

O Pisto/EPT

15.9.2009

1 (5)

Suomen Soodakattilayhdistys ry

KESTOISUUSTYÖRYHMÄN KOKOUS III/2009

AIKA 7.9.2009 klo 10.00 – 15.00

PAIKKA PÖYRY-TALO, VANTAA

OSALLISTUJAT	Reijo Hukkanen	Stora Enso Oyj, Oulun tehdas, pj.
	Lasse Koivisto	Andritz Oy, Varkaus
	Pekka Pohjanne	VTT, Espoo
	Lauri Mattila	UPM-Kymmene Oyj, Pietarsaari
	Ari Santavuori	If Vahinkovakuutus Oy, Helsinki
	Jorma Viinikainen	Oy Metsä-Botnia Ab, Joutseno
	Esa Ilves	Inspecta
	Outi Pisto	Pöyry Forest Industry Oy, Vantaa, siht.

Kohtien 1 – 3.2 aikana

Esa Vakkilainen	Lappeenrannan teknillinen yliopisto
Tanja Pentinsaari	Lappeenrannan teknillinen yliopisto

Kohdan 3.3 jälkeen

Timo Karjunen	Boildec Oy
---------------	------------

LIITE I Tanja Pentinsaari, LUT: Muutosilmiöt soodakattilakeossa

LIITE II Esa Vakkilainen, LUT: Once-through and reheater recovery boiler concepts

LIITE III Timo Karjunen, Boildec Oy: Voimalaitosten vesivertailu

LIITE IV Reijo Hukkanen, tutkimussuunnitelma: Soodakattilalaitoksen lisäveden orgaanisen aineen (TOC) vähentäminen

LIITE V Teollisuuden Vesi Oy: TOC-poistomenetelmät ja niiden soveltuvuus soodakattiloiden lisäveden valmistukseen -lisäyötarjous

LIITE VI Timo Karjunen, Boildec Oy: Field Testing of Compound materials, test nro I

LIITE VII Oulun yliopisto: Tarjous tulenkestävien massojen kokeellisesta tutkimuksesta

JAKELU

Tiedotetaan sähköpostilla:
(46)

(10) Kestoisuustyöryhmä

(12) Hallitus

(21) Vaurioraportoinnin yhdyshenkilöt

(3) Arkisto EPT/OMP/MNN

1 POISSAOILOILMOITUKSET

Kalle Salmi, Hannu Hänninen, Jyri Järvi ja Tapio Huuska olivat estyneet osallistumaan kokoukseen. Järven tilalla kokoukseen osallistui Esa Ilves.

2 ASIALISTA

Asialista hyväksyttiin muutoksitta.

3 SKYREC

3.1 LTY: Soodakattilan keon lämmönsiirto-ominaisuudet

Tanja Pentinsaari piti esityksen diplomityöstään ”Muutosilmiöt soodakattilakeossa”, esitys liitteessä I.

Työ julkaistaan yhdistyksen raporttina. Kommentteja raporttiin voi lähettää Esa Vakkilaiselle tai Outi Pistolle 20. syyskuuta 2009 mennessä. Raportissa voisi olla aluksi 3-5 sivun tiivistelmä työn olennaisista tuloksista.

Pesuaajan aloittamissuositus olisi sidottava keon korkeuteen.

3.2 LTY: Soodakattila läpivirtauskattilana

Esa Vakkilainen raportoi Soodakattila läpivirtauskattilana – projektin etenemisestä, liite II.

Tavoitteena on saada työ kommentoitavaksi lokakuun loppuun mennessä.

3.3 WP4: Kattilaveden ja höyryn laadun varmistaminen

Liittyen lisäveden orgaanisten aineiden pitoisuuksiin Timo Karjunen, Boildec Oy esitteli voimalaitosten vesivertailun 2009 tuloksia, liite III.

3.3.1 TOC-poistomenetelmät ja niiden soveltuvuus soodakattiloiden lisäveden valmistukseen

Työ on tilattu Teollisuuden Vesi Oy:ltä ja on käynnistynyt syyskuun alussa. Työssä tehdään kirjallisuusselvitys TOC:n poistoon tarkoitetuista kaupallisista menetelmistä sekä tutkitaan ioninvaihtoa ja orgaanista kuormitusta.

Työn on tarkoitus valmistua marraskuun loppuun mennessä 2009.

3.3.2 TOCin vähentäminen lisävedestä

Työ on tilattu Oulun Yliopistolta. Diplomityöntekijä Tero Luukkonen on aloittanut työn asemapaikkanaan Stora Enso Oulun tehdas. Tutkimussuunnitelma liitteessä IV.

Työn on tarkoitus valmistua toukokuun loppuun mennessä 2010.

3.3.3 Tarjous lisätyöstä liittyen TOC-poistomenetelmiin

Teollisuuden Vesi Oy on lähettänyt tarjouksen lisätyöstä liittyen aiemmin tilattuun TOC-poistomenetelmät – tutkimukseen, liite V.

Työtä ei tilata, koska se koskee vain yhdellä tehtaalla tehtäviä parannuksia lisäveden laatuun eikä siten hyödytä yleisellä tasolla yhdistyksen jäseniä.

3.4 Boildec Oy: Materiaalikokeet tulipesässä

Timo Karjunen raportoi tulipesässä tehdyistä materiaalikokeista, liite VI. Koe keskeytyi 750 h jälkeen ilmapuhaltimen lakattua toimimasta sähkönsyötön katketessa.

Sähkökatko tapahtui, koska pistorasian vikavirtasuoja oli lauennut laitteessa tapahtuneen vuotovirran takia.

Uutta koetta varten vikavirtasuoja ohitetaan ja tehdään puhaltimen pysähtymisestä hälytys valvomoon. Lisäksi mietitään varajäähdytysjärjestelmän rakentamista laitteeseen.

Uusi koe aloitetaan mahdollisimman pian. Joutseno ajaa täydellä kuormala vuoden loppuun saakka.

Karjunen tiedusteli epäonnistuneen kokeen laskutusta. Käsitellään asia SKYREC-projektin johtoryhmässä 8.9. Sopimuksen mukaan vain onnistuneet kokeet laskutetaan.

3.5 VTT, Tulistinmateriaalien tutkimus

Tulistinmateriaalien kenttätutkimus on tilattu VTT:ltä.

Valmistelut on aloitettu ja kokeet on tarkoitus tehdä syksyn 2009 aikana.

3.6 TP1: Keraamiset ja metalliset rakennemateriaalit uusissa soodakattiloissa

Oulun yliopiston (OY) on lähettänyt uuden tarjouksen laboratoriokokeista, jossa keraamisia materiaaleja testattaisiin sulassa, liite VII.

Vertailumateriaalina oleva Hastle ei ole kestävä, joten sen voisi korvata esimerkiksi magnesiittitiilestä tehdyllä kappaleella. Näin saataisiin tasa-laatuinen vertailumateriaali.

Ehdotettiin, että työssä tutkittaisiin ensin, mitkä materiaalit kestävät. Mikrorakennetutkimus tehtäisiin materiaaleille, jotka ovat kokeissa kestäneet.

Työryhmä esittää SKYREC- projektin johtoryhmälle työn tilaamista Oulun Yliopistolta.

4 VAURIOT

4.1 1/2009 UPM Pietarsaari

Vaurio on väsymismurtuma. Lisätutkimukset vauriosta meneillään.

4.2 2/2009 MB Kemi

Vaurion syynä ulkopuolinen korroosio savukaasupuolelta.

Kohdetta syytä tarkistaa säännöllisesti.

5 KLTK-OHJEIDEN PÄIVITYS

Puheenjohtaja on päivittänyt viimeiset kommentit KLTK- ohjeeseen. Sihteeri lähettää ohjeen työryhmälle. Ohje on valmis julkaistavaksi kirjoitusasun tarkastamisen jälkeen.

6 UUDET TUTKIMUKSET JA SELVITYKSET

Kattilalaitosten vaaranarvionti vaatii päivittämistä. TUKES vaatii vaaranarvioinnin tekemistä mikäli kattilalaitoksen miehitystä vähennetään.

7 MUUT ASIAT

Jorma Viinikainen jää eläkkeelle marraskuun lopussa. Puheenjohtaja tiedustele Martti Hirttiön, Oy Metsä-Botnia Ab Äänekoski halukkuutta liittyä työryhmän jäseneksi.

Oy Metsä-Botnia Ab Joutsenon uusi vaurioyhdyshenkilö on Toni Wahlman.

Sihteeri jää äitiyslomalle 19.10. Työryhmän sekä yhdistyksen sihteerin tehtäviä hoitaa lokakuun puolivälistä alkaen varasihteeri Markus Nieminen (markus.nieminen@poyry.com, puh 010 3322 525).



8 SEURAAVA KOKOUS

Seuraava kokous pidetään torstaina 26.11.2009 klo 10 Pöyryllä Vantaalla.

Vakuudeksi

Outi Pisto

Liite I

**Tanja Pentinsaari, LUT:
Muutosilmiöt soodakattilakeossa**

MUUTOSILMIÖT SOODAKATTILAKEOSSA

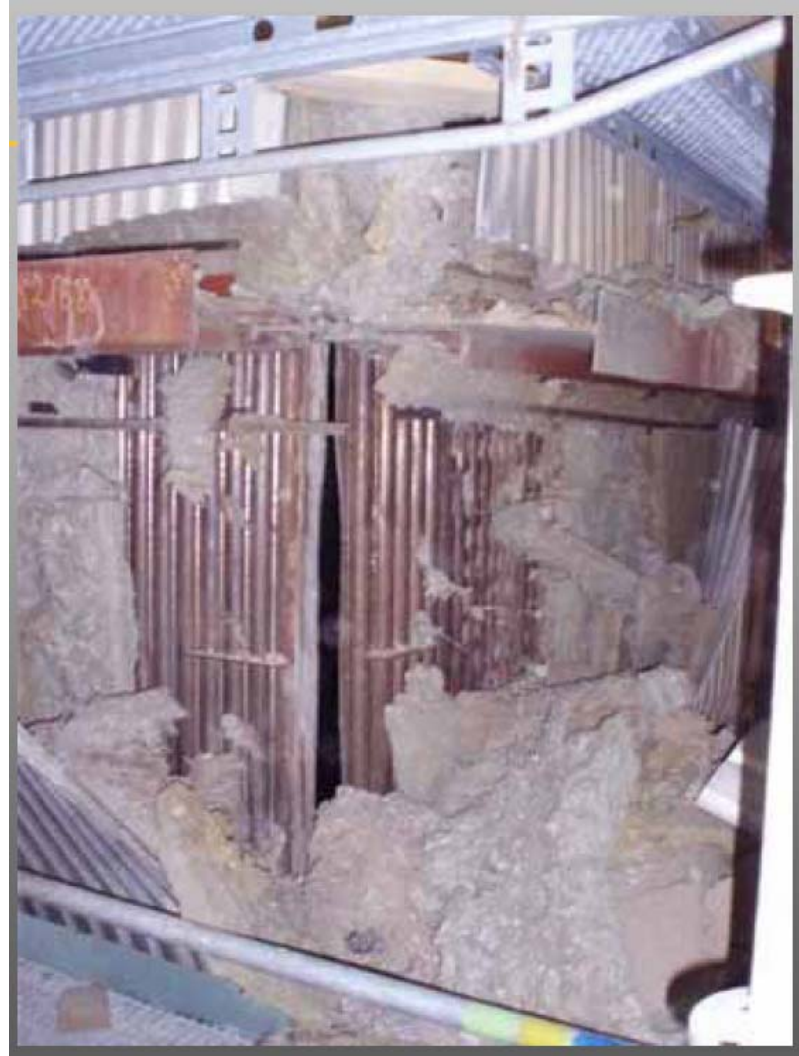
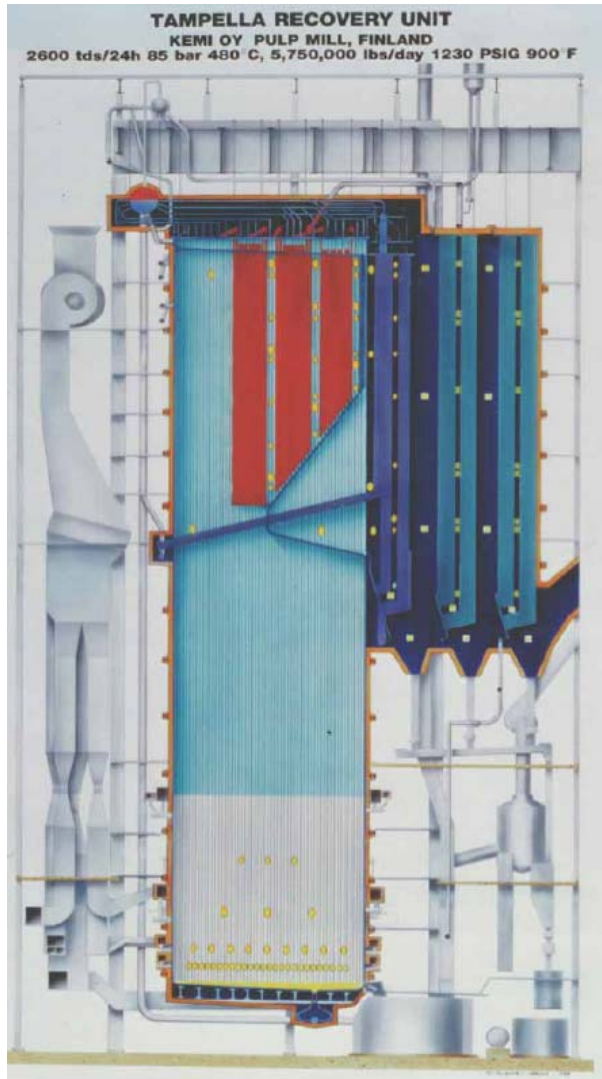
Tanja Pentinsaari

