

MNN/PLA

30.11.2011

1(12)

Suomen Soodakattilayhdistys ry

KESTOISUUSTYÖRYHMÄN KOKOUS 4/2011

AIKA: 24.11.2011 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
Markus Nieminen	Pöyry Finland Oy, Vantaa, siht.
Pekka Salmi	Inspecta Oy, Espoo
Martti Hirttiö	Oy Metsä-Botnia Ab, Äänekoski
Tapio Huuska	Oy Metsä-Botnia Ab, Kemi
Tatu Pekkarinen	YIT Teollisuus, Tampere
Matti Alamaa	Oy Metsä-Botnia Ab, Rauma

LIITE 1	Yhteenvedo liitteistä 2-10
LIITE 2	ÅA, Korroosiokokeet laboratoriossa – esitys SKYREC-seminaari 20.10.2011
LIITE 3	VTT/Boildec Oy, Tulipesämaalikokeet – esitys SKYREC-seminaari 20.10.2011
LIITE 4	KTR, Materiaalisuositus, kappale 3, paineastian korjaukset
LIITE 5	Inspecta, Materiaalisuositus, kappale 4, soodakattilatarkastukset
LIITE 6	Teollisuuden Vesi Oy, Vesikemian ohjeistot – kommentoitu raportti 8.9.2011
LIITE 7	Teollisuuden Vesi Oy, Vesikemian ohjeistot – esitys SKYREC-seminaari 20.10.2011
LIITE 8	Cewic, Aktiivihiihi- ja UV-kokeet – esitys SKYREC-seminaari 20.10.2011
LIITE 9	Cewic, Aktiivihiihi- ja UV-kokeet – alustava raportti 4.11.2011
LIITE 10	LUT, Benefits of using multiple variable-speed-drives in parallel pumping systems - artikkeli
LIITE 11	Savukaasuräjähdyksen riippuvuus savukaasun koostumuksesta - projektiehdotus
LIITE 12	Muiden työryhmien kuulumiset

JULKAISU

Soodakattilayhdistyksen kotisivuilla
Tiedotetaan sähköpostilla:
Hallitus, Kestoisuustyöryhmä, Vaurioraportoinnin yhdyshenkilöt,
Yhdyshenkilöt, Sihteeristö



1 POISSAOILOILMOITUKSET

Hannu Hänninen	Aalto-yliopisto, Espoo
Lauri Mattila	UPM-Kymmene Oyj, Pietarsaari
Kalle Salmi	Metso Power Oy, Tampere
Ari Santavuori	If Vahinkovakuutus Oy, Helsinki

2 ASIALISTA

Asialista hyväksyttiin muutoksitta.

3 EDELLISEN KOKOUKSEN PÖYTÄKIRJA

Edellisen kokouksen pöytäkirja hyväksyttiin muutoksitta.

4 KOKOUKSESSA SOVITUT ASIAT:

Materiaalisuositus

- Suosituksen nimi tulisi muuttaa paremmin kuvaavaksi, esim. opas tai käsikirja.
- Hyväksyttiin Inspectan tarkastusosuus
- Pekka Pohjanne pyytää uudelleen VTT:ltä tarjousta kappaleen 2, soodakattilan pinnoitus kirjoittamisesta

Vesisuositus

- Odotetaan uutta versiota Teollisuuden Vesi Oy:ltä, esitys Konemestaripäivillä

Vauriot:

- Rauman verhovaurio käsitelty, sularännistä odotetaan lisätietoa
- Tapani Hirvosta, SE Imatra pyydetään seuraavaan kokoukseen
- Hukkanen lähettää Hirvoselle viestin vauriosta 14/2011, ylikuumenemisen syy tulisi selvittää
- Muutetaan vauriohaun kattilan nimet

Savukaasuräjähdyksen riippuvuus savukaasun koostumuksesta

- Reijo Hukkanen tiedusteleehdotuksen pohjalta tarjousta Oulun yliopistolta. Työ olisi kirjallisuustyö

5 SKYREC: VALMISTUNEET PROJEKTIT

Tähän mennessä valmistuneet ja keskeneräiset projektiraportit löytyvät osoitteesta:

<http://www.soodakattilayhdistys.fi/apps/soodakattilayhdistys/download.nsf/ListOfDownloadableFiles?Openview>



6 SKYREC: KÄYNNISSÄ OLEVAT PROJEKTIT

6.1 ÅA, Tulistinmateriaalien laboratoriokokeet, OSA 2

Tavoite:

Testata tulistinmateriaaleja pelkistävässä olosuhteissa. Kokeessa käytetään synteettistä tuhkaa (4 erilaista koostumusta) joka sisältää mustalipeän komponentteja (Na_2SO_4 , K_2SO_4 , KCl and NaCl). Lasireaktorin läpi menevän kaasun koostumus on 5% CO + 95% N_2 .

