6.8.2013.



Itä-Suomen yliopisto, Ympäristötieteen laitos

Pienhiukkas- ja aerosoliteknikan laboratorio

Professori



Itä-Suomen yliopisto, Ympäristötieteen laitos

Inhalaatiotoksikologian laboratorio

Professori

LUOTTAMUKSELLINEN

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO.....	4
2.	MITTAUKSET JA ANALYYSIT.....	4
2.1.	Mittausjärjestelyt	4
2.2.	Näytteiden käsittely	6
2.3.	PM ₁ -päästöjen määrittäminen	6
2.4.	Hiukkasanalyysit.....	6
2.5.	Toksikologiset analyysit	7
3.	TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU	11
3.1.	PM ₁ -päästöt.....	11
3.2.	Hiukkasten koostumus.....	11
3.3.	Toksikologiset analyysit	14
4.	JOHTOPÄÄTÖKSET	18

4. JOHTOPÄÄTÖKSET

PAH-yhdisteiden pitoisuudet sähkösuodattimen jälkeen otetuissa näytteissä (UPM A 29,8 ng/mg, UPM B 22,9 ng/mg) olivat hieman suuremmat kuin esimerkiksi pellettitakan poltossa, mutta huomattavasti pienemmät kuin esimerkiksi puutakan ja raskaan polttoöljyn poltossa (Lamberg 2011, Kaivosoja 2013). Pesurin jälkeen kerättyjen hiukkasten PAH-pitoisuudet (52,9 ng/mg) olivat hieman korkeammat kuin ennen pesuria otetuissa näytteissä.

Näytteiden kemiallinen koostumus oli samankaltainen sähkösuodattimen jälkeen ja pesurin jälkeen kerätyissä näytteissä.

Kumpikaan sähkösuodattimen jälkeen kerätty hiukkasnäyte ei ollut merkittävästi toksinen hiiren makrofageille (RAW264.7) tai ihmisen keuhkojen epiteelisoluille (A549) alle 150 µg/ml annoksilla.

Sen sijaan pesurin jälkeen kerätty hiukkasnäyte laski merkittävästi hiiren makrofagien elävyyttä jo 50 µg/ml annoksella. Lisäksi näissä soluissa nähtiin altistuksen jälkeen merkittävästi kohonnut tulehdusvälittäjäaine tuotanto (TNFα and MIP-2) pesurin jälkeen kerätyille hiukkasille. UPM A näyte aiheutti kuitenkin kohonneen typpioksidituotannon soluissa. Koska ennen pesuria ja pesurin jälkeen kerättyjen hiukkasten kemiallinen koostumus poikkesi vain lievästi toisistaan, syyt vasteiden merkittäviin eroihin ovat vielä toistaiseksi tuntemattomat. On mahdollista että makrofagisolujen elävyyden lasku ja kohonnut tulehdusvälittäjäaineen tuotanto aiheutuvat maaperä- tai bakteeriperäisten komponenttien joutumisesta hiukkasmassaan esimerkiksi pesurissa käytetyn jokiveden mukana tai pesurin vesikierrrossa syntyvästä bakteerikontaminaatiosta. Päätelmiä tukee pesurin jälkeen kerätyn näytteen käynnistämä vasteprofiili, joka muistuttaa bakteerien aiheuttamia vasteita näissä soluissa. Lisäksi pesurin jälkeen kerätystä hiukkasnäytteestä löytyi teetetystä endotoksiinianalyysissä huomattava pitoisuus (5,8 EU/mg = endotoxin units) bakteeriperäistä komponenttia, sitä vastoin pitoisuus oli vain < 0.002 (EU/ mg) sähkösuodattimen jälkeen otetuissa näytteissä.

Näin ollen vaikka pesuri vähensi hiukkaspäästön määrää, oli se massayksikköä kohti toksisempaa kuin pääosin alkalisuoloista koostuva hiukkaspäästö sähkösuodattimen jälkeen. On tärkeää että jatkotutkimuksilla selvitetään pesurin jälkeisten hiukkaspäästöjen toksisuuden lähde.

LIITE 10

YHTEENVETO

**YTR: Soodakattilan ja meesauunin päästöhiukkasten
fysikaalis-kemialliset ja toksikologiset ominaisuudet,
Itä-Suomen Yliopisto - tutkimussuunnitelma**

TUTKIMUSSUUNNITELMA

Soodakattilan ja meesauunin päästöhiukkasten fysi- kaalis-kemialliset ja toksikologiset ominaisuudet SOTOX

Osallistujat:

Itä-Suomen Yliopisto

Maija-Riitta Hirvonen, Ph.D., professori

- Pasi Jalava, Ph.D, Mikko Happonen, Ph.D, Oskari Uski, Ph.D. student

Jorma Jokiniemi, Ph.D., professori

- Olli Sippula Ph.D, Jarkko Tissari, Ph.D., Ph. Heikki Lamberg Ph.D student, Miika Kortelainen Ph.D student, Ilpo Nuutinen research scientist / engineer

1 LÄHTÖKOHTA

1. Tausta ja tarve

Sellun valmistuksen päästöjen mahdollisten haitallisten ominaisuuksien ymmärtämiseksi on tärkeää selvittää sekä soodakattilan että meesauunin päästöjen fysikokemialliset ja toksikologiset ominaisuudet. Sellunkeitossa kemikaalien talteenotolla on suuri merkitys prosessin kannalta. Soodakattila on sellun tuotantoprosessin osa, jonka tehtävinä ovat kemikaalien talteenotto ja regenerointi (uudelleen muodostaminen), mustalipeän polttaminen sekä poltossa syntyvän lämmön talteenotto. Soodakattilassa erotetaan mustalipeästä rikki ja saadaan natriumsulfidia, natriumkarbonaattia ja natriumsulfaattia. Samalla poltetaan mustalipeän sisältämä biomassa, josta saadaan höyryä, joka käytetään sähköntuottoon. Meesauunissa tehtaassa karbonatisoituneesta kalkista tehdään uudelleen poltettua kalkkia. Meesauunin polttoaineena on polttoöljy tai maakaasu, jolla meesa poltetaan. Toisin sanoen soodakattila käyttää polttoaineenaan biomassaa ja meesauuni öljyä. Molemmat prosessit liittyvät olennaisesti kemikaalien ja kalkin kierrätykseen sulfaattisellumenetelmässä.

Aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu, että öljyn polton ja biomassan polton hiukkasten kemiallinen koostumus ja toksisuus ovat toisistaan hyvin poikkeavia (Kaivosoja et al. 2013). Öljyn polton hiukkaset ovat olleet huomattavasti toksisempia kuin vastaavan mittakaavan biomassan polttolaitoksen päästöhiukkaset. Alustavissa tutkimuksissa soodakattilan päästöistä kerätyissä näytteissä toksisuus on ollut suhteellisen matalalla tasolla, joka johtuu päästöjen kemiallisesta koostumuksesta. Soodakattilaan liitetyt puhdistusjärjestelmät voivat kuitenkin vaikuttaa toksisuusprofiiliin huomattavasti.

Meesauunin päästöjen osalta ei ole aikaisempaa tutkimustietoa, joka yhdistäisi kemialliset analyysit ja toksikologian. Kuitenkin öljyn polton hiukkasten on havaittu aiheuttavan voimakaitakin toksisuusvasteita kaupunki-ilmassa (Jalava et al. 2009). Meesanpolttoprosessissa tulee myös jonkin verran kalkkihäviöitä ja on mahdollista, että kalsiumia päätyy myös päästöön. Kalsiumhiukkaset ovat kaupunki-ilmatutkimuksissa olleet yhteydessä lisääntyneisiin tulehdusvaikutuksiin (Happo et al. 2008). Näin ollen meesauunin päästöjen selvittäminen ja niiden toksisuuden määrittäminen on tärkeää arvioitaessa paperitehtaan päästöjen kokonaisvaikutusta.

2 Projektin tavoitteet

Tässä projektissa tutkitaan sellutehtaan päästöjen terveydelle haitallisia toksikologisia ominaisuuksia ja niihin liittyviä fysikaalisia tekijöitä ja kemiallisia komponentteja sekä soodakattilan että meesauunin osalta. Hankkeessa testataan seuraavia hypoteesejä

Tutkimushypoteesit:

1. Soodakattilan ja meesauunin päästöt poikkeavat toisistaan sekä kemiallisesti että toksikologisilta ominaisuuksiltaan. Lisäksi kokonaispäästöt kaasujen ja hiukkasten osalta

sekä hiukkaskoko ovat hyvin erilaiset.

2. Meesauunin päästöt muistuttavat raskaan polttoöljyn tai maakaasun päästöjä
3. Suodatintekniikalla voidaan estää em. haittoja molemmissa prosesseissa

Strategiset tavoitteet:

- Vastata tulevaisuuden lainsäädännön vaatimiin tutkimus- ja tuotekehitystarpeisiin
- Edistää yritystoiminnan kansainvälistä kilpailukykyä ja kansainvälistymistä toteuttamalla haasteellisia tutkimus- ja kehityshankkeita.

3 TOIMENPITEET

3.1 NÄYTTEEN KERÄYKSET (PROF. JORMA JOKINIEMI)

Kokeissa mitataan/kerätään soodakattilan ja meesauunin kaasumaiset päästöt, hiukkaspäästöt (TSP, PM_{2.5}) ja näiden hiukkasten fysikaalis-kemialliset ominaisuudet. Lisäksi kerätään näytteet toksikologisia kokeita varten.

Päästöistä mitataan hiukkasten massakokojakaumat impaktorilla, lukumääräkokojakaumat ELPI:llä (sähköinen alipaineimpaktori, Dekati Ltd) ja/tai SMPS/FMPS:llä (Mobility Particle Sizer, TSI Ltd.) sekä hiukkasten orgaanisen ja alkuainehiilen määrät (OC/EC). Lisäksi kerätään toksisuusnäytteet UEF:n FINE laboratoriossa kehitetyllä sykloni-impaktori-menetelmällä sekä analysoidaan näistä näytteistä PAH-pitoisuudet ja epäorgaanisen aineksen koostumus. Kaasumaiset päästöt analysoidaan FTIR laitteistolla.

Pienhiukkasnäytteet kerätään teflonsuodattimille. Ennen keräyksiä suodattimet pestään metanolilla, kuivataan ja punnitaan.

Keräysten jälkeen suodattimet punnitaan ja suodattimelle kerätyt pienhiukkaset uutetaan metanolilla ja kuivataan kemiallisia ja toksikologisia analyysyjä varten. Metanoliuuton jälkeen suodattimet punnitaan vielä kerran ja lasketaan uuttotehokkuus.

3.2 PÄÄSTÖJEN KEMIALLINEN KARAKTERISOINTI (PROF. JORMA JOKINIEMI)

Kerättyjen näytteiden epäorgaanisen aineksen koostumus analysoidaan IC:llä (ionikromatografia) (K, Na, Cl, SO₄), karbonaatit määritetään termisoptisella menetelmällä. Metallit analysoidaan ICP-MS:llä (inductive coupled mass spectrometer) ja PAH yhdisteet GC-MS menetelmällä.

3.3 TOKSIKOLOGINEN KARAKTERISOINTI (PROF. MAIJA-RIITTA HIRVONEN)

Kerättyjen näytteiden toksikologiseen karakterisointiin käytetään nisäkässolumallia, jossa elistön puolustusjärjestelmän soluja altistetaan pienhiukkasille ja mitataan hengitys- ja sydänsairauksien riskiä kuvastavia tulehduksen ja solukuoleman biokemiallisia merkkiaineita. Li-

säksi mitataan perimään liittyvää myrkyllisyyttä (genotoksisuus).– Hiukkasten kemian (PAH-yhdisteet, alkuaineet ja, ionit) ja toksisuuden yhteydet analysoidaan (Taulukko 1)

Taulukko 1 : Analysoitavat näytteet, solualtistukset ja toksikologiset analyysit

	Kattila 1 sooda 1	Kattila 1 sooda 2	Kattila 2 meesa 1	Kattila 2 meesa 2	Blankit	Yhteensä
Näytteet						
PM 1	1 + Blank	1	1	1	3	6
Solualtistukset						
Altistukset tulehduksen ja solukuoleman markkereiden määrittämiseksi						
4 annosta /näyte	4	4	4	4	12	24
3 altistuskertaa /näyte	12	12	12	12	36	72
Altistukset genotoksisuuden määrittämiseksi						
4 annosta /näyte	4	4	4	4	12	24
2 altistuskertaa /näyte	8	8	8	8	24	48
Analyysit						
Tulehdus						
• Sytokiinit	72	72	72	72	48	264
Solukuolema						
• Nekroosi	24	24	24	24	12	84
• Apoptoosi	24	24	24	24	12	84
• Solusykli analyysit	24	24	24	24	12	84
Genotoksisuus						
• Comet assay	24	24	24	24	12	84
Analyysien kokonaismäärä	284					852

3.3.1 Solualtistus

Hiiren RAW264.7 makrofageja (ATCC, American Type Culture Collection) kasvatetaan hiilidioksidi-inkubaattorissa (+37 °C, CO₂ 5 %) RPMI1640 soluviljelymediumissa (10 % FBS-seerumi, 2 mM l-glutamiini ja 100 U/ml penisilliini-streptomysiini). Soluja altistetaan annosvasteisesti (37 °C, 5 % CO₂) vuorokauden ajan, jonka jälkeen näyte sentrifugoidaan (380 g, 10min) ja supernatantti pakastetaan sytokiini-määrityksiä varten (-70 °C). Altistetut solut käytetään solujen elävyyden ja solukuoleman selvittämiseen.