7.9.2009

Johdanto aiheeseen

- Epästationaarinen käyttäytyminen ja pitkä jäähtymisaika aiheuttavat ongelmia taloudellisessa käytettävyydessä ja turvallisuudessa
- CFD-mallit huomioivat vain keon aktiivisen pintakerroksen
- Keon käyttäytyminen ei ole aikasidonnaista

Kemin soodakattilan sulavesiräjähdys 2008



Työn sisältö

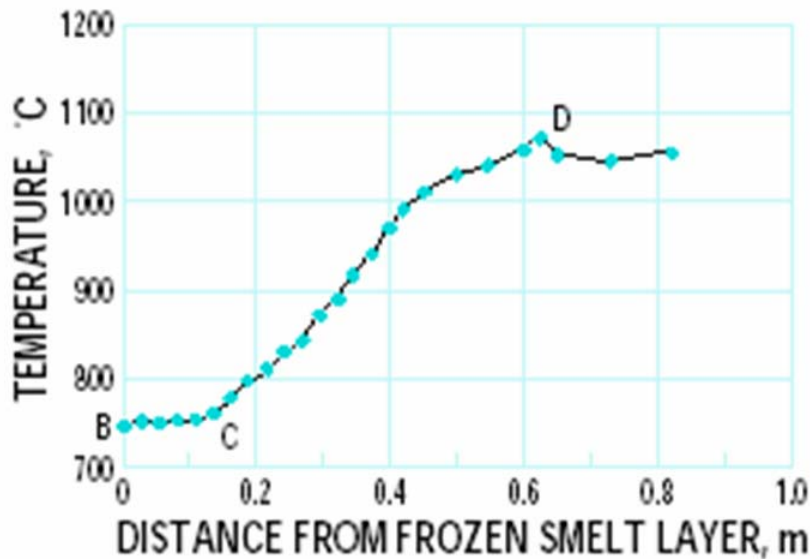
- Käytön aikana havaitut muutosilmiöt ja niiden taustalla olevat tekijät
- Jäähtymiseen vaikuttavat lämpötekniset ominaisuudet
- Jäähdytysmenetelmät
- Jäähtymisen simulointi käyttäen 1-dimensionaalista ADL-mallia

Sulakeon rakenne ja lämpötekniset ominaisuudet

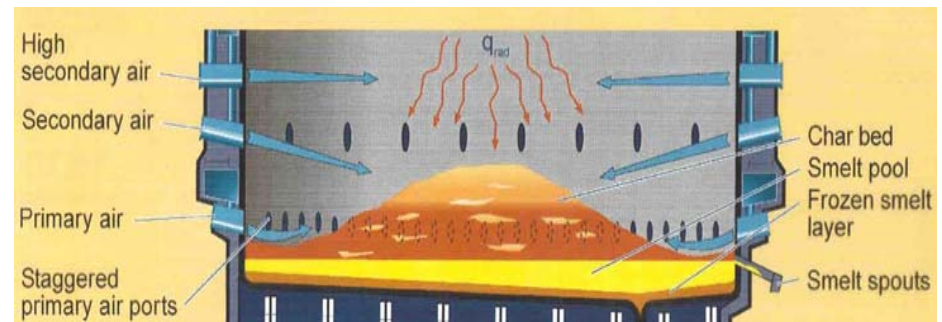
- Koostumus:

Ainesosa			Näyte1	Näyte2	Näyte3
Hiili	C	%	0.5	2.4	0.3
Rikki	S	%	10.5	11.1	11.6
Natrium	Na	%	40.8	40.1	42.2
Kalium	K	%	3.9	4	4.2
Kloridi	Cl	%	0.3	0.4	0.3
Magnesium	Mg	%	2.7	2.6	0.7
Kalsium	Ca	%	$45.3 \cdot 10^{-6}$	$47.3 \cdot 10^{-6}$	$68.5 \cdot 10^{-6}$
Rauta	Fe	%	$69.8 \cdot 10^{-6}$	$161 \cdot 10^{-6}$	$161 \cdot 10^{-6}$
Fosfori	P	%	$18.7 \cdot 10^{-6}$	$9.6 \cdot 10^{-6}$	$32.5 \cdot 10^{-6}$
Karbonaatti	Na_2CO_3	%	66.2	74.1	63.6
Sulfaatti	Na_2SO_4	%	6.8	3.7	8.3
Sulfidi	Na_2S	%	21.6	24.9	23.3
Thiosulfaatti	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{CO}_3$	%	0.9	1	0.8

- Lämpötilaprofiili:



- Muoto ja rakenne:
- palava pintakerros (piste D) ja sen alla tiheä, reagoimaton keko
- pohjan tuntumassa jähmettyneestä sulasta muodostunut kerros (piste B)

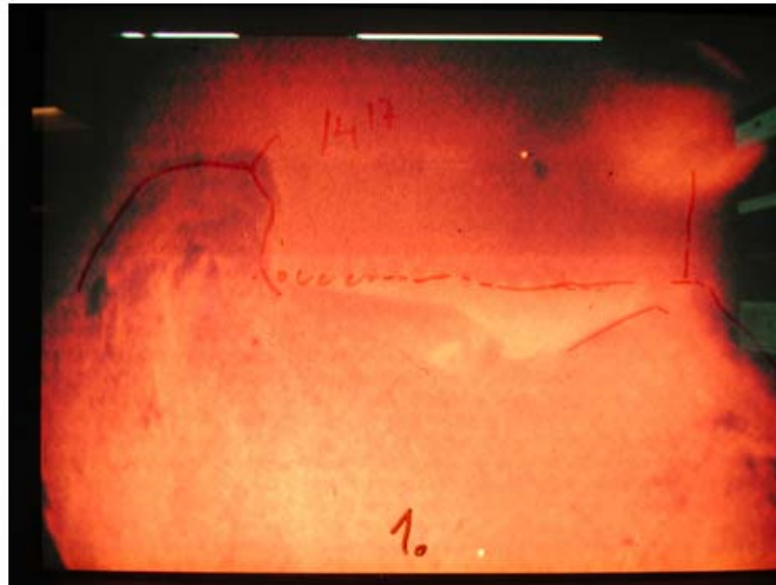


- **Lämpötekniset ominaisuudet:**
- keon sisältämä lämpöenergia on noin 4200MJ/m²
- sulan sisältämä lämpöenergia on noin 340MJ/m²

Yhdiste		Tiheys	Lämpökapasiteet-		Lämmönjohta-		Terminen diffuu-	
		$\rho[\text{kg/m}^3]$	ti $c_p[\text{J/kg}^\circ\text{C}]$		vuus $k[\text{W/m}^\circ\text{C}]$		siokerroin $\alpha[\text{m}^2/\text{s}]$	
Epäorgaaninen hiili		400-1330	1254		0.078		$0.5-0.75 \cdot 10^{-7}$	
Orgaaninen hiili		290-460	1254		0.28-0.38		$0.5-1.0 \cdot 10^{-6}$	
Sula, neste		1923	1338		0.45		$1.81 \cdot 10^{-7}$	
Sula, kiinteä		2163	1421		0.882		$2.84 \cdot 10^{-7}$	

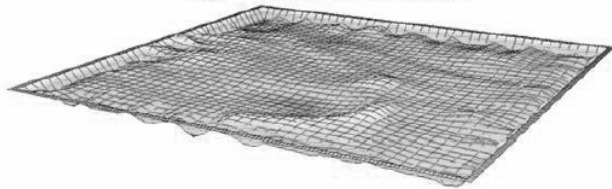
Käytön aikana havaitut ilmiöt

- Sulakeon pinnan muodossa tapahtuvat muutokset:
 - lipeäpisaroiden laskeutuminen keon pinnalle → ruiskutusasetukset
 - lipeän kasaantumisesta seuraa harjanne, joka kasvaa kunnes ruiskutusasetuksia muutetaan tai harjanteen rakenne murtuu

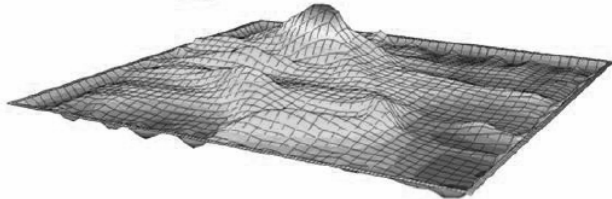


- Aikariippuvainen CFD-malli → lipeäpisaran koon vaikutus syntyvän keon muotoon
- Paras vastaavuus todelliseen kekoon saadaan pisarakoolla 3.1mm

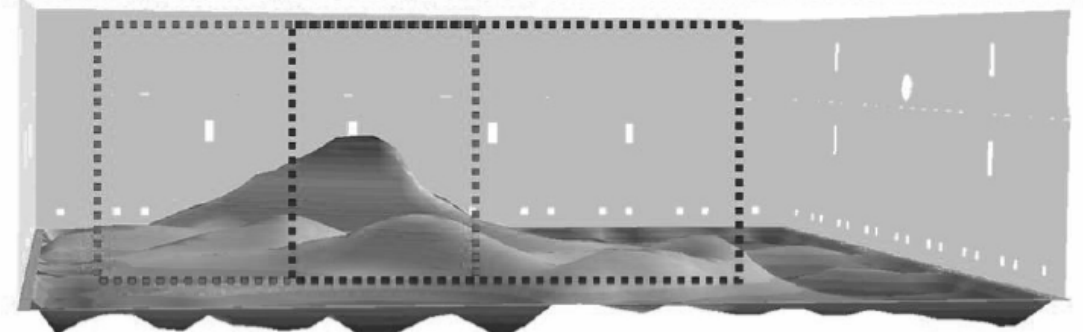
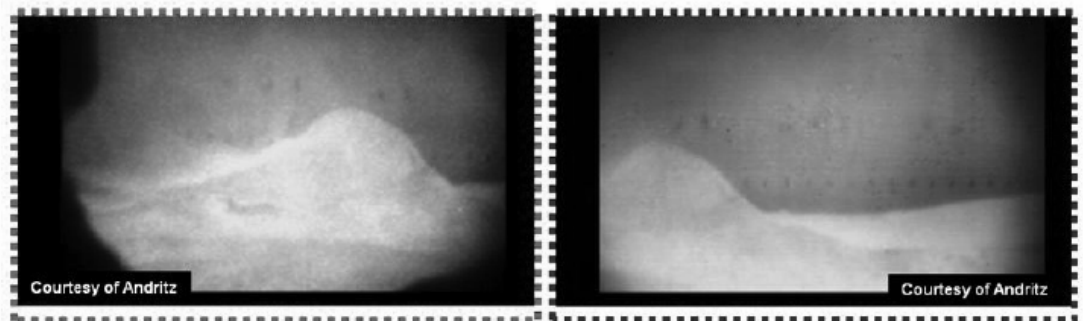
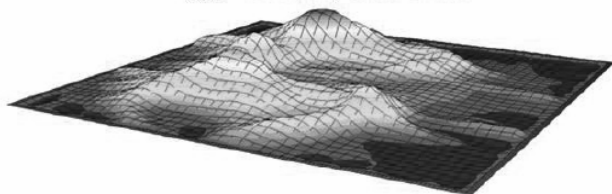
$D_p = 2$ mm, after 30 min