Muutoksena osaan 1 pelkistävät olosuhteet luodaan lisäämällä synteettiseen tuhkaan koksia (aktiivihiilen sijasta) huolimatta siitä että se voi sisältää pieniä määriä klooria joka voi vaikuttaa tulokseen.

Alustava korroosiokoe tehtiin 550°C lämpötilassa ja puolet suola nro 10:n (O 42,2 wt%, Na 24,9 wt%, K 10,5 wt%, Cl 1,3 wt%) rikistä oli korvattu Na_2S :llä. Testissä 10CrMo9 korrodoitui selvästi enemmän kuin aikaisemmissa testeissä.

Tilanne:

Alustavat kokeet onnistuivat hyvin joten johtoryhmä tilasi työn kokouksessa 5.5.2011. Tämän jälkeen on tehty kokeita eri määrillä koksia jotta nähdään miten eri määrät vaikuttaa. Varsinaiset kokeet alkoivat elokuussa ja uunialtistukset saatiin valmiiksi marraskuun puolella välissä.

Projektin alustavista tuloksista on pidetty esitys SKYREC-seminaarissa 20.10 Sokos Hotel Presidentissä, LIITE 2.

SEM-kuvien kanssa on kuitenkin ilmennyt haasteita, testeissä korroosiotuotteet ovat levinneet isolle alueelle ja tämä vaatii erilaisen SEM-analysointi tavan kuin mitä on käytetty. Ensimmäiset SEM-tulokset (esitetty SKYREC-seminaarissa) ovat jonkin verran väärät ja SEM-analyysit joudutaan tekemään uudestaan. Uusi tapaa on paljon vaativampi ja kestää selvästi kauemmin kuin aikaisemmin käytetty. Tämä tarkoittaa että työ viivästyy vielä ja valmistuu vasta ensi vuoden puolella.

SKYREC-johtoryhmä päättää sähköpostilla miten edetään.

Aikataulu:

Työ viivästyy uusinta-analyysien takia ja valmistuu vasta vuoden 2012 puolella.

6.2 Boildec Oy, Materiaalikokeet tulipesässä

Ensimmäinen onnistunut koe (1006h) saatiin päätökseen 15.4.2010.

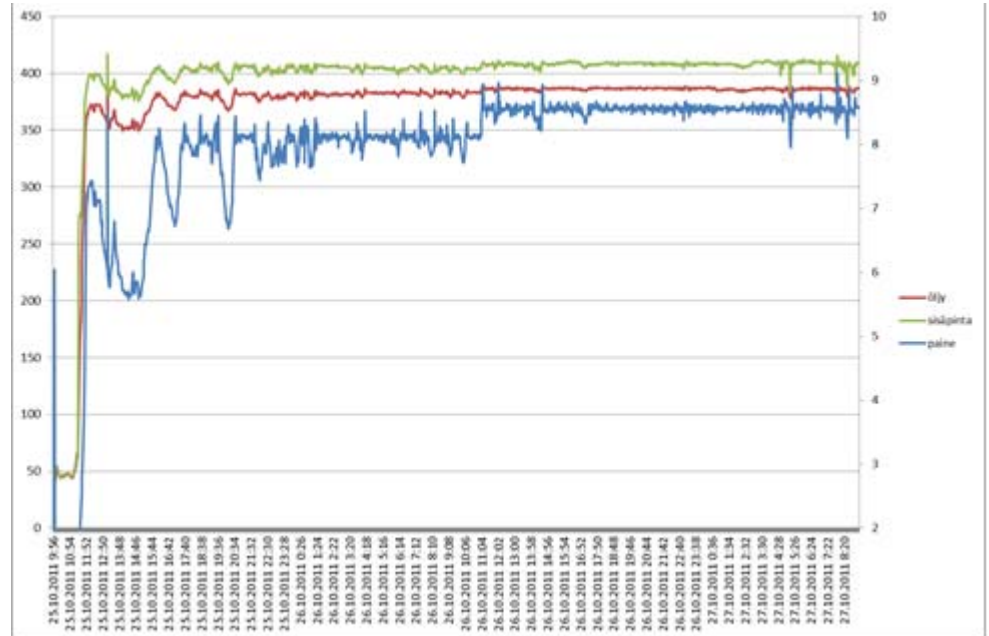
Toinen onnistunut koe (1023h) saatiin päätökseen 23.6.2010