3.3.2 Mitattavat terveyshaittoja indikoivat biokemialliset vasteet

Tulehdus

- **Typpioksidimääritys (NO): Solujen** typpioksidituotanto mitataan määrittämällä stabiilia metaboliittia nitriittiä spektrofotometrisesti Griess:n menetelmällä.
- **Sytokiinimääritykset:** Altistetuista näytteistä määritetään seuraavat käynnistyneestä tulehdusreaktiosta kertovat sytokiinit solujen tuottamina proteiineina. (IL-1, IL-6, MIP-2 TNFα) ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay)–kitin avulla (R&D systems, MN, USA). Tulokset mitataan spektrofotometrisesti ja niitä verrataan altistamattomien kontrollisolujen tuottamiin tulehdusvälittäjäaineisiin.

Solukuolema

- **MTT-testi.** Solujen elävyys mitataan spektrofotometrisesti määrittämällä toimivien mitokondrioiden määrää altistetuissa soluissa.
- **Solusyklianalyysi.** DNA:n määrä soluissa analysoidaan propidiumjodidi (PI) värjätystä permeabilisoiduista soluista virtausytometrillä (Beckman Coulter) avulla. Analyysistä saadaan selville makrofagien solusyklin vaiheet.
- **Ohjelmoitu solukuolema (Apoptoosi).** Solusyklianalyysistä saadaan selville myös apoptoottisten solujen osuus kokonaissolumäärästä
- **Hallitsematon solukuolema (Nekroosi).** Nekroottisten solujen osuus määritetään PI-värjätystä tuoresolunäytteistä virtausytometrillä (Beckman Coulter). Tuorevärjäyksessä PI-väriaine värjää nekroottisten solujen sisältämän DNA:n, mutta ei läpäise muiden solujen solukalvoa.

Genotoksisuus

- Altistetuista soluista analysoidaan perimävaurioita ns. komeettatestillä. Tämä genotoksisuustesti mittaa DNA-vauriota juostekatkoksina.

3.4. RAPORTOINNIT

Tuloksista raportoidaan projektin seurantakokouksissa ja väliraporteissa. Tutkimustuloksista laaditaan tieteellisiä julkaisuja ja kansantajuisia lehtiartikkeleja. Tuloksia esitellään kansallisissa ja kansainvälisissä seminaareissa. Julkaisujen sisällöstä sovitaan hankkeeseen osallistuvien kanssa.

5 AIKATAULU

Tutkimus toteutetaan vuosina 2014-2015 taulukon 2. mukaisesti.

Taulukko 2. Tutkimusaikataulu 12 PM näytteelle.

Kuukausi	2014												2015					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
Näytteiden keräykset																		
Näytteiden uutto analyyseihin																		
Kemialliset analyysit																		
Solualtistukset																		
Solukuoleman määritykset																		
Tulehduksen merkkiaineiden määritykset																		
Genotoksisuuden määritykset																		
Data-analyysit																		
Raportointi																		

6 Kustannusarvio

Hankkeen kokonaiskustannukset ovat **107 612 EUR** plus **arvonlisävero 25 827 EUR** eli yhteensä **133 438 EUR** sisältäen henkilöstö-, laite-, materiaali-, tila- ja matkakustannukset sekä arvonlisäveron (24 %).

LIITE 11

YHTEENVETO

**YTR: Soodakattilan sähkösuodintuhkan hyötykäyttömahdollisuudet,
Oy Sirra Ab -alustava loppuraportti 25.11.2013**

Soodakattilan sähkösuodintuhkan hyötykäyttömahdollisuudet

Osahanke V: Sähkökemiallinen käsittely

Kurt Sirén
Oy Sirra Ab

20.11.2013

Tilaaja: Suomen Soodakattilayhdistys ry

OSAHANKE V: SÄHKÖKEMIALLINEN KÄSITTELY

TIIVISTELMÄ

Tarkasteltiin mahdollisuuksia käyttää sähkökemiallista käsittelyä soodakattilan lentotuhkan muuttamiseksi hyötykemikaaleiksi. Tarkasteluun otettiin mukaan klooridioksidilaitoksen hapan jätesuola. Sähkökemiallista käsittelyä voidaan käyttää yksin tai yhdistelmänä muiden osaprosessien kanssa. Muut osaprosessit olisivat esim. nykyiset kaupalliset tekniikat kuten lentotuhkan kiteytys tai uutto. Vaikutuksia ympäristöpäästöihin, lipeäkiertoon ja kemikaalisäästöihin ja -kuluihin laskettiin natrium-, rikki-, kalium- ja klooritaseen kautta. Todettiin että on mahdollista hyödyntää molempia suoloja kokonaisuudessaan ja siten lopettaa niiden liuottamisen. Hyödyntäminen olisi taloudellisesti tuottava, mutta investointien takaisinmaksuaika olisi yli kaksi vuotta.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	TAVOITE	5
3	YHTEENVETO AIKAISEMPIEN HANKKEIDEN TULOKSISTA	5
4	NATRIUMSULFAATIN MARKKINATILANTEEN KEHITYS	7
5	SÄHKÖKEMIALLINEN KÄSITTELY	7
5.1	Membraanien rajallisuudet	10
5.2	Virtahyötysuhde ja syöttövirran happamoituminen	11
6	TEKNIikka SOVELLETTUNA LENTOTUHKALLE	11
7	KLOORIDIOKSIDILAITOKSEN HAPAN SUOLA LÄHTÖAINEENA	12
8	MAHDOLLISIA YHDISTETTÄVIÄ TEKNIIKOITA.....	13
8.1	R8 - R10 -päivitys	13
8.2	GLSS -rikinhallintaprosessi	13
8.3	Kaupalliset kaliumin ja kloorin hallintaprosessit	16
9	TASELASKELMAT	16
9.1	Käytetyt hinnat	17
9.2	Keskiarvotehdas	17
9.3	Eri prosessitapauksia	18
9.3.1	Tapaus 1. BME-prosessi sovellettuna pelkästään lentotuhkalle	18
9.3.2	Tapaus 2. BME-prosessi sovellettuna pelkästään happamalle suolalle.....	19
9.3.3	Tapaus 3. Suolojen yhdistäminen.....	20
9.3.4	Tapaus 4. Lentotuhka BME-prosessiin, rikkitase GLSS:llä	21
9.3.5	Tapaus 5. Lentotuhka BME-prosessiin, GLSS, R10-suodin	22
9.3.6	Tapaus 6. Lentotuhka uuttoprosessiin, GLSS, R10-suodin.....	23
9.3.7	Tapaus 7. Lentotuhka kiteytysprosessiin, GLSS, R10-suodin.....	24
9.3.8	Tapaus 8. Natriumsulfaatin myynti.....	24
9.3.9	Tapaus 9. Natriumsulfaatin myynti, R10 -suodin	26
9.4	Yhteenvetotaulukot	27
10	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	27
11	KIRJALLISUUSVIITTEET.....	29