$D_p = 3.1$ mm, after 30 min

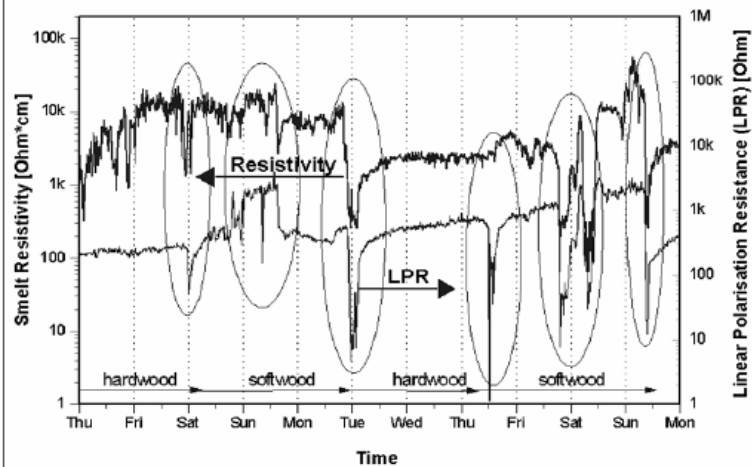


$D_p = 6.3$ mm, after 8 min

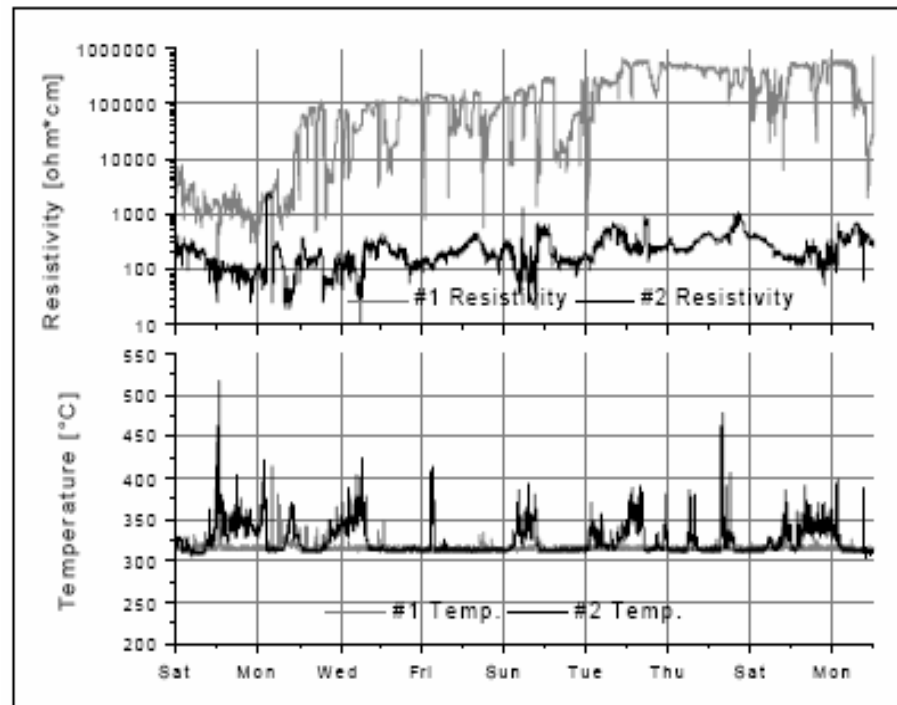
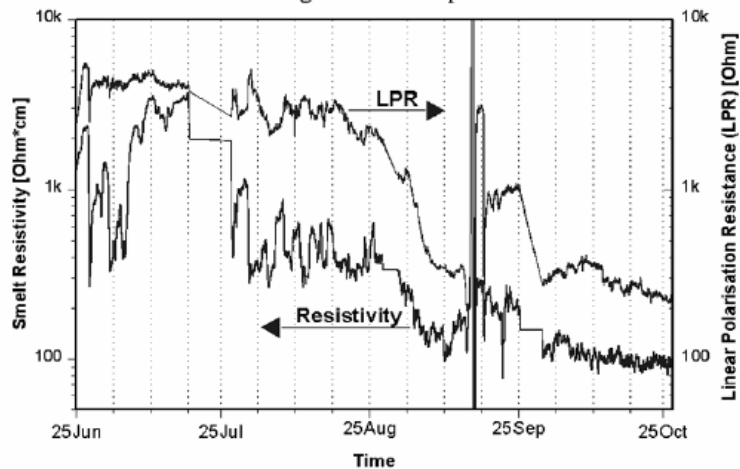


- **Pohjaputkien johtavuus- ja lämpötilapiikit:**
- jähmettynyt sula voi hetkellisesti muuttua sulaksi kaliumin, rikin ja kloridin rikastumisen seurauksena → korroosiovaara
- Sulan ominaisuuksia voidaan tarkkailla sähkökemiallisilla mittauksilla → ominaisvastus ja lineaarinen resistanssijakauma (LPR), lämpötilamuutokset

a. Resistivity of the layer close to the floor tube in a kraft recovery boiler during a period of eleven days



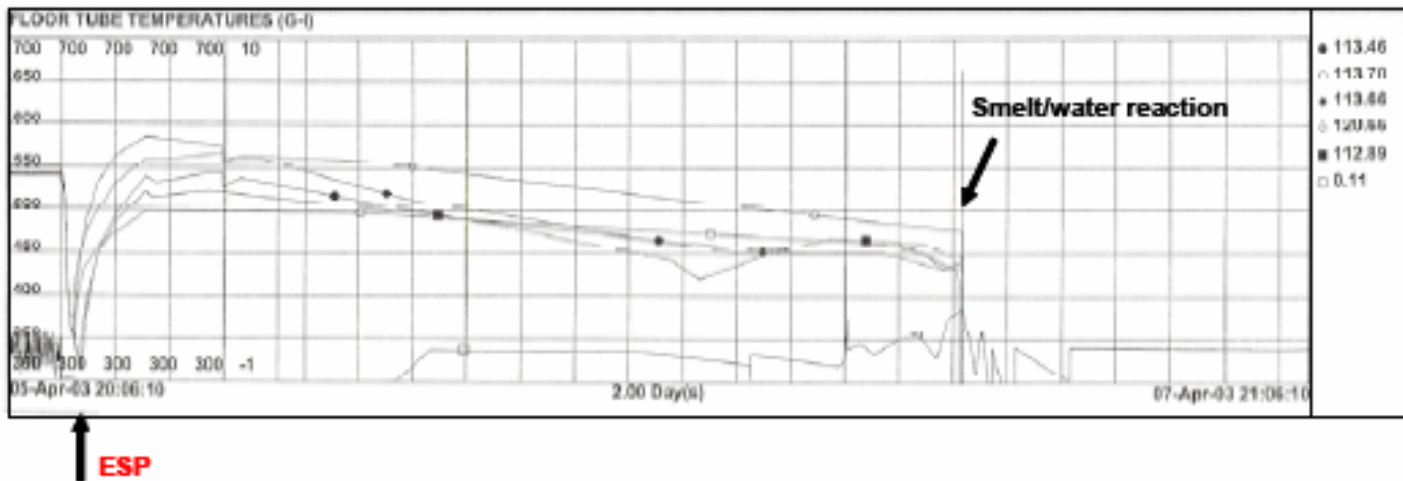
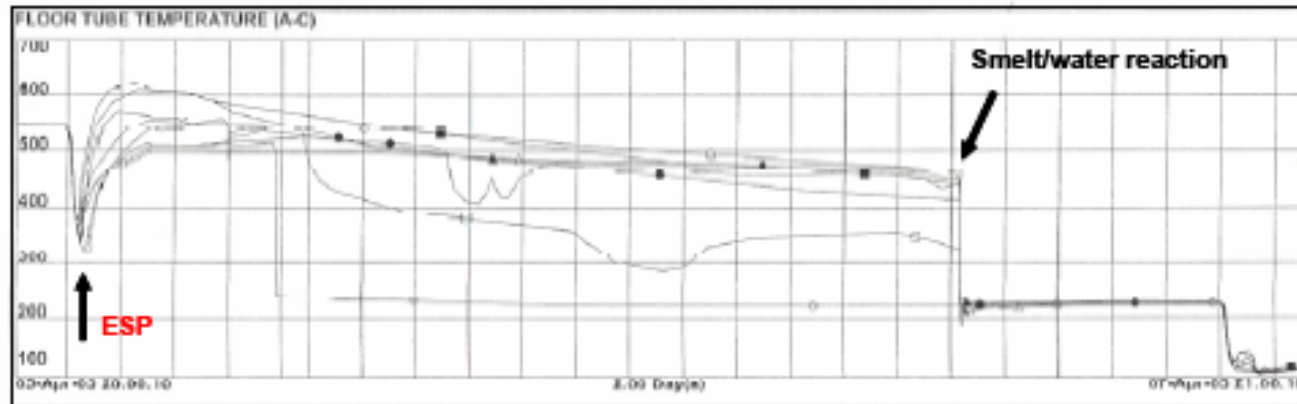
b. Resistivity of the layer close to the floor tube in a kraft recovery boiler during a four month period



- Pikajäähdytyksen yhteydessä havaitut muutokset:
- natriumbikarbonaatti-jäähdytysmenetelmän yhteydessä tapahtunut pienimuotoisia sulavesiräjähdyksiä



- Tulipesän pohjaputkien lämpötilat



- **Muutosilmiöitä aiheuttavia tekijöitä:**
- keon sisäiset muutokset
 - kemialliset prosessit, lämpötekniset ja fyysiset muutokset
 - lämpötilaerot, lämpöjännitykset
 - rakennemuutokset, tiheysjakauma
- Kekoon ulkoapäin vaikuttavat muutostekijät
 - tulistimilta putoava tuhkamöykky
 - ajotilanteista johtuvat muutokset (kattilan kuorma, lipeän ruiskutusasetukset)

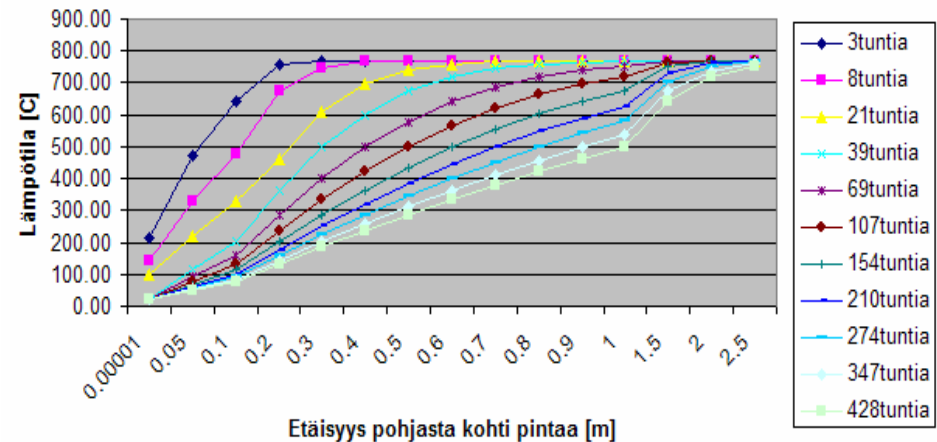
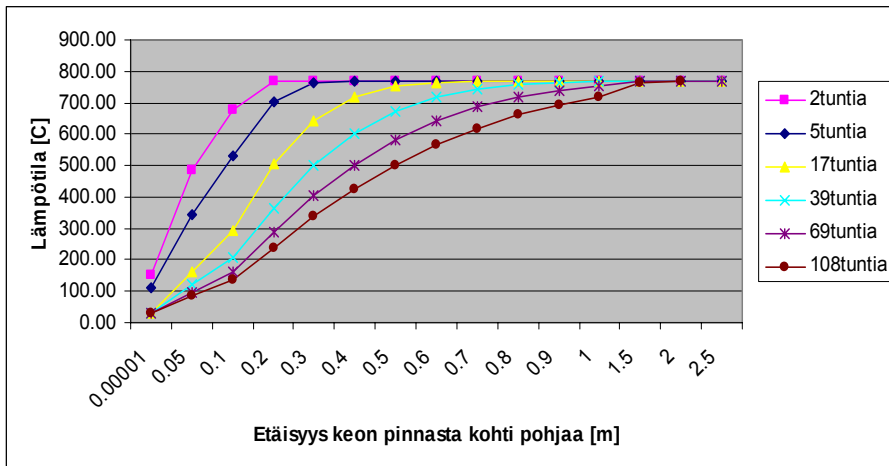
Jäähdytymisen mallinnus

- ADL-malli:
- keon lämpötilaprofiilin mallinnus, perustana 1-dimensionaalinen lämmönjohtuminen

$$\frac{T(x,t) - T_{\infty}}{T_0 - T_{\infty}} = \operatorname{erf}\left\{\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}\right\} + \exp\left\{\frac{hx}{k} + \frac{h^2 \alpha t}{k^2}\right\} \left[1 - \operatorname{erf}\left\{\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}} + \frac{h\sqrt{\alpha t}}{k}\right\}\right]$$

missä $T(x,t)$ = lämpötila syvyydessä x ja ajassa t [K]
 T_{∞} = ympäristön lämpötila [K]
 T_0 = pinnan lämpötila [K]
 x = syvyys pinnasta tulipesän pohjaan [m]
 t = aika [s]
 α = termien diffuusiokerroin pinnan materiaalille [m²/s]
 h = lämmönsiirtokerroin [W/m²K]
 k = lämmönjohtavuus pinnan materiaalille [W/mK]

- keon oletetaan olevan 0.6m korkea ja symmetrinen
- keon sisässä ei oleteta tapahtuvan lämpöä kuluttavia reaktioita