Kolmas onnistunut koe (1250h) päättyi 6.9.2010

Neljäs onnistunut koe (2720h) päättyi 6.6.2011

Tilanne:

Koe nro 5. käynnissä, 1000h tuli täyteen syyskuun puolessa välissä. Johtoryhmä päätti jatkaa koetta Boildecin tarjouksen mukaisesti joulukuulle jolloin kokeen kestoksi vastaa koetta No.4. Sondi otettiin pois Joutsenon seisokin ajaksi lokakuun lopussa, alla kuva sondin lämpötiloista ja paineista takaisinlaiton jälkeen.



Kuva 1. Sondin lämpötila ja paine seisokin jälkeen

VTT:n selvityksen mukaan kokeessa No.2 käytetty Sandvik 4C54 materiaali onkin AISI 310S, joten materiaalin toimituksessa on tapahtunut joku sekaannus. Kokeessa No.5 Sandvik 4C54 tilalla on Sanicro 28.

Taulukko 1. Kokeiden materiaalit, muutokset punaisella:

Test 1: Mar 2 - Apr 15, 2010	Test 2: May 15 - Jun 20, 2010	Test 3: Jul - Aug, 2010	Test 4: Feb - May, 2011	Test 5: Aug - Oct, 2011
AISI 304L (reference material)	AISI 304L (reference material)	AISI 304L (reference material)	AISI 304L (reference material)	AISI 304L (reference material)
AISI 310S	Sanicro 67	Super 625 (Sumitomo "N")	Carbon steel	HR11N (Sumitomo "R")
Sanicro 38	HR11N (Sumitomo "R")	HR11N (Sumitomo "R")	Sanicro 67	Sanicro 38
Sanicro 28	AISI 310S	Sanicro 38	Super 625 (Sumitomo "N")	Sanicro 28

Aikataulu:

Koe No.5 päättyy joulukuussa.

Kommentteja kokeen toteutuksesta:

- Materiaalit levynä, putkien sijaan, poistaisi paksuusmittaukseen ja kohdistukseen liittyvät ongelmat

- Levynä saa ainakin seuraavia materiaaleja: 304L, 310S, Alloy 825 ja Alloy 96
- Putkimateriaalien koneistaminen/hionta, jolloin mittaustarkkuus paranee
- Sama materiaali eri paksuisena, jolloin lämpötilaeron vaikutus saataisiin selville. 304L korroosionopeuden vaihtelu voidaan osin selittää lämpötilalla, kokeessa nro 1 korkein, nro 3 matalin.
- Sondin kiinteään osaan lämpövuomittaus, tiedettäisiin kuinka paljon lämmönsiirtoöljy lämmittää koemateriaaleja tulipesän sijaan
- Thermoelementti putken sisäpuolelle

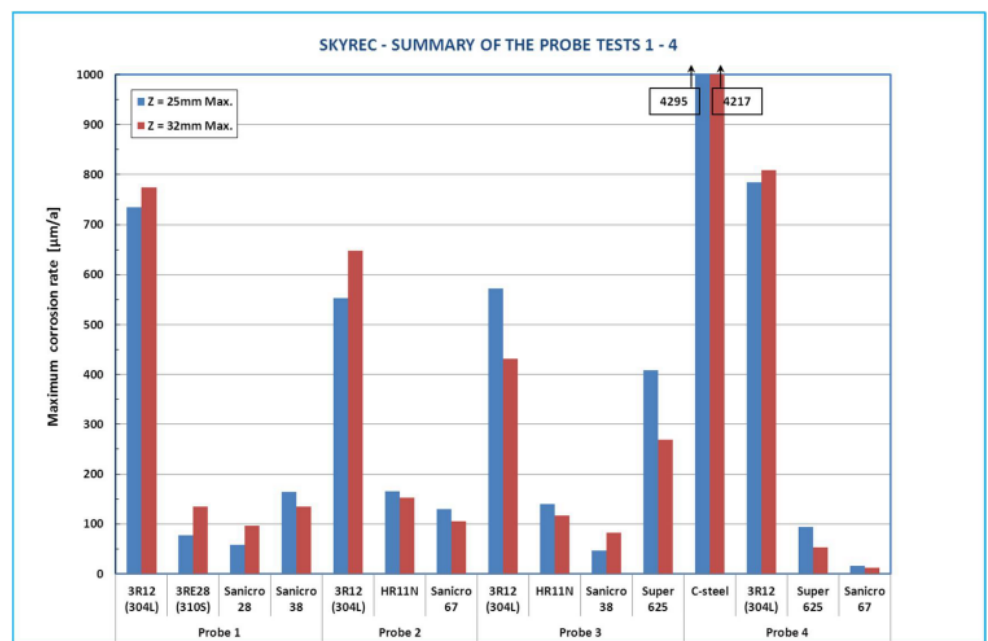
6.3 VTT, Tulipesän sondikokeiden analysointi ja korroosionopeuksien määrittäminen (WP3)