LIITTEET:

Liite 1a. Tapaus 1. BME-prosessi sovellettuna pelkästään lentotuhkalle - taselaskelma

Liite 1b. Tapaus 1. BME-prosessi sovellettuna pelkästään lentotuhkalle - ympäristövaikutus

Liite 2a. Tapaus 2. BME-prosessi sovellettuna pelkästään happamalle suolalle - taselaskelma

Liite 2b. Tapaus 2. BME-prosessi sovellettuna pelkästään happamalle suolalle - ympäristövaikutus

Liite 2c. Tapaus 2. BME-prosessi sovellettuna pelkästään happamalle suolalle, hapon konsentrointi

Liite 3a. Tapaus 3. Suolojen yhdistäminen - taselaskelma

- Liite 3b. Tapaus 3. Suolojen yhdistäminen - ympäristövaikutus
- Liite 4a. Tapaus 4. Lentotuhka BME-prosessiin, rikkitase GLSS:llä - taselaskelma
- Liite 4b. Tapaus 4. Lentotuhka BME-prosessiin, rikkitase GLSS:llä - ympäristövaikutus
- Liite 5a. Tapaus 5. Lentotuhka BME-prosessiin, GLSS, R10-suodin - taselaskelma
- Liite 5b. Tapaus 5. Lentotuhka BME-prosessiin, GLSS, R10-suodin - ympäristövaikutus
- Liite 6a. Tapaus 6. Lentotuhka uuttoprosessiin, GLSS, R10-suodin - taselaskelma
- Liite 6b. Tapaus 6. Lentotuhka uuttoprosessiin, GLSS, R10-suodin - ympäristövaikutus
- Liite 7a. Tapaus 7. Lentotuhka kiteytysprosessiin, GLSS, R10-suodin - taselaskelma
- Liite 7b. Tapaus 7. Lentotuhka kiteytysprosessiin, GLSS, R10-suodin - ympäristövaikutus
- Liite 8a. Tapaus 8. Natriumsulfaatin myynti - taselaskelma
- Liite 8b. Tapaus 8. Natriumsulfaatin myynti - ympäristövaikutus
- Liite 9a. Tapaus 9. Natriumsulfaatin myynti, R10 –suodin - taselaskelma
- Liite 9b. Tapaus 9. Natriumsulfaatin myynti, R10 –suodin - ympäristövaikutus
- Liite 10a. Yhteenveto: lähtöaineet ja tuotteet
- Liite 10b. Yhteenveto: ympäristövaikutukset ja kalium ja kloori talteenottokierrossa
- Liite 10c. Yhteenveto: Taloudellisuus

1 JOHDANTO

Pohjoisissa sellutehtaissa rikkitase on yleensä ylijäämäinen johtuen mäntyöljykeittoon tuotavasta rikkihaposta. Ylijäämä poistetaan liuottamalla soodakattilan lentotuhkaa jäteveteen. Samalla poistetaan tehtaan kemikaalikerrosta kalium ja kloori. Lentotuhkan lisäksi liuotetaan klooridioksidilaitoksen hapanta jätesuolaa, jonka määrä on vielä suurempi. Lentotuhkan ja jätesuolan liuottaminen on yli vuosikymmenen ollut ympäristölupaviranomaisten huomion kohteena. Sulfaatin haittavaikutuksiin kuuluu mm. se, että hapettomissa oloissa anaerobiset bakteerit pelkistävät sen sulfidiksi, josta kehittyy rikkivetykaasua, joka on myrkyllistä ja pahanhajuista. Yhdysvaltojen etelä-osavaltioissa ja Kanadan British Columbiassa on jo asetettu kieltoja lentotuhkan liuottamiselle joihinkin jokiin (1).

Ratkaisuja ympäristövaikutuksien vähentämiseen on haettu tuhkan puhdistamisesta natriumsulfaatiksi, joka kelpaisi raaka-aineeksi muulle teollisuudelle, ja sen muuttamisesta uudelleen käytettäväksi kemikaaleiksi, kuten rikkihapoksi ja natriumhydroksidiksi. Muutama sellutehdas, kuten Visy Australiassa, tuottaa natriumsulfaattia myyntiin. Maailmanmarkkinahinta on kuitenkin hyvin alhainen.

2 TAVOITE

Työn tavoitteena oli aikaisempien suodintuhkan hyötykäyttöhankkeiden tuloksien päivittäminen nykyiseen markkina- ja hintatilanteeseen sekä sähkökemiallisen käsittelymenetelmän käyttökelpoisuuden arviointi.

Natriumsulfaatin saatavuutta ja nykyistä hintatasoa tutkittiin internethauilla. Sähkökemiallisen menetelmän soveltuvuutta ja potentiaalia suolojen hyötykäytössä tutkittiin laskemalla sen vaikutuksia sellutehtaan natrium-, kalium- rikki- ja klooritaseeseen. Taseen kautta laskettiin ympäristöpäästöjä, kemikaalisäästöjä ja käyttökustannuksia. Käyttökustannuksissa huomioitiin kemikaalien lisäksi sähkön kulutus ja membraanikustannus. Käytännön kokeita tässä hankkeessa ei tehty.