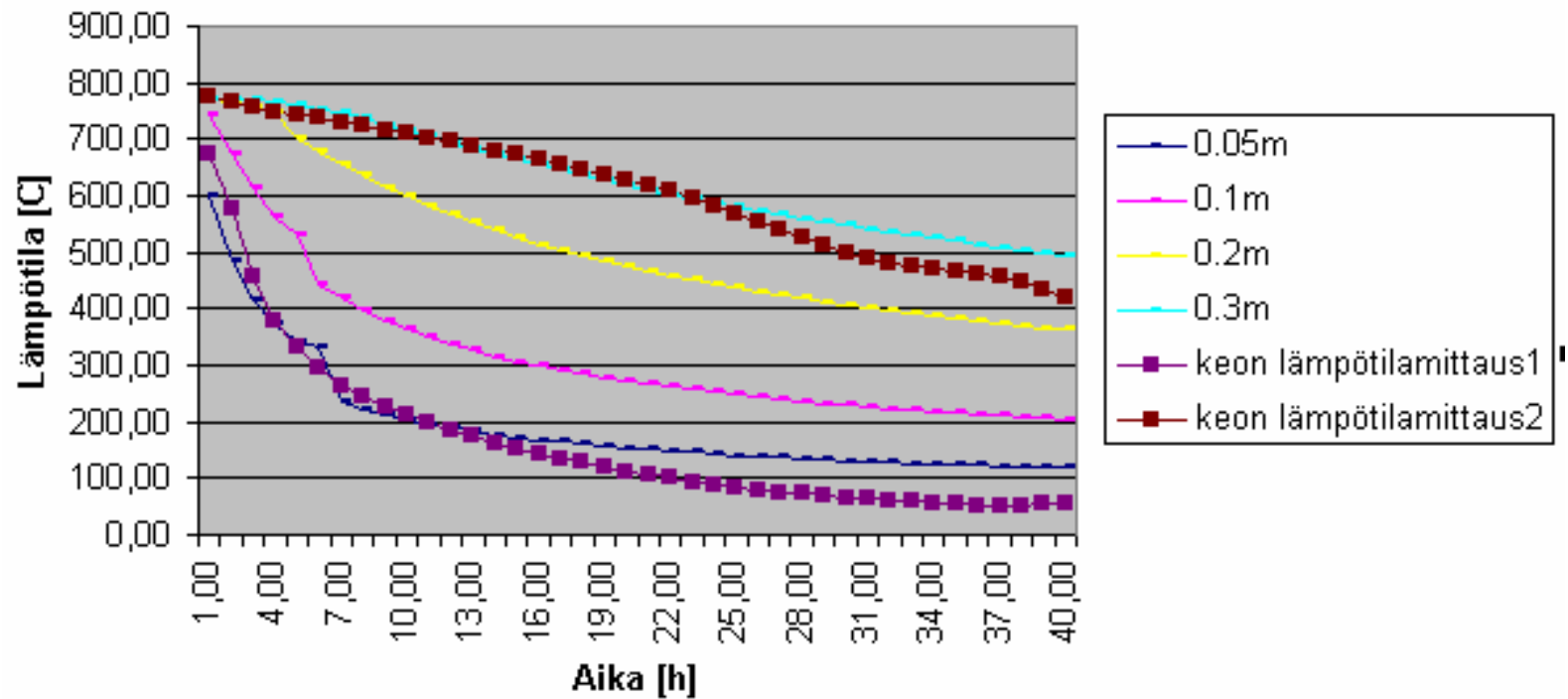
- keon jäähtyminen alle 500°C

Etäisyys pohjasta kohti pintaa [m]	Jäähtymisaika [h]	Etäisyys pinnasta kohti pohjaa [m]	Jäähtymisaika [h]
0.05	3	0.05	2
0.1	8	0.1	5
0.2	21	0.2	17
0.3	39	0.3	39
0.4	69	0.4	69
0.5	107	0.5	108
0.6	154	0.6	153
0.7	210	0.7	193
0.8	274	0.8	235
0.9	347	0.9	278
1	428	1	336

- Kokonaisjäähtymisaika alle 500°C

Sulakeon koko [m]	Jäähtymisaika [h]
0.1	2.5
0.2	6.5
0.4	19
0.6	39
0.8	69
1	108
1.2	154
1.4	202
1.6	255
1.8	313
2	382

- laskentamallin vertaus mittaustuloksiin



Sulakeon jäähdytysmenetelmät

- Natriumbikarbonaatti (NaHCO_3)
 - Nestemäinen hiilidioksidi (CO_2)
 - Höyry
 - Typpi
- Eniten käytetyimmät natriumbikarbonaatti ja nestemäinen hiilidioksidi

- **Natriumbikarbonaatti (NaHCO_3):**
 - kiinteä, puuterimainen kemikaali → ruiskutetaan kekkoon typen avulla
 - hajoaa nopeasti noin 110°C , täydellinen hajoaminen noin 170°C
 - käyttö voidaan aloittaa noin 12-14 tunnin kuluttua hätäpysäytyksestä
 - kekoa voidaan käsitellä vain yhdellä ruiskutusputkella kerrallaan



- Nestemäinen hiilidioksidi (CO_2):
- laajeneminen keossa säilytyspaineesta ilmanpaineeseen → jäähtyminen
- käytetään kuten natriumbikarbonaattia → voidaan käyttää useaa ruiskutusputkea samanaikaisesti
- putkiston tukkeutuminen ja kylmyyden aiheuttamat palovammat riskinä



- **Höyry:**

- valmis saatavuus tehtaalla, käyttö kuten edellä kuvatuilla menetelmillä
- vaatii erityistä varovaisuutta → putkistoon syntyy helposti lauhdetta, jolloin sulavesiräjähdys riski
- tehokkuudeltaan huonompi kuin edellä kuvatut

- **Typpi:**

- ei sido lämpöä itseensä, jäähtyminen tapahtuu keon mekaanisen hajoamisen kautta
- ei pidetä tehokkaana

Johtopäätökset

- Syitä keon epävakaaseen käyttäytymiseen ei tunneta → rakenteen selvittäminen
- Laskentamalli lakkaa toimimasta syvyyden ja ajan kasvaessa
- Jäähtymisajat saatiin lukemalla mallista sekä kulmakertoimen avulla
- Mallin suurempana ongelmana keon rakenteen tasa-aineistaminen

- Malliin syötettävät lähtöarvot vaihtelevat riippuen lähteestä
- Ainoa muuttuja, joka mallin avulla voidaan määrittää on terminen diffuusiokerroin

**KIITOKSIA
MIELENKIINNOSTANNE!**

Liite II

**Esa Vakkilainen, LUT:
Once-through and reheater recovery boiler concepts**

Once-through and reheater recovery boiler concepts

Report on progress 24.8.2009

Esa K. Vakkilainen

Progress report

- Studied concepts redefined 26.6.2009
- Requirement to do mill balances for No Power boiler concepts
- Mill balances for all concepts finished
- Reheater concept

Concepts studied (redefined, 26.6.2009)

- A. Natural circulation 82 %, 490 °C, 9.0 MPa (Joutseno)
- B. Natural circulation 85 %, 505 °C, 10.2 MPa (Kymi)
- C. Natural circulation 85 %, 515 °C, 12.0 MPa (Yonago)

Future boiler concept

- D. Assisted circulation 85 %, 540 °C, 16.0 MPa (SoTu)

Reheat boilers

- E. Natural circulation 85 %, 515/515 °C, 12.0/3.0 MPa (SkyRec)
- F. Once-through 85 %, 540/540 °C, 26.0/5.4 MPa (Skyrec+)

Case		A	B	C	D	E	F
Capacity	tds/d	5500	5500	5500	5500	5500	5500
capacity (virgin)	tds/d	5005	5005	5005	5005	5005	5005
Dry solids	%	82.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
ds (virgin)	%	80.6	83.8	83.8	83.8	83.8	83.8
recycle ash	%	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
HHV	MJ/kgds	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00
LHV	MJ/kgds	12.28	12.28	12.28	12.28	12.28	12.28
O2 in dry flue gas	%	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
Primary air percentage	%	23.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0
Primary air temperature	°C	150.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0
Secondary air percentage	%	50.0	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0
Secondary air temperature	°C	120.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0
Tertiary air percentage	%	27.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
Tertiary air temperature	°C	30.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0
Quaternary air percentage	%	0.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
Quaternary air temperature	°C	30.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0
Total air temperature	°C	102.6	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0
Reduction	%	95.00	96.00	96.00	96.00	96.00	96.00
Main steam pressure RB	bar(a)	91.0	102.0	120.0	160.0	105.0	260.0
Main steam temperature RB	°C	490.0	505.0	515.0	540.0	505.0	540.0
Main steam pressure PB	bar(a)	91.0	102.0	102.0	102.0	102.0	102.0
Main steam temperature PB	°C	490.0	505.0	505.0	505.0	505.0	505.0
Feedwater pressure	bar(a)	110.0	121.0	146.0	182.0	290.0	290.0
Feedwater temperature	°C	120.0	148.0	148.0	148.0	148.0	148.0
		511.3	630.9	632.5	634.8	641.8	641.8
Reheater inlet pressure	bar(a)					36	56
Reheater inlet temperature	°C					348	337
Reheater outlet pressure	bar(a)					34	54
Reheater outlet temperature	°C					400	460
HP FWpreheater inlet temperature	°C	200	200	200	200	200	200
HP FWpreheater outlet temperature	°C	200	200	220	220	220	220
Flue gas temperature (eco out)	°C	155	197	197	197	197	197
Flue gas temperature (to stack)	°C		155	155	155	155	155
Sootblowing	kg/s	6.0	6.0	6.0	6.0	8.0	8.0

Electricity generation

Mill with power boiler		A	B	C	D	E	F
Pulping usage total	MW	87.6	88.1	88.9	90.2	88.2	93.2
Mill total usage	MW	95.5	96.1	96.9	98.3	96.2	101.2
Electricity production	MW	233.8	238.4	245.6	261.1	245.1	263.4
Surplus electricity production	MW	138.3	142.2	148.7	162.8	148.9	162.2
Change in electricity production	MW	0.0	3.9	10.4	24.6	10.6	23.9
	%	0.0	2.9	7.5	17.8	7.7	17.3
Mill without power boiler							
Pulping usage total	MW	87.6	88.1	88.9	90.2	88.1	93.2
Mill total usage	MW	91.1	91.7	92.4	93.8	91.7	96.8
Electricity production	MW	149.0	152.9	160.9	174.8	159.3	177.9
Surplus electricity production	MW	57.8	61.2	68.4	81.0	67.6	81.1
Change in electricity production	MW	0.0	3.4	10.6	23.2	9.8	23.3
	%	0.0	5.8	18.3	40.2	16.9	40.3

Recovery boiler electricity consumption

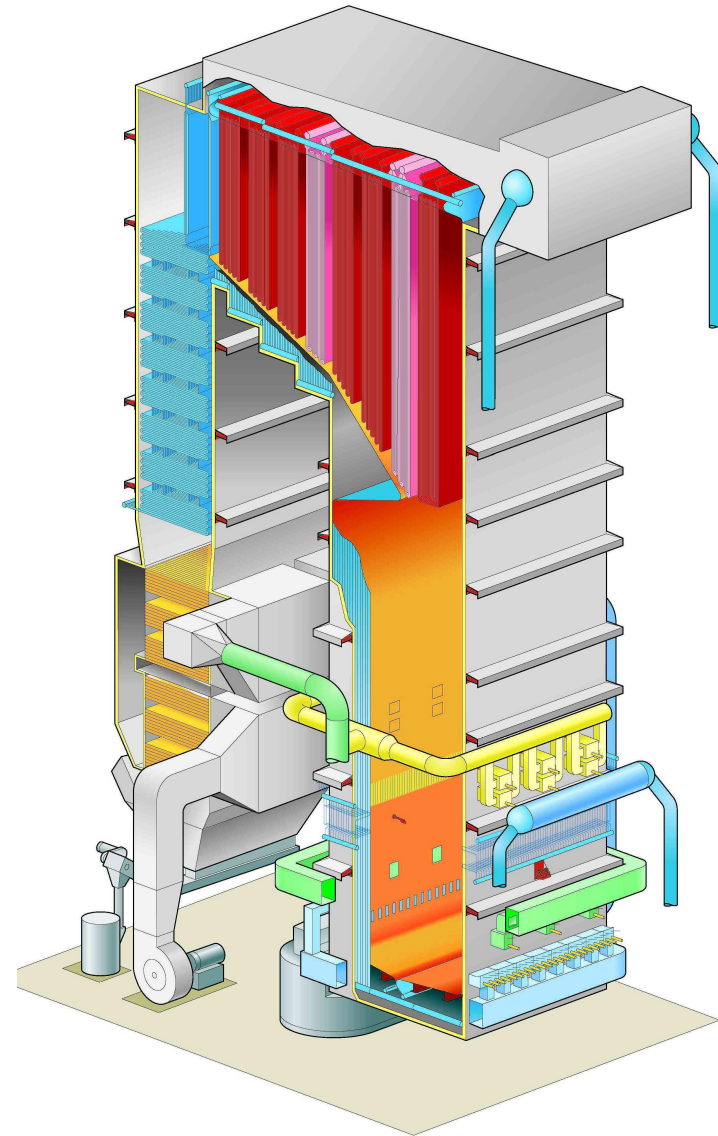
Case		A	B	C	D	E	F
Air fan power	kW	2275	2296	2296	2296	2296	2296
Flue gas fan power	kW	2570	2534	2534	2534	2534	2534
Feedwater pumping power	kW	2958	3488	4208	5581	3551	8478
Other power	kW	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Total power	kW	9304	9818	10538	11911	9881	14809