Pekka Pohjanne, VTT kertoi lyhyesti kokeiden No. 1-4 tuloksista, LIITE 3. Esitys pidetty SKYREC-seminaarissa 20.10.

Yhteenveto:

Koe No.4, näytteet kiillotettiin ennen koetta. Korroosionopeus on esitetty kuvassa

Maximum CR calculated from the WT profiles



Kuva 2. Korroosionopeudet kokeissa No. 1-4

Super 625 käyttäytyminen on kysymysmerkki, materiaali pärjäsi lyhemässä kokeessa No.3 (1000 h) huonommin kuin pidemmässä kokeessa No.4 (2000 h).

Todellinen syöpyä on suurempi kuin profiilikuvista laskettu, tämä näkyy SEM-kuvissa.

Aikataulu:

Koe nro 5 materiaaleja päästään analysoimaan tammikuussa 2012.

6.4 Materiaalisuositus (WP3)



Tavoite:

Päivittää vuoden 1997 suojaussuositus seuraavin osin (suluissa tekijä):

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

Tilanne:

Suosituksen nimi tulisi muuttaa paremmin kuvaavaksi, esim. opas tai käsikirja.

Kappale 1 Soodakattila materiaalit ja hitsaukset:

- Sihteeri päivittää vanhan materiaalin ja teksti käydään läpi KTR:n kokouksissa, lähinnä päivitettävää on standardeissa ja pohjan materiaaleissa.

Kappale 2 Soodakattilapinnoitukset.

- VTT tehnyt alustavan arvion mukaan päivitys maksaa noin 6000 euroa. Kehitystä (työmenetelmät, pinnoitemateriaalit) on tapahtunut varsinkin jätteenpolton puolella. Pekka Pohjanne on pyytänyt VTT:tä lähettämään tarjouksen

Kappale 3 Paineastian korjaukset

- Sihteeri on päivittänyt kappaleen 3 standardit, paineastian korjaukset vastaamaan tämän hetken tilannetta. Käytiin läpi ja hyväksyttiin edellisessä kokouksessa 8.9.2011, LIITE 4.

Kappale 4 Soodakattilatarkastukset

- Inspecta on päivittänyt viime kokouksen kommenteilla suosituksen tarkastusosuuden, LIITE 5. Hyväksyttiin teksti näillä muutoksilla.

Kappale 5. Soodakattilan vauriot.

- Sihteeri kerää viimeisen kymmenen vuoden ajalta tyypillisiä vauriota tietokannasta. Kommentoidaan työryhmän kokouksissa.

Vuoden 1997 suojaussuositus:

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

6.5

Vesikemian ohjearvot (WP4)

Tavoite:

Ohjearvotyötä varten on muodostettu oma työryhmä jonka kuuluu edustaja metsäkonserneista (SE, UPM, Botnia) ja laitevalmistajilta (Andritz, Metso).

Työryhmän kokoonpano:

Andritz	Marja Heinola
Botnia	Toni Wahlman



Metso Arja Lehtikoinen
UPM Toni Orava
Stora Enso Tero Arvilommi

Tilanne:

Kesäkuussa 2011 saatu alustava suositus kommentoitavaksi. KTR kommentoinut suositusta kokouksessa 8.9.2011, LIITE 6.

Esitys aiheesta pidetty SKYREC-seminaarissa 20.10, LIITE 7.

Aikataulu:

Uutta versiota työstä odotetaan joulukuun alussa. Ohjearvotyö esitellään yhdistykselle Konemestaripäivillä Sunilassa tammikuussa.

6.6 OY/Cewic Aktiivihiilisuodatuksen ja UV-käsittelyn soveltaminen lisäveden TOC-tason alentamisessa, OSA 2

Tavoite:

Projektin tavoitteena on varmentaa ja optimoida aktiivihiilisuodattimen toimivuutta TOC:n poistossa tehdasympäristössä sekä tehdä lisäselvityksiä esimerkiksi suodattimen mitoituksesta ja aktiivihiilen käyttöjakson pituudesta. Lisäksi selvitetään ja kokeillaan UV-valon käyttöä osana suolanpoistolaitosta.