3 YHTEENVETO AIKAISEMPIEN HANKKEIDEN TULOKSISTA

Aikaisemmissa osahankkeissa tutkittiin lentotuhkan puhdistamista, natriumsulfaatin käyttäjien puhtausvaatimuksia, markkinatilannetta ja kuljetustapaa. Kokeiden perusteella saatiin esille tarkoitukseen sopiva prosessi. Tehtiin myös pilot-kokeita kehitetyllä prosessilla. Aikaisempien osahankkeiden keskeisimmät tulokset on kuvattu alla.

Tutkimushankkeissa I ja II tutkittiin puhdistuskeinoja (2, 3). Todettiin että liuottamalla tuhka ja selkeyttämällä liuos saadaan niukkaliukoiset aineet pois. Vesiliukoiset aineet, kalium ja kloori, jäävät kuitenkin liuokseen. Haihdutuskiteyttämällä saadaan kiteinen natriumsulfaatti, joka erotetaan suodattamalla emäliuoksesta, ja pestään vedellä. Suurin osa liukoisista aineista voidaan konsentroida emäliuokseen, ja poistaa sen mukana. Natriumsulfaattituote on puhtaudeltaan verrattavissa kaupallisiin laatuihin. Kaliumia jää kuitenkin tuotteeseen haihdutusasteesta riippuen, mutta se ei välttämättä ole haitaksi, sillä useissa käyttökohteissa sitäkin tarvitaan. Tällaisia ovat lasin sulatus ja lannoitteet. Puhdistuskokeiden tuloksena päädyttiin prosessi-ehdotukseen, joka on tarkemmin kuvattu kohdassa 9.3.8.

Lentotuhka on hyvin kevyttä, ja sen kuljettaminen sellaisenaan on epätaloudellista. Autokuorman kokoa ei rajoita paino, vaan tilavuus. Osahankkeissa II ja III tutkittiin erilaisia keinoja saada tuhka tiiviimpään muotoon (3, 4). Selvityksen tuloksena oli se, että kompaktointi eli briketointi on edullisin tapa. Briketoinnissa lisätään pieni määrä vettä, ja puristetaan tuhka kahden telan väliin kompaktiksi levyksi, joka murenee paloiksi. Laite ei vaadi aktiivista operaattoria, ja on siksi edullisempi kuin esim. granulointi. Lentotuhkan ottotapa on myös merkityksellinen. Suppilotuhkaa ei saisi olla mukana, sillä tämä sisältää enemmän epäpuhtauksia kuin suodintuhka.

Yhtenä huolenaiheena lentotuhkan hyödyntämisessä on radioaktiivisuus. Tšernobylistä peräisin oleva cesiumisotooppi Cs-137 tulee puun mukana sellutehtaaseen, ja rikastuu lentotuhkaan. Sen puoliintumisaika on 30 vuotta, ja sen poishuuhtoutuminen luonnossa valumavesien mukana on hyvin vähäistä (5). Siksi hyvin suuri osa laskeumasta, suuruusluokka puolet, on edelleen jäljellä. Koetuhkassa Cs-137 aktiivisuus oli 2000 Bq/kg (4). Tason merkitystä voidaan havainnollistaa sillä, että toimenpiderajat elintarvikkeissa ovat alueella 400 – 1250 Bq/kg. Puhdistusprosessilla saatiin pois 93 % aktiivisuudesta, eli päädyttiin tasolle 136 Bq/kg, eli selkeästi alle jopa elintarvikerajoja. Elintarvikkeisiin tuote ei tietenkään kuitenkaan ole tarkoitettu. Työsuojeluongelmia tuhkan käsittelyssä tuskin myöskään synny, joskin puuraaka-ainevaihtelujen takia voi olla syytä kiinnittää huomiota tähänkin asiaan.

Natriumsulfaatin markkinatilannetutkimuksessa selvitettiin käyttökohteita, etsittiin potentiaalisia asiakkaita Suomessa, hahmotettiin hintatasoa ja selvitettiin käyttömääriä. Todettiin että maailmanlaajuisesti suurin käyttäjä on pesuaineteollisuus. Seuraavaksi suurimmat käyttäjät ovat lasiteollisuus ja metsäteollisuus. Myös lannoiteteollisuus käyttää natriumsulfaattia tietyissä tuotteissa, vaikka kaliumsulfaatti on sillä alalla merkittävämpi. Todettiin kuitenkin että käyttömäärät Suomessa eivät ole niin suuria että kaikki liuotettava lentotuhka mahtuisi sen markkinoille. On myös otettava huomioon että lentotuhkan lisäksi myös klooridioksidilaitoksen jätesuola olisi sijoitettava johonkin. Kuitenkin natriumsulfaatin tuottaminen voisi olla ratkaisu joillekin tehtaille, esim. niille jotka sijaitsevat sisävesistöjen äärellä, ja ovat suurimmassa riskissä joutua liuotuskiellon kohteeksi.

Osassa IV tutkittiin puhdistusprosessia pilot-mittakaavassa (6). Kiteytyskokeita tehtiin laitteistolla, joka oli rakennettu kaupallisen ARC-prosessin ollessa esikuvana (Andritz'in Ash Recrystallization). Erityisenä tutkimuksen kohteena oli saannon ja puhtauden suhde. Kun vettä haihdutetaan, saadaan aluksi melko puhdas natriumsulfaattituote. Kun haihdutus viedään pidemmälle, liuokseen konsentroituu yhä enemmän epäpuhtauksia, ja niitä jää yhä enemmän kidemassaan. Toisaalta saanto paranee. Puhtaus ja saanto ovat siten jossain määrin vastakkaisia asioita. Kidemassa voidaan liuottaa uudestaan ja kiteyttää toisen kerran, jolloin puhtaus paranee. Kalium saostuu kidemassaan, ja on siten vaikea poistaa täydellisesti, mutta toisaalta siitä ei monissa käyttökohteissa ole haittaa. On myös ajateltavissa että tuotetaan kahta laatua, puhdas- ja lannoitelaa.

Osahankkeessa IV tutkittiin myös lentotuhkaliuoksen selkeytymisnopeutta, mikä on tärkeää tehdasselkeyttimen mitoitus ajatellen. Pyrittiin myös havainnoimaan mahdollisia vaikeuksia prosessissa. Todettiin että sakka on varsin flokkimainen, ja että se laskeutuu melko hitaasti, ja on konvektiovirroille herkkä. Vuorokauden kuluttua saatiin kuitenkin melko selkeä liuos. Asiaan voidaan mahdollisesti vaikuttaa flokkaisaineilla, edellyttäen että ne tuotteen käytössä ovat hyväksyttävissä.