Reheater recovery boiler concept

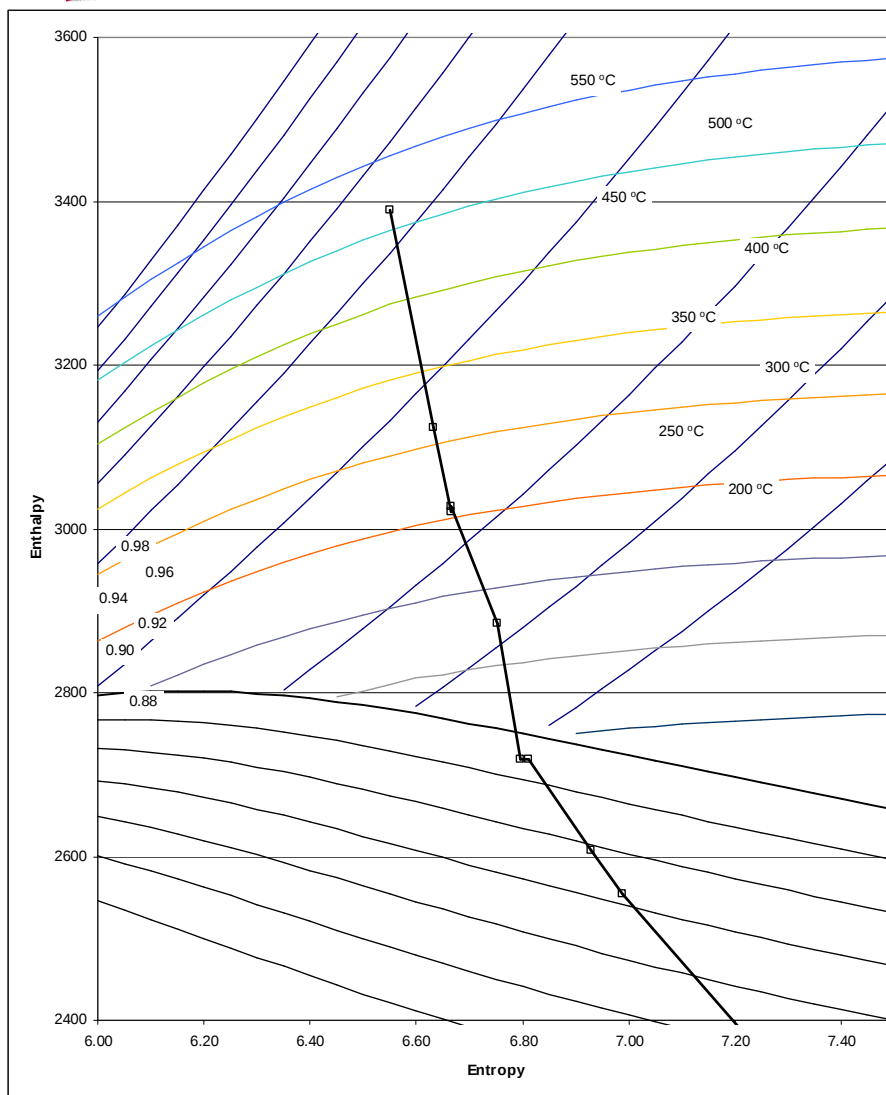
Reheater recovery boiler concept Vendor
Babcock & Wilcox, Capacity 4500 t
ds/24h, Black liquor ds 85 %

Main steam 130 kg/s 179 bar(a) 510 °C

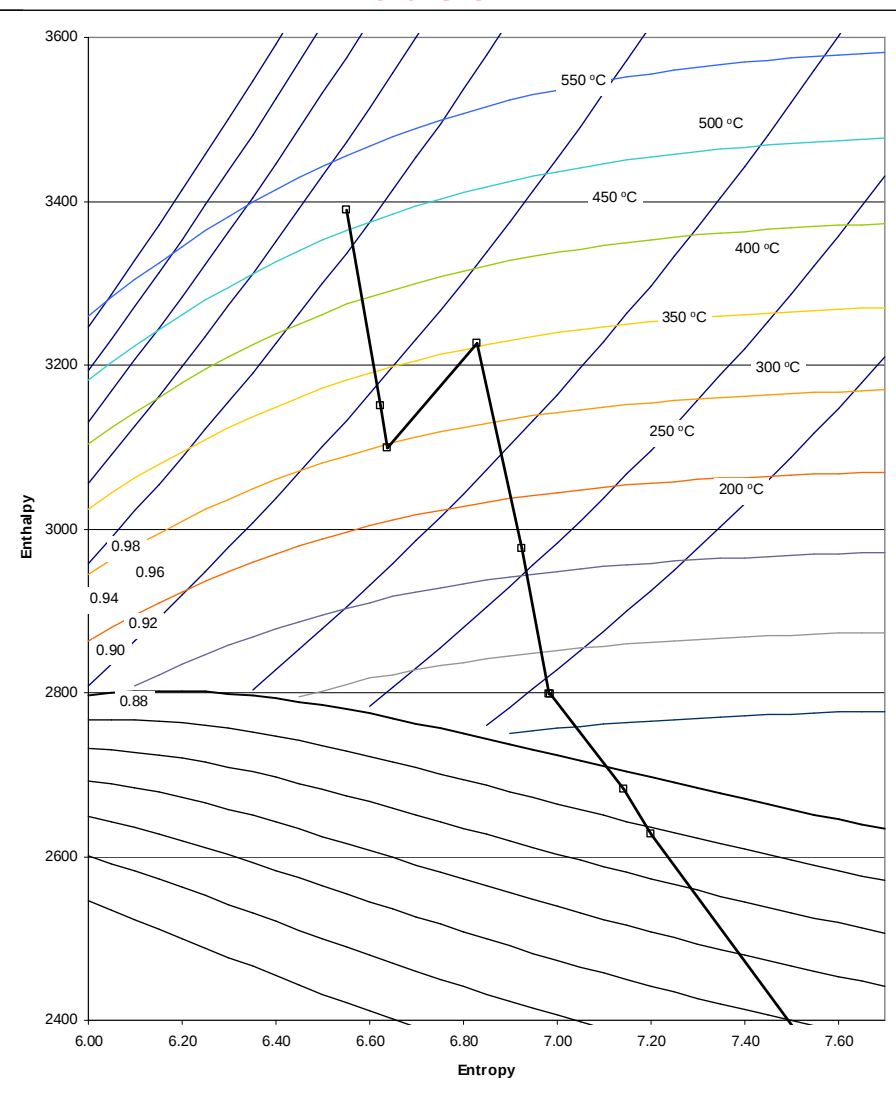
Reheated steam 62 bar(a) 443 °C.



Case C



Case E

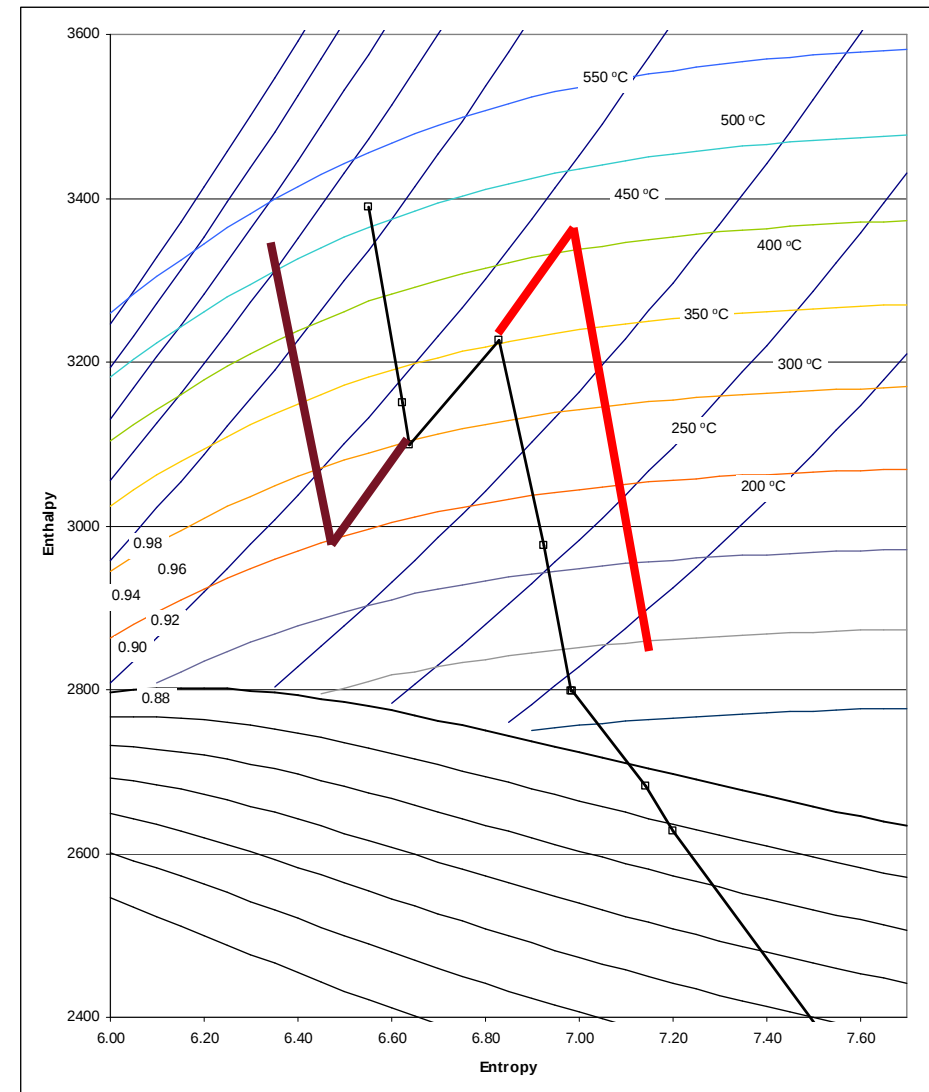


Comparison expansion Case C vs E

- Both start expansion at $h=3389.2$ kJ/kg at 514/118
- at $h=3098.9$ kJ/kg at 348/34 reheater goes back for more heat
- Case C expands to $h=2726.1$ kJ/kg at 149.5/4.5
- while case E expands from $h=3227.3$ kJ/kg at 400/32 to $h=2799.1$ kJ/kg at 173/4.5
- Because $3098.9 - 2726.1 = 372.8$ and $3227.3 - 2799.1 = 428.2$ the extra from reheat is not that great

Improving Reheat

- One can increase reheating, but then the LP steam gets more and more superheated
- Or increase main steam pressure to e.g. 160 bar resulting in larger expansion and ~3 MWe



APROS calculations

- Calculations for 100 % and 80 % for Case F
- Calculations 100 % -> 80 %
- To be presented

Dimensions and economies

- Dimensions for each Case
- Prices for each Case
- Economies for each Case
- To be presented