Tilanne:

Projektin tuloksista pidetty esitys SKYREC-seminaarissa 20.10.2011, LIITE 8

Loppuraportti saatu kommentoitavaksi, LIITE 9

Tero Luukkonen on pyytänyt lupaa julkaista artikkelin tutkimuksen tuloksista Powerplant Chemistry lehteen. Johtoryhmä päättää asiasta sähköpostilla.

Yhteenvedo tuloksista:

Aktiivihiili:

- Tehdasmittakaavan aktiivihiilikoe kesti noin kolme kuukautta. Sinä aikana TOC-poistoteho oli noin 40-65 % mikä vastasi pilot-kokeiden tuloksia. Pilot-kokeissa aktiivihiilen TOC-poistoteho pysyi lähes vakiona koko 11 kuukauden koejakson ajan.
- Aktiivihiilisuodattimen toimintamekanismi on käytännössä täysin adsorptioon perustuva.
- LC-OCD-määritysten perusteella käytetty aktiivihiilisuodatin vaikutti poistavan muita orgaanisen yhdisteiden fraktioita paitsi polymeerejä melko tehokkaasti.
- Tehdasmittakaavan kokeessa mitattiin aktiivihiilisuodatetun veden silikaattipitoisuutta, joka nousi huomattavasti: noin tasolle 200 mg/l aluksi mutta laskeutui tasolle 20 mg/l kahden viikon aikana
- Aktiivihiilisuodatinta seurannut sekavaihdin poistaa vapautuneen silikaatin ja sen rooli onkin tästä syystä erityisen tärkeä.



UV-valo:

- TOC-reduktio oli noin 30% (käytössä yksi UV-kammio ja keskipainepumppu).
- Kokeissa selvitettiin myös seuraavien tekijöiden vaikutusta TOC-poistotehoon:
 - o Viipymäaika UV-reaktorissa eli UV-säteilyannos
 - o Lampun tyyppi (matalapaine- ja keskipainelamput)
 - o TiO₂-katalyytti
 - o Vetyperoksidin käyttö hapettimena
- Tutkituista tekijöistä mikään ei oleellisesti parantanut TOC-poistotulosta
- Vetyperoksidikokeen toteutus tosin epäonnistui, sillä käytetty putkimateriaali vapautti veteen muovinlisäaineita, mikä näkyi kohonneena TOC-pitoisuutena
- Tehtyjen kokeiden perusteella UV-käsittely TOC-poistomenetelmänä soodakattilan lisävedestä ei ole kilpailukykyinen suuren energiankulutuksen ja alkuinvestoinnin vuoksi.

Aikataulu:

Raportin kommentointi vuoden tammikuuhun 2012 mennessä, hyväksytään SKYREC-johtoryhmän seuraavassa kokouksessa helmikuussa 2012.

Päätös:

Reijo Hukkanen tiedusteleo jatkoa projektille Oulun Yliopistolta / Jaakko Pelliseltä, jatkotutkimus selvittää seuraavia asioita:

- miten aktiivihiili toimii, absorptio
- voidaanko hiilen toimintaa tehostaa katalyyteillä

7 PROJEKTIEHDOTUKSET

7.1 Savukaasuräjähdyksen riippuvuus savukaasun koostumuksesta

Projektin tavoitteena olisi selvittää milloin kaasuseos on räjähdysvaarallinen ja minkälaiset lukitukset ovat tarpeellisia estämään räjähdys. Taustalla on uusiin kattiloihin asennetut happimittaukset, osassa kattiloista ne on poistettu käytöstä ”turhien” alasajojen takia.

Reijo Hukkanen on tehnyt ehdotuksen projektista, LIITE 9 ja tiedusteleo ehdotuksen pohjalta tarjousta Oulun yliopistolta. Työ olisi kirjallisuustyö.

7.2 Sularännit, käyttöongelmat ja soodasulan juoksevuus

Tavoitteena on selvittää ongelmien riippuvuus keiton alkalista ja sulfiditeetista. Kokemuksen mukaan alle 35%-36% ja yli 45% sulfiditeetti aiheuttaa käyttöongelmia.

Reijo Hukkanen tekee tarkemman ehdotuksen projektista.

7.3 LUT, Sulavirran vaihtelu ajan funktiona



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.

Ehdotukseni on että Soodakattilayhdistys käynnistäisi