LIITE 12
YHTEENVETO
LTR: Syöttövesipumppaus,
LUT – alustava raportti 10.11.2013

LAPPEENRANTA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Faculty of Technology

Department of Energy Technology

Master's Thesis

Bahnam Zakri

**OPTIMAL DESIGN OF BOILER FEED WATER PUMPING
SYSTEM:
SIMULATION AND TECHNO-ECONOMIC ANALYSIS IN
VARIABLE LOAD**

Examiner: Professor, D.Sc. Esa Vakkilainen
Docent, D.Sc. Juha Kaikko

Supervisor: Professor, D.Sc. Esa Vakkilainen

Lappeenranta, 2013

ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology

Faculty of Technology

Department of Energy Technology

Bahnam Zakri

Optimal Design of Boiler Feed Water Pumping System: Simulation and Techno-economic Analysis in Variable Load

Master's thesis

90 pages, 30 figures, 13 tables and 2 appendices

Examiners: Professor, D.Sc. Esa Vakkilainen

Docent, D.Sc. Juha Kaikko

Keywords: boiler feed water pump, energy efficiency, simulation, optimization, variable speed pumping, steam power plant

Boiler feed water pumps are among the most energy-intensive auxiliary units in steam boiler plants. While maintaining high availability and reliability has traditionally dominated the optimized design of these pumps, they are good candidates for enhancing the energy efficiency of the plant, from system design viewpoint. This study seeks to establish an algorithm to optimize the life cycle costs of the boiler feed water pumping system in a variable load scheme. Using MATLAB programming tool, a holistic mathematical model is built for analysis, computation, and optimization of various pumping systems, including single and multiple pumps in constant or variable speed. IPSEpro process simulation tool is then employed to study the performance of each pumping solution in a medium-sized power plant, using real load data of the plant in off-design operation. Using this approach, net electrical efficiency and carbon emissions of the plant in different loads is compared under the application of each pumping system.

ACKNOWLEDGEMENTS

The achievement of this study is the result of knowledge provided by teachers and lecturers in my entire study life, to whom I always thank. I would like to thank prof. Vakkilainen, the supervisor of this study, for his helpful comments, rich ideas, and continuous support. He is always quick in response and available to meet, which is valuable for a short-term, laborious research task.

There are many persons to whom I should thank for their contribution to this study. Many thanks to Juha Viholainen, he gave me good ideas and comments regarding pumping systems and their simulation in MATLAB. I also thank D.Sc. Juha Kaikko for teaching IPSEpro tool and other helps during studies. My sincere thanks are dedicated to D.Sc. Tommi Ekholm from VTT for dedicating time and helping me in performing optimization tasks. I should also state my appreciation to prof. Risto Lahdelma from Aalto University for accepting me in courses relevant to this topic and providing links to useful experts in this subject.

I should thank EFEU program at CLEEN Ltd. for supporting this study, as well as Lappeenranta University of Technology for providing funds. I also appreciate Edward Paro from Sulzer Pumps Finland and Jukka Tolvanen from ABB Finland for their efforts to provide information about pumping systems. I cannot finish my acknowledgements without remembering my colleagues and friends who provided a nice environment for doing the task at LUT.

I state my warm thanks to Khakpoor family, Lina Teir and her family for their help and supports during my stay in Finland. The biggest thanks belong to my family, particularly to my mother who has been always inspiring me for being hardworking and determined.

TABLE OF CONTENTS

ABSTRACT	ii
ACKNOWLEDGEMENTS	iii
TABLE OF CONTENTS	1
ABBREVIATION AND SYMBOLS	4
LIST OF TABLES	5
LIST OF FIGURES.....	6
1. INTRODUCTION.....	7
1.1. Background.....	8
1.2. Objectives and Scope of the Study	9
1.3. Outline of the Thesis.....	9
2. CENTRIFUGAL PUMPS	11
2.1. General Characteristics.....	11
2.2. Pump Hydraulics and Curves	12
2.2.1. Head and Capacity	12
2.2.2. Performance Curves.....	17
2.2.3. Power and Efficiency	19
2.2.4. Cavitation and NPSH.....	23
2.2.5. Specific Speed and Affinity Laws	25
2.3. Centrifugal Pump Types and Configurations	27
2.3.1. Impeller and Casing Types	27
2.3.2. Suction Methods	29
2.3.3. Multistage Pumps.....	29
3. PUMP SIZING AND ENERGY EFFICIENCY	30
3.1. System Head Curve	30
3.2. Pump Selection	32
3.2.1. General Considerations	32
3.2.2. Pump Speed Selection.....	32
3.2.3. Oversizing	34
3.3. Pump Control Methods.....	34

3.3.1. Throttling and Bypassing	34
3.3.2. On-Off Control.....	35
3.3.3. Adjustment of Impeller Diameter or Changing Stage Numbers.....	36
3.3.4. Speed Control and Variable Speed Pumping	36
3.4. Multiple Pump Systems.....	37
3.4.1. Parallel Operation	37
3.4.2. Operation in Series	38
3.5. Pump Drivers and Transmission Systems	39
3.5.1. Mechanical Drives and Heat Engines	39
3.5.2. Steam Driven Pumps.....	40
3.5.3. Electric Drives.....	40
3.5.4. Driver's Speed Control Methods	40
3.5.5. Coupling Methods.....	41
3.6 Energy Efficiency Considerations	41
3.6.1. Pump Life Cycle Costs	41
3.6.2. Energy Efficient Design of Pumping System	42
3.6.3. Variable Speed and Energy Efficiency	42
4. BOILER FEED WATER PUMPING SYSTEM.....	43
4.1. System Characteristics.....	43
4.1.1. Design Point.....	44
4.1.2. Availability and Reliability	46
4.1.3. Suitable Driver for BFP	47
4.1.4. BFP Standard Requirements	47
4.2. Boiler Feed water Flow and Pressure Control in Part Load	48
4.2.1. Constant Pressure Operation.....	49
4.2.2. Sliding Pressure Control	49
4.2.3. Effect of the Boiler Type on Pumping System	49
4.3. Optimal Design.....	51
4.3.1. System Based Approach	51
5. OPTIMAL DESIGN OF BOILER FEED WATER PUMPS.....	52
5.1. Input Data	52
5.1.1 Experimental Data of the Flow	52
5.1.2. Available Pump Alternatives	53