Effect of preheating

- Will be done during September and October

Liite III

**Timo Karjunen, Boildec Oy:
Voimalaitosten vesivertailu**



Voimalaitosten Vesivertailu 2009

Timo Karjunen

9/2009



Osallistujat

Osallistujina 16 voimalaitosta ja 20 kattilaa

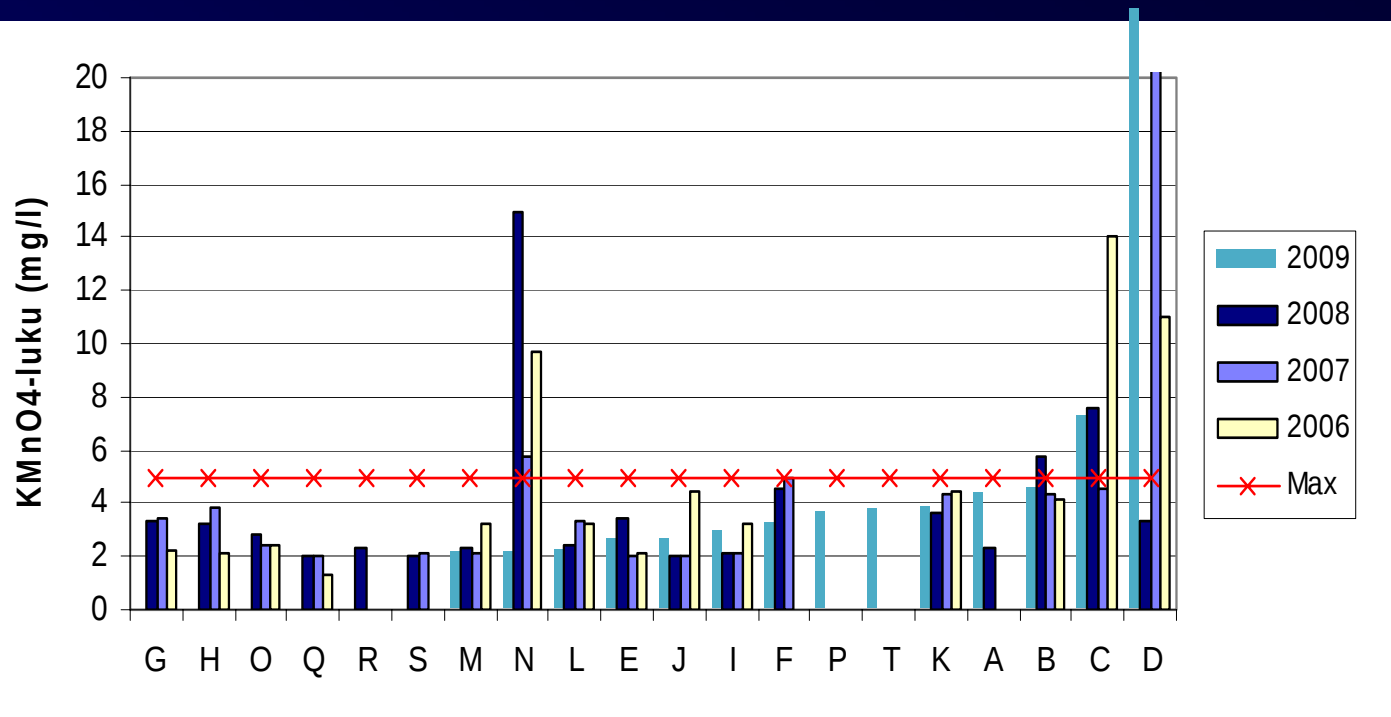
12 massatehtaan soodakattilaa

3 paperitehtaan lauhhteita käyttävää kattilaa

1 voimalaitos

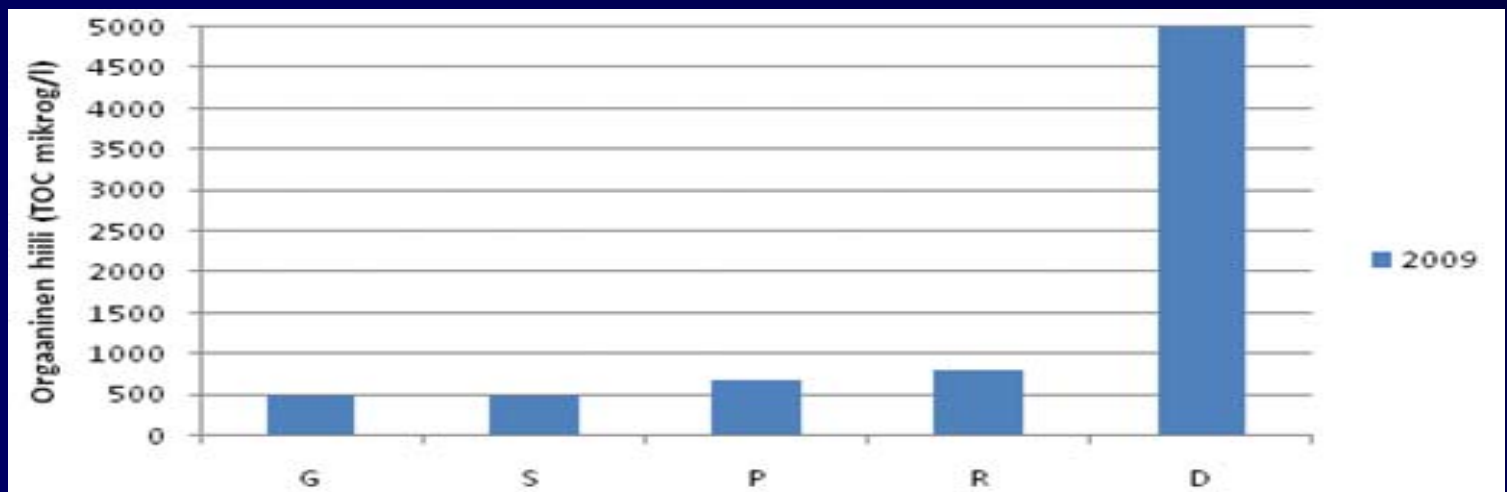
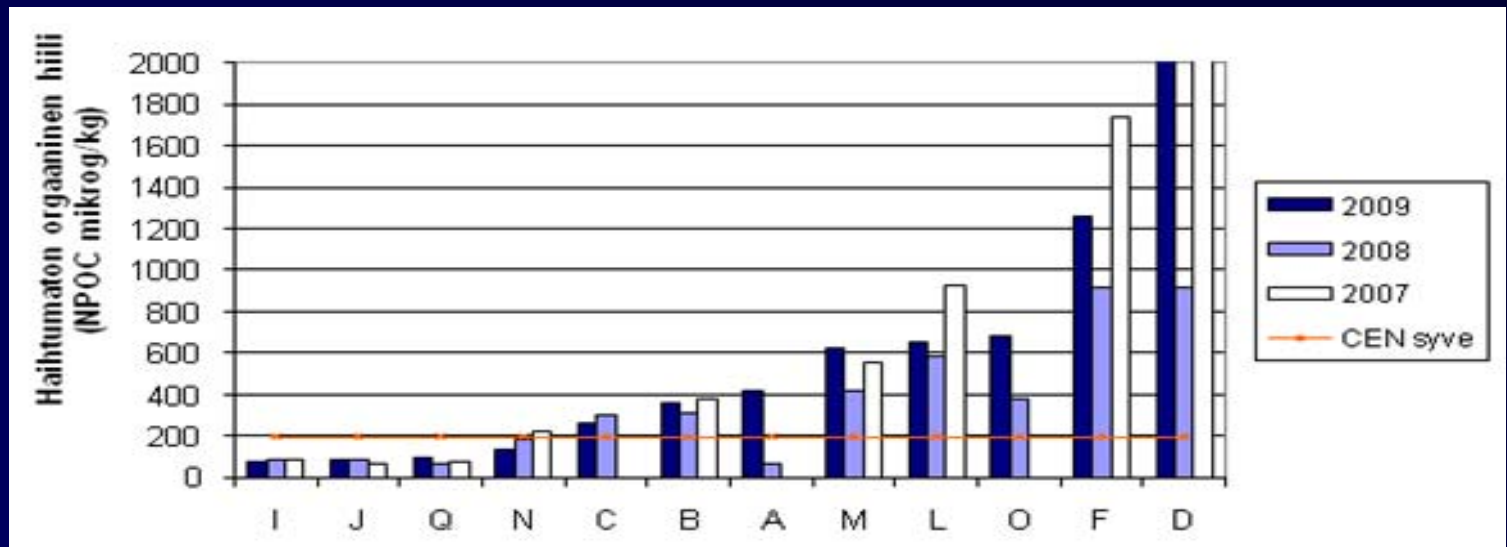


Kattilaveden orgaaniset aineet



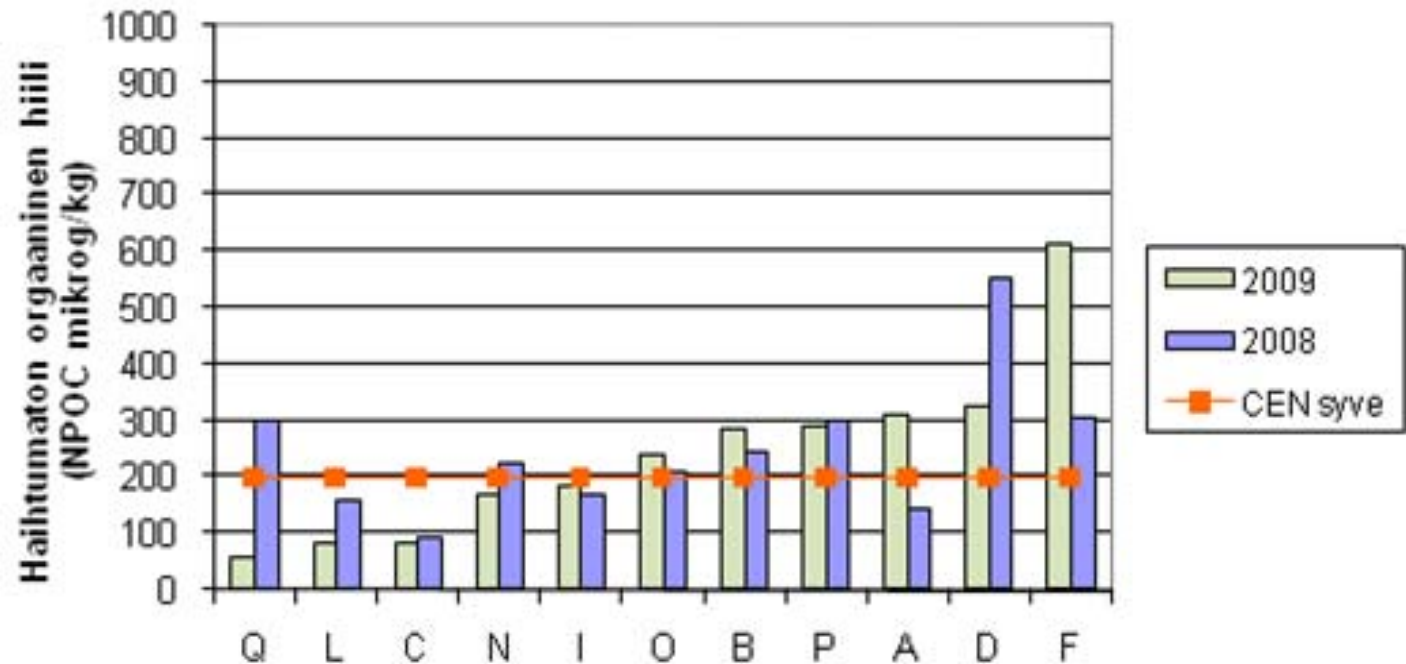


Tulistetun höyryn orgaanisen aineen pitoisuus



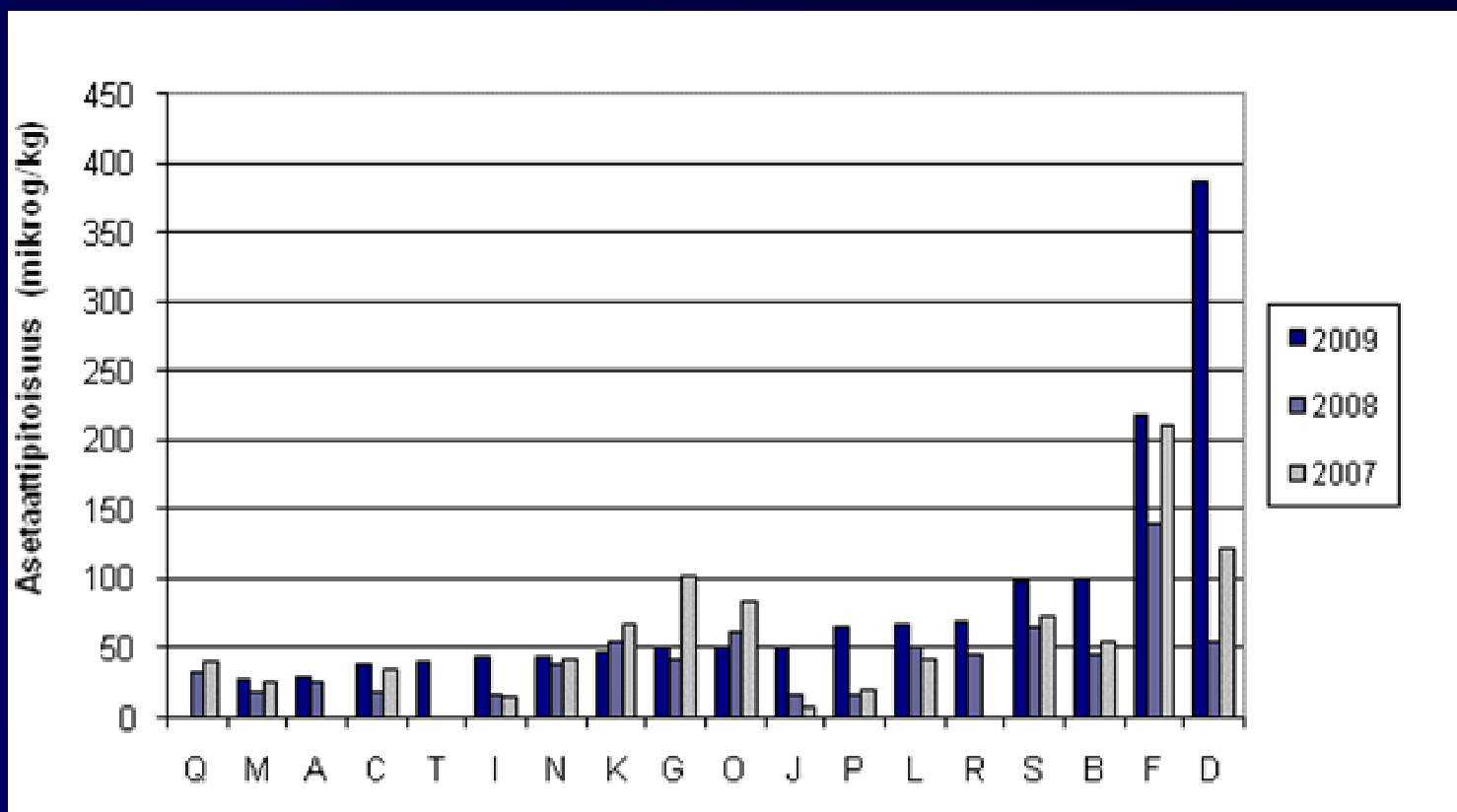


Lisäveden orgaaniset aineet



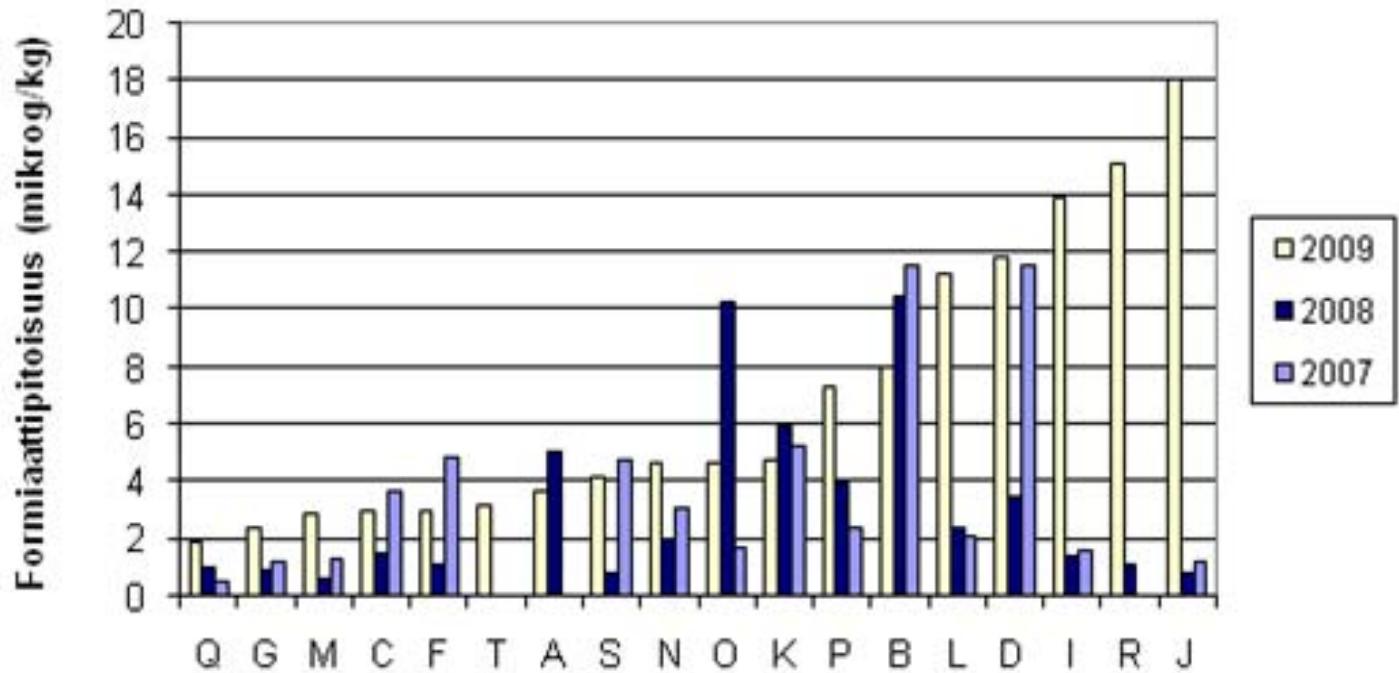


Tulistetun höyryn etikkahappopitoisuudet





Tulistetun höyryn muurahaishappopitoisuudet



Liite IV

**Reijo Hukkanen, tutkimussuunnitelma:
Soodakattilalaitoksen lisäveden orgaanisen aineen (TOC) vähentäminen**

5.5.2009

Soodakattilalaitoksen lisäveden orgaanisen aineen (TOC) vähentäminen

1 Tausta

Projekti on osa Soodakattilan sähköenergiatehokkuuden nostaminen uudelle tasolle -projektiä ja sen Kattilaveden ja höyryn laadun varmistaminen -osaprojektia.

Hiilivetyrakenteen termisen hajoamisen kautta syntyneet hapot ja hiilidioksidi alentavat kattilaveden höyryn ja muodostuvan lauhteen (varsinkin ns. ensilauhteen) pH-arvoa. VTT:n juuri julkaistussa tutkimuksessa todettiin tarvittavan lisätutkimusta lisäveden tuomien orgaanisten aineiden vähentämisestä, koska useissa tapauksissa lisäveden tuoma orgaanisen aineen määrä voi olla merkittävämpi, kuin käytettävän orgaanisen kemikaalin hajoamistuotteet, orgaanisen kuormituksen vaikutus on kuitenkin kokonaisuus.

Soodakattiloiden vesi-höyrykierrossa korostuu lauhteiden vajaa palautus ja tarvittavan lisäveden runsas määrä. Lisäveden kautta kiertoön tuleva orgaaninen aines on rakenteeltaan huomattavasti heterogeenisempää kuin orgaanisten kemikaalien sisältämä, ja sen määrä sekä kokojakauma riippuvat merkittävästi raakavesilähteestä, vesilaitoksen prosessista ja myös vuodenaikasta. VTT:n tutkimuksessa korostetaan nimenomaan vedenpuhdistusprosessin merkitystä ja esitetään, että suolanpoistolaitoksissa vaikeimmin poistettavia biopolymeerejä voidaan poistaa aktiivihiiplikäsittelyllä. Kuitenkaan ei ole suoritettu tutkimuksia, joiden tuloksia voitaisiin soveltaa suoraan suomalaisiin pintavesiin. On olemassa tutkimuksia, joissa aktiivihiihen vaikutus puhdistustulokseen on todettu lyhytaikaiseksi, mutta tutkimukseen on otettu selvitys käyttää aktiivihiihtä tavoilla, joita ei ole aiemmin tutkittu.

2 Toteutus

2.1 Vaiheet, työpaketit, tehtävät

Tutkimuksessa selvitetään kolmen samaa pintavettä raakavetenään käyttävän laitoksen prosessin, kemikaloinnin ja aktiivihiiplikäsittelyn vaikutusta saatavan kemiallisesti puhdistetun veden laatuun, TOC:n vähenemiseen ja käyttökelpoisuuteen lisäveden ja myös paperin valmistusprosessiin. Viimeksimainittu koska teollisuus on vierastanut ferrisulfaatin käyttöä vesilaitoksissaan. Myös selvitetään mitkä on edetykset ferrisulfaatin käyttöön VKE-laitoksilla. Selvityksessä sivutaan myös taloudellisuuskysymystä

Laitokset 1 ja 2 ovat kunnallisia laitoksia joissa puhdiskemikaalina on ferrisulfaatti ja joissa on aktiivihiiplikäsittely. Laitos 3 on tyypillinen teollisuuden vesilaitos, jossa prosessina on alumiinisaostus.

HEINÄ-JOULUKUU 2008		RAAKAVESI,	Vesilaitos 1	Vesilaitos 3	Vesilaitos 3
MÄÄRITYKSET	yksikkö	keskiarvo	keskiarvo	keskiarvo	keskiarvo
kaliumpermanganaattiluku	mg/l	46	4,0	< 4,0	7,0
orgaaninen kokonaishiili TOC-arvo	mg/l	11,7	1,6	1,6	3,0
rauta	mg/l	0,72	ei todettu	ei todettu	ei todettu
väriluku	mg/lPt	90	< 5	< 5	

5.5.2009

Tutkitaan teoreettisesti ja myös laboratorio- sekä kenttäkokeiden avulla aktiivihiihkäsittelyn sisällyttämistä teollisuuden suolanpoistolaitoksen prosessiin omana vaiheenaan tai yhdistämällä se esimerkiksi sekavaihtimeen tarkoituksena vähentää lisäveden jäävää orgaanisen aineen määrää. Tämä vaihe on tutkimuksen merkittävin koska aktiivihiihen tarve ja kulutus on merkittävästi pienempää, kun sillä käsitellään jo anionivaihtimella käsiteltyä vettä, jonka TOC pitoisuus on 1/10 tulevan veden pitoisuudesta.

Suoritetaan mittaukset Suomen kaikkien soodakattilalaitoksen raakaveden TOC pitoisuudesta ja lisävedenkäsittelyn vaikutus jäävään TOC pitoisuuteen. Vaiheeseen pyydetään pääsääntöisesti näytteet laitoksilta ja kuvaus vedenpuhdistusprosessista

Tulokset raportoidaan yy.xx.2010 mennessä, mikäli työ aloitetaan aaaa kuun 2009 alussa.

2.2 Organisointi

Työ suoritetaan opintyönäyteenä Oulun yliopiston kemian laitoksella.

KTR toimii työn ohjaajana, yhteyshenkilönä ja Soodakattilayhdistyksen edustajana.

Liite V

**Teollisuuden Vesi Oy:
TOC-poistomenetelmät ja niiden soveltuvuus soodakattiloiden lisäveden
valmistukseen - lisätyötarjous**

Soodakattilayhdistys ry

TARJOUS NRO 130/09

TOC-poistomenetelmät ja niiden soveltuvuus soodakattiloiden lisäveden valmistukseen

- lisäyötarjous

Tausta

Soodakattilayhdistys on tilannut Teollisuuden Vedeltä aiemmin tänä vuonna selvityksen TOC-poistomenetelmistä ja niiden soveltuvuudesta soodakattiloiden lisäveden laadun parantamiseen. Tämä lisäyötarjous liittyy tähän tilaukseen (16A0913/S88) ja vertailuun otettavat menetelmät ovat kirjallisuusselvityksessä läpikäytäviä menetelmiä.

Työn tavoite

Työn tavoitteena on tuoda esiin TOC-poistomenetelmien kustannukset ja tekninen sovellettavuus soodakattiloiden lisäveden laadun parantamiseksi esimerkkilaitoksen avulla.

Työn sisältö

Työ sisältää esisuunnitteluaineiston TOC-tason 0,1...0,2 mg/l saavuttamiseksi lisävedessä UPM:n Pietarsaaren laitoksella. Työssä tuodaan esille eri menetelmien (käänteisosmoosi eri tavoin, UV-TOC, aktiivihiilisuodatus ja ioninvaihto sekä mahdollisesti muita selvityksessä esille tulevia menetelmiä) soveltuvuus ja kustannukset vanhan demivesilaitoksen päivittämiseksi:

- Laitteiden mitoitus ja suunnittelu
 - uudet hankittavat prosessit
 - ioninvaihdon mitoitus syöttöveden laadun muuttuessa (virtauksen, suola- tai TOC-pitoisuuden muutokset)
- investointikustannukset budjettitasolla
 - tarjouspyyntöjen teko
 - tarjousten vertailu ja tarvittavat neuvottelut toimittajien kanssa
- arvio käyttökustannuksista
 - kemikaalit
 - kalvot/hartsit
 - sähkö
 - käytön seuranta
- tilavaatimukset
- toimitusaika
- pilot-mittakaavan kokeiden tarve

Työn dokumentointi

Tulokset dokumentoidaan Word- ja Excel-dokumentteina.

Tilaajan vastuut ja muut varaukset

Toimittajalla on riittävät esitiedot Pietarsaaren vesilaitokselta.

Aikatauluehdotus

Esisuunnittelua tehdään rinnan TOC-poistomenetelmistä tehtävän kirjallisuusselvityksen kanssa niin, että työ on valmis vuoden 2010 tammikuun loppuun mennessä. Esim. mahdollista laitteiden budjetointia varten esitietoja voidaan luovuttaa Tilaajalle aiemminkin. Aiemmin tilattujen töiden aikataulu pysyy ennallaan.

Hinta €, alv 0%

Lisätyöhinta esisuunnittelulle on 38 000 €.

Yhteyshenkilö

Maija Vidqvist
Puh. 040 503 1258
E-mail maija.vidqvist@teollisuudenvesi.fi

Tarjouksen voimassaoloaika

Tarjous on voimassa syyskuun loppuun 2009.

Maksuehdot

Maksuehto on 14 pv netto.

Maksupositit:

40 %	tilauksesta
60 %	työn valmistuttua

Muut ehdot

KSE 1995 mukaan.

Kunnioittaen,

Teollisuuden Vesi Oy

Maija Vidqvist

Liite VI

**Timo Karjunen, Boildec Oy:
Field Testing of Compound materials, test nro I**

24.8.2009

FIELD TESTING OF COMPOUND MATERIALS, TEST NRO 1

The purpose of the test was to expose different compound tube materials to conditions in recovery boiler furnace for 1000 h so that the surface temperature is about 440°C.

Test was initiated by installing an oil-cooled test probe into unused liquor gun opening in Metsä Botnia Joutseno mill recovery boiler.

It was soon discovered that the surface-mounted thermocouples, which had been planned to be used for input for cooling fan control, did not produce meaningful results. Therefore it was decided to replace the thermocouple reading in the fan control by pressure reading, as it was concluded from previous experiments and design calculations that stable pressure would yield variations in surface temperature that were still tolerable. In fact, this way of controlling the surface temperatures resembles the way real boilers are operated more closely.