5.1.3. Price Data Acquisition and Estimation	56
5.2. Modeling and Optimization.....	57
5.2.1. General Assumptions	58
5.2.2. Boiler Head Demand (System Head).....	59
5.2.3. Optimization Problem	59
5.2.4. Cost Analysis	60
5.2.5. Motor Efficiency and VFD Performance	61
5.3. Scenario 1: Single Pump Optimization.....	62
5.3.1. Problem Definition.....	63
5.3.2. Results and Discussion.....	64
5.4 Scenario 2: Multiple Pumps Optimization	70
5.4.1. Problem Definition.....	70
5.4.2. Results and Discussion.....	73
5.4.3 Role of Booster Pump	75
5.5 Scenario 3: Optimization of Operation in Parallel	76
5.5.1. Model Construction in MATLAB.....	77
5.5.2. Results and Discussion.....	77
6. SIMULATION IN MEDIUM-SIZE POWER PLANT.....	79
6.1. Case Study: Medium-size Power Plant.....	79
6.1.1. Fuel Composition.....	79
6.1.2. Unit Parameters	80
6.2. Modeling of Power Plant in IPSEpro	80
6.2.1. Building New Model for Pump Part Load Operation	81
6.3. Simulation of BFP Solutions in Power Plant.....	82
6.3.1. Plant Output and Emissions	83
7. CONCLUSION AND RECOMMENDATION	84
REFERENCES	87
APPENDIX	91

ABBREVIATION

aux	auxiliary
ASD	adjustable speed drive
bd	blowdown
BEP	best efficiency point
BFP	boiler feed water pump
BFPS	boiler feed water pumping system
BHP	brake horsepower
CHP	combined heat and power
CPI	consumer price index
CSP	constant speed pump/pumping
daf	dry-ash-free basis
desup	desuperheating
ECO	economizer
EN	European Standard
FWH	Feed water heater
gpm	(US) gallon per minute
HP	high pressure
hp	horsepower
LHV	lower heating value
LP	linear programming (linear optimization)
MILP	mixed integer linear programming
ms	multistage (pump)
NPSH	net positive suction head
NPSHa	net positive suction head available
NPSHr	net positive suction head required
NPV	net present value
SH	superheater
TH	total head
USCS	United States Customary System
VFD	variable frequency drive
VSD	variable speed drive
VSED	variable speed electric drive
VSP	variable speed pump/pumping
WHP	water horsepower

SYMBOLS

g	gravity acceleration [m/s^2]
H_f	friction head loss [Pa]
$H_{f,p}$	pipng friction head loss [Pa]
$H_{f,vf}$	valve/fitting friction head loss [Pa]
$h_{f,l}$	relative head loss [-]
K	valve/fitting resistant coefficient [-]
N	rotational speed [rpm]
n_q	pump specific speed [-]
n_s	suction specific speed [-]
P	power [W]
P	pressure[Pa]
Q	flow rate [m^3/s]
r	discount/interest rate [%]
$s.g$	specific gravity[-]
V	velocity [m/s]
Z	elevation [m]
η	efficiency [%]

LIST OF TABLES

Table 5.1 Pump models and their head and power curves	56
Table 5.2 Price estimation for basic pumps and multistage pumps	58
Table 5.3 Initial design point of the system and requirements of EN standard	60
Table 5.4 Input data for cost calculations	62
Table 5.5 Results of the calculations for pump 5 in CSP and VSP	66
Table 5.6 Energy and total costs for 6 pumps in constant and variable speed	67
Table 5.7 Optimizing pump stage number for variable speed	70
Table 5.8 Performance characteristics of three booster pumps	71
Table 5.9 Results of the calculations for pump 7 in CSP and VSP	75
Table 5.10 Optimizing pump numbers in for constant and variable speed	76
Table 6.1 Fuel characteristics of CHP plant	80
Table 6.2 Equipment parameters of CHP plant	82
Table 6.3 CHP plant performance in part load for constant/variable speed	84

LIST OF FIGURES

Figure 2.1 Main components of a centrifugal pump	11
Figure 2.2 Head-capacity envelope in for a typical centrifugal pump	18
Figure 2.3 Pump performance curves for a single diameter size	22
Figure 2.4 NPSH as a function of flow, and possible occurrence of cavitation	25
Figure 2.5 Change in performance curves and BEP point based on affinity laws	27
Figure 2.6 Single volute (left) and double volute (right) pump casing	28
Figure 3.1 System head components and intersection with pump head curve	30
Figure 3.2 Throttling the pump discharge and corresponding power loss	35
Figure 3.3 Changing the pump's speed and associated power saving	37
Figure 3.4 Parallel pumping system (two identical units)	38
Figure 3.5 Series operation of two identical pumps	39
Figure 3.6 Life cycle costs for a typical medium-sized industrial pump	42
Figure 4.1 Radially-split barrel-casing multistage boiler feed pump	43
Figure 4.2 Typical boiler feed water system	44
Figure 4.3 Head components of the boiler feed water pump (BFP)	46
Figure 4.4 Selection of the single BFP with safety margins and EN standard	48
Figure 4.5 Flow and pressure control system in a drum boiler	50
Figure 5.1 Annual load variation in a boiler plant	52
Figure 5.2 Load duration curve and load duty cycle	53
Figure 5.3 Pump data for a tentative operating point	54
Figure 5.4 Performance curves for one stage of each pump	56
Figure 5.5 Relation of motor efficiency with motor load factor	62
Figure 5.6 VFD factor based on change in frequency	63
Figure 5.7 Booster pump characteristics	64
Figure 5.8 BFP head curves and system demand curve after booster pump	69
Figure 5.9 Efficiency curve for six different pumps	69
Figure 5.10 Boiler pumps in parallel, booster pump, and system requirements	77
Figure 5.11 Determination of control strategy for parallel operation	79
Figure 6.1 Simplified layout of CHP plant	81
Figure 6.2 Input panel of pump model built for simulation of variable load	83

1. INTRODUCTION

Pumping systems account for 20% of the world's electricity consumption and up to half of the energy use in some industrial plants [1]. In steam power plants, the electrical energy consumed by the boiler feed water pump (BFP) is approximately 2 to 5% of the total generated electricity, up to several megawatts based on the plant size [2]. Optimized selection and control of BFPs can reduce their energy consumption resulting in higher net energy efficiency and less carbon emissions for the steam generating plants. However, there are several challenges in mitigation of energy losses of BFPs.