The alterations in the control system were completed on 8.7.2009 and the system pressure tuned to right level on 9.7.2009, as operation scheme of liquor guns had to be changed so that wet liquor did no longer spray on the test probe, as continuous spraying of wet black liquor on test probe makes pressure and temperature control impossible.

The pressure set point was estimated on the basis of the previous experiment that took place in September 2006. In the previous test the right surface temperature was achieved when the system pressure was about 4,5 bar (overpressure). This time the materials are different, as real compound material is used in stead of pure stainless steel specimens. The tube material has considerable better conductivity and therefore the temperature difference between hot surface facing furnace and the cold, oil-cooled surface is in this case smaller. This difference has to be compensated by increasing the probe pressure. Design calculations implied that the correct surface temperatures would be reached with the probe pressure of 5,3 bar (overpressure). At this pressure, the cooling oil saturation temperature is about 362°C.

At the beginning of the experiment the set point for probe pressure was increased to 6,3 bar (overpressure), since boiler was operating at that time at lower load than normally. As boiler load was increased on 10.7.2009, the set point was reduced to final value of 5,3 bar (overpressure).

Experimental setup functioned well for four weeks, until on 9.8.2009 at 20:30 the air fan responsible for the cooling of the whole setup lost power for some unknown reason. As a result, the test probe pressure rose uncontrollably until safety valve opened and cooling oil was lost. Soon after natural cooling of the test specimens was lost and the test specimens were destroyed. The test had to be terminated after 750 hours of operation.

As long as power was available, the experimental setup was working well and in a controllable manner. For example, the probe pressure was relatively stable, see figure 1.

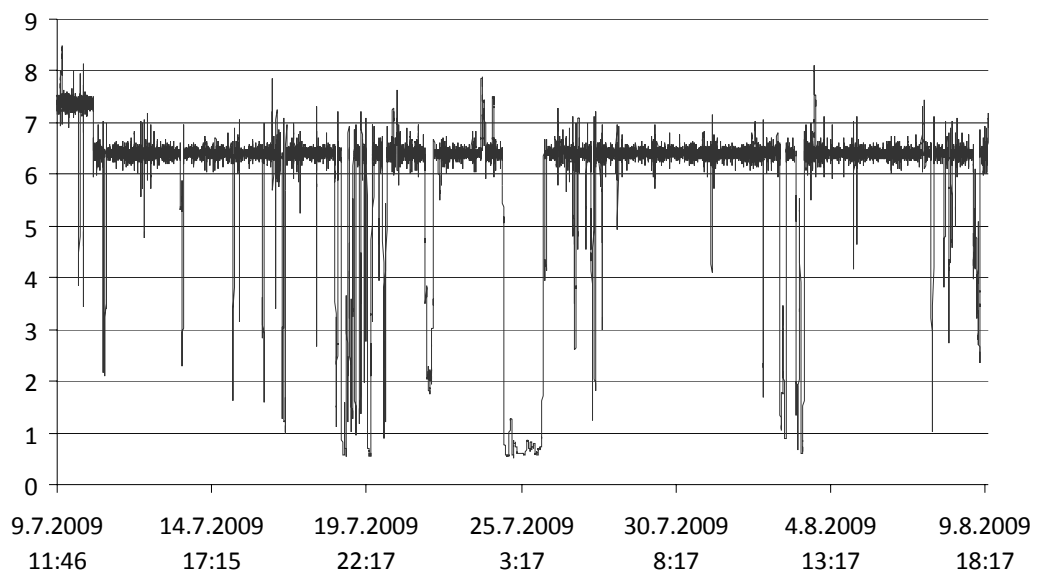


Figure 1. System pressure during the test nro 1 (absolute pressure)

The longest period when the pressure control was not working well was a 36 hours period between 12.00 24.7. – 23.30 25.7., when apparently wet black liquor was spraying on the probe cooling it uncontrollably. There were also some instances when the pressure was momentarily lowered. However, pressure control was able to keep the pressure close (in the range of 4,3 – 6,3 bar) to set point more than 85 % of the total time and the maximum pressure below 7,3 bar, i.e. control the saturation temperature of the oil below 378°C, not more than 16°C above the temperature corresponding to the set point pressure.

The surface temperatures calculated using the average heat flux (as measured in the previous experiment in 2006) and the measured system pressure (and using known material dimensions and properties for test materials) are shown in figure 2.

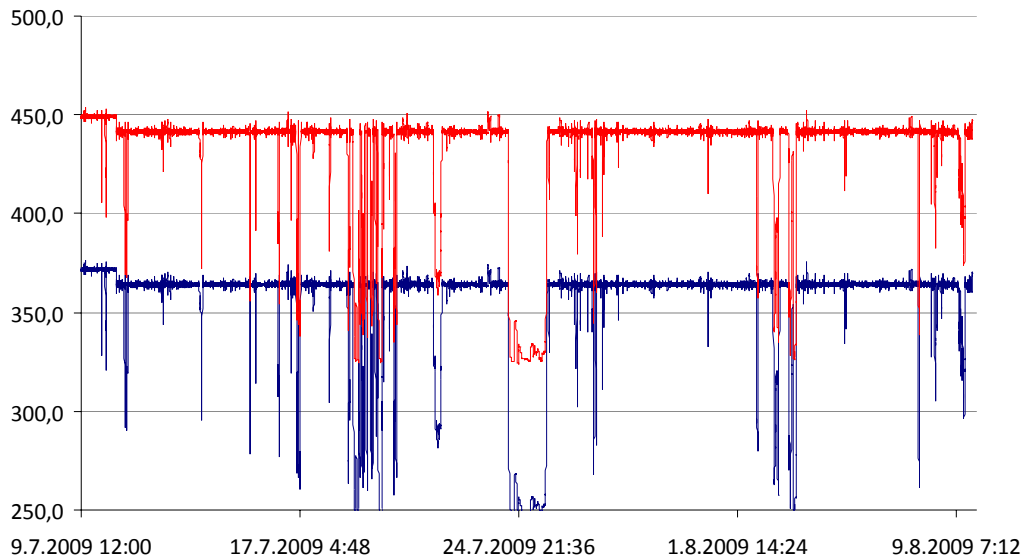


Figure 2. Oil temperature and test material temperatures (both calculated) in test nro 1 (red line – material, blue line – oil)

As can be seen from the figure 2, the material temperatures were relatively stable and close to the 440°C target level, apart from short periods during which wet black liquor was spraying on the probe.

The test will be repeated as soon as the probe is repaired.

The temperature measurements will be modified so that in stead of surface mounting, two thermocouples will be installed in holes drilled into test specimens form above (the uppermost specimen) or below (the lowermost specimen). The test materials form one wall in the probe.

The reason for the loss of power is currently unknown. After the loss of power, the cable proding power to the fan was removed from the wall socket and plugged into another socket. All equipment started to function well. The wall socket operation was tested with another extension cable and found to be out of power. However, the inquiries for the cause of the loss of power have produced no results so far.

24.8.2009, in Vantaa

Timo Karjunen

Liite VII

**Oulun yliopisto:
Tarjous tulenkestävien massojen kokeellisesta tutkimuksesta**

KOKEELLINEN VERTAILEVA TUTKIMUS TULENKESTÄVISTÄ MASSOISTA SOODAKATTILASSA

1 TAUSTAA

Oulun yliopiston prosessi- ja ympäristötekniikan osaston prosessimetallurgian laboratoriossa tutkittiin syksyllä 2005 soodakattilan tulenkestäviä materiaaleja. Tutkimuksen tilaajana oli Suomen Soodakattilayhdistys ry. [1]

Kokeellisessa osassa testattiin osittain spinelliin pohjautuvaa materiaalia altistamalla se soodakattilan sulalle Stora Enson Oulun tehtaalla. Vertailukohteena käytettiin nykyisin käytössä olevaa samottista materiaalia. Spinelliä sisältäneet koekappaleet kestivät soodakattilan olosuhteita paremmin kuin nykyisin käytetystä materiaalista valmistettu kappale. Spinelliä sisältävän materiaalin lisäksi jatkotutkimuksiin suositeltiin myös ZrO_2 -pohjaista materiaalia sekä forsteriitin ja ceriumoksidin soveltuvuuden arviointia.

2 TUTKIMUSSUUNNITELMA

Testit on tarkoitus suorittaa Stora Enson Oulun tehtaiden soodakattilassa ajon aikana. Suoritusajaksi on kaavailtu vuoden 2009 loppua ja 2010 alkua.

2.1 *Materiaalit*

Tutkittaviksi materiaaleiksi on valittu seuraavat:

- Vertailu materiaali (Hassle)
- Spinelliä muodostavaa massaa (Betker)
- Valmista spinelliä sisältävää massaa
- ZrO_2 kaupallista massaa (Zircoa-CastTM Castable Refractory, 0872-8D)
- CeO_2 pohjainen massa tai pinnoite
- Forsteriitti pohjainen massa
- Tiivis aloksimassa (tehtaalla bloki)

2.2 Koekappeleiden valmistus

Koekappaleet valmistetaan massanvalmistajien ohjeiden mukaisesti.

Tulenkestävistä massoista valmistetaan noin 100-150mm pitkä neliöprofiilinen tanko jonka sivu on noin 50mm. Koekappale kiinnitetään teräs tankoon ”tikkariksi”.

Ensimmäinen erä vain kuivataan 110 °C valun ja sidoksen muodostuksen jälkeen. Tarkoitus on simuloida korjausmassoja.

Toinen erä poltetaan valmistajan ohjeen mukaan. Aloksiblokin asennuksen hoitaa Stora Enso.

2.3 Kokeiden suorittaminen

Tikkareita mahtuu 250mm x 100mm ruiskutusaukkoon noin kolme kappaletta kerrallaan, jotka asetetaan samaan tasoon kattilan sisälle. Yksi ”tikkareista” on vertailumateriaalia. Mitataan upotussyvyys ja erillisellä termoelementillä lämpötila.

Toimitaan samoin seuraavien materiaalien kanssa.

Koekappaleita pidetään kattilassa kunnes havaittavia eroja on syntynyt. Tämän toteamiseksi kappaleita täytyy käyttää pois kattilasta.

Testin läpikäyneet koekappaleet merkitään ja säilötään jatkotutkimusta varten.

2.4 Koekappaleiden analysointi

Koekappaleet mitataan sekä kuvataan ennen ja jälkeen kokeen. Tästä saa jo käsityksen mikä vertailtavista materiaaleista on paras. Jos halutaan edetä tutkimuksessa ja vastata kysymykseen, miksi kyseinen materiaali kesti kokeessa, täytyy koekappaleen mikrorakenne tutkia.

Mikrorakenteen tutkiminen on oma projektinsa

2.5 Aikataulu

Koekappaleen muotin yms. valmistelu aika 1 vko.

Koekappaleen teko varsineen 6 kpl testattavia massoja ja yksi referenssi/koe vaativat 3 kpl referenssejä. Yhteensä 9 kpl valmistus arviolta viikko. Toinen viikko kuluu toisen satsin valmistukseen ja polttoon.

Kappaleiden kulumien mittaus ja valokuvaus 1 vko.

Raportointi havainnoista ja suositukset jatkosta 2 vko.

Yhteensä tehollista työaika arvoidaan kuluvan 6 vko.

2.6 Lähteet

Hannu Makkonen ja Riku Mattila. Soodakattilan keraamiset rakenteet. 2005.

Luottamuksellinen.

3 KUSTANNUKSET

Tehokasta työaika kuluu arviolta noin 1,5 henkilökuukauden verran.

Koemateriaalien hankinta ja valmistukseen kuluu jonkin verran rahaa samoin matkoihin jne. Arvio muihin kuluihin on noin 1000 euroa. Kokonaiskustannus on 15200 euroa alv 0 %.



TARJOUS TUTKIMUKSEN SUORITTAMISESTA

Tarjoamme tulenkestävien soodakattimateriaalien tutkimuksen suorittamista alla mainituin ehdoin.

1 Tarjouksen tekijä

Oulun yliopisto, prosessimetallurgian laboratorio.

2 Tarjouksen kohde ja suoritusaika

On liitteellä 1.

3 Maksuehdot

Tutkimus laskutetaan sopimushintaan 15 200 € ALV 0 %
Maksu suoritetaan kertasuorituksena loppuraportoinnin jälkeen.

4 Muut ehdot

Tarjous on voimassa 2 kuukautta tarjouskirjeen päiväyksestä.

Mikäli tarjous tulee hyväksytyksi, sopimukseen sovelletaan Oulun yliopiston tilaajarahoitteisen tutkimuksen yleisiä sopimusehtoja (Liite 2).

5 Tutkimuksen tekijää koskevat tiedot

Vastuullinen johtaja :Professori Jouko Härkki
Sähköposti: jouko.harkki@oulu.fi
Puhelin: 040-5215655

Yhteyshenkilö: Laboratorioinsinööri Riku Mattila
Sähköposti: riku.mattila@oulu.fi
Puhelin: 040-7301094
Osoite: Prosessimetallurgian laboratorio
Erkki Koiso-Kanttilan katu, ovi V2
90570 Oulu

Allekirjoitus

Oulun yliopisto

03/09 2009

Jouko Härkki

Tutkimuksen vastuullinen johtaja