Boiler feed water pumping system (BFPS) is truly considered the heart of the steam generating plants. Since any failure or service outage results in heavy production losses, reliability and availability of BFPS must be carefully ensured. Pump engineers therefore tend to calculate and design the BFPS more conservatively to respond the probable future increases in the duty. Not only pump engineers, boiler standards also require relatively high safety margins that must be covered by the selected BFP, resulting in oversizing of the system. Moreover, the increasing use of intermittent renewable energy sources in power systems has imposed more load fluctuations to the central power stations. It further leads the BFPS to the part load operation, relatively far from the initial design point.

To address the mentioned challenges, the BFPS should be optimally designed for the entire life cycle. The optimization can be performed for the energy costs or more precisely for the total life cycle costs (LCC). Having the load pattern of the plant on a yearly basis can contribute the optimized selection of the new BFP when the existing system is retrofitted or replaced. In this study, the BFPS is optimally designed for a medium-size steam power plant, benefiting from the actual load data of an operating plant in Finland.

In the first scenario, a single constant-speed BFP is compared with variable speed and multiple pump alternatives to examine the LCC for each design. Next, a BFPS is examined to achieve the optimized control strategy for the given load regime in operation. The system comprises a booster pump and two identical parallel BFPs. MATLAB programming tool is used for building the mathematical model and optimization of the various pumping systems. To monitor the performance of the

steam power plant using each BFPS, the whole plant is modeled and simulated with IPSEpro simulation tool. Since some of the power losses in BFPs are absorbed by the pumped water in terms of heat, it affects the net energy efficiency of the plant in each pumping system. Having whole the plant simulated, such influences can be more precisely monitored. The empirical part of this study is limited to constant pressure drum boilers while sliding pressure is addressed in the theoretical part.

1.1. Background

Ever-rising energy prices and more stringent environmental regulations are strong motives to enhance the energy efficiency of the steam generating plants and reduction of in-house energy consumption. If not the most, BFPs are among the most energy consuming auxiliary units in boiler plants. BFPs are used to maintain the desirable boiler pressure and consequently the outgoing live steam pressure. Any fluctuation in load results in change in boiler pressure. It deviates the pump's operating point from the initial design point. To respond the load changes, the discharge pressure of the BFPs are traditionally regulated by a throttling valve or bypassing a share of the outlet stream. Using such approaches introduces significant losses in the system resulting in energy waste and faster wearing of the pump itself.

To reduce the losses, the operating point of the pump should be moved towards operating point of the system, for instance, by reduction of pump's rotational speed. Though the use of variable speed pumping (VSP) is not a new approach, the recent technological advancements in variable (adjustable) speed electric drives (VSED, ASD or simply VSD) has offered more economical achievements in VSP. In VSP systems, the reduction in driver's speed results in decrease in pump speed offering power savings in lower loads. While VSD technology has proved to be an economic option for low static head pumping systems, yet its usage in pumping applications with relatively high static head should be studied for each case [3].

BFPs are characterized for high static heads. However, continuous operation in part load and relatively high number of working hours offers further examination of VSP in BFPs. This study seeks to address this question. Though there is good literature in VSP in pumping stations and closed systems, yet the application of variable speed in BFPS and optimization of the whole system based on variable load data is not a properly covered topic.

1.2. Objectives and Scope of the Study

In this thesis, the author strives to find a theoretically defensible and practically acceptable approach for optimal design of the BFPS. Here, optimization objective is minimizing the life cycle costs of the BFPS, but minimization of energy consumption is also covered. Optimization is examined in two different steps: “selection” and “operating control”. First, BFPS is optimally selected among a set of available alternatives based on the available load data. In this approach, selection of a specific pump from a set of proposed BFPs is one criterion. Then, the number of main pumps in parallel, the stage number of each pump, and the best option among different available booster pumps are also examined. Based on “system design” concept, the optimized solution is determined for constant and variable speed schemes.

In the second optimization practice, the selected system is examined to find the optimized controlling strategy when two identical BFPs are in parallel. It means finding the best plan for running one or two pumps with constant or variable speed in different loads. In this section, optimization based on the energy efficiency of the BFPs is also briefly covered. However, the study remains limited to two identical pumps in this part to avoid complexity and clutter.

The monitoring of the performance of the each selected BFPS in a real power plant is another objective in this study. The application of BFPs in a thermal cycle of a combined heat and power (CHP) plant is also important in study of the total output of the plant in different loads. To do so, a medium-sized constant-pressure drum boiler plant is modeled and simulated in IPSEpro simulation environment. Using IPSEpro simulation tool, the net energy efficiency of the plant and turbine heat rate are determined under each pumping system. Moreover, the CO₂ emissions of the CHP plant are also determined for a biomass-fueled boiler.

1.3. Outline of the Thesis

Following the introduction in the first chapter, the basics of centrifugal pumps and their associated topics are reviewed in the second chapter. The focus is merely given to the topics related to the hydraulic performance characteristics rather than pump’s configuration and fluid dynamics. The required literature to understand the methods for calculation of main features of the pump, like power and efficiency, is also

introduced. At the end of this chapter, a brief review of the pump configuration is added to give the general understanding of the typical BFP's configuration.

In chapter 3, the selection criteria and sizing of the centrifugal pumps is discussed. The attention is mostly paid to the variables related to system design and more specifically for boiler applications. System head curve and pumping control strategies for maintaining the system requirements in different load is also reviewed. The application of multiple pumps and their influence on the pumping output, as well as different pumping drives and transmission devices are studied in this chapter. LCC analysis and energy efficiency considerations are other parts of this chapter to facilitate the reader with required knowledge in study of life cycle or energy optimization in pumping systems.

Chapter 4 directly deals with BFPs, from system characteristics to relevant standards and driving options. The main parameters in determination of the operating point of the BFP are examined. The difference in pressure regulating between two major boiler types is adequately discussed, i.e. sliding pressure in once-through boilers and constant pressure in drum boilers. Since some of the topics are generally reviewed in the previous chapters, the goal is to highlight the main differences of the BFPS from the others, not to discuss them in details. At the end, a brief explanation of the system based approach is given and influential factors in study of a BFPS are reviewed.

The empirical part of the thesis is introduced in chapter 5. After a short discussion of the optimization problem, different scenarios in optimal design of BFPS are examined. Selection of one single unit from a set of alternatives is the first scenario. Next, the number of multiple BFPs is optimized to minimize the LCC. Then, optimization is performed to determine the best strategy in operational control of two identical parallel pumps in different loads. Finally, different optimized solutions are simulated in a real power plant model to compare the outcome of the plant in each scenario. Last but not the least, results are discussed and a conclusion is drawn in the last chapter, chapter 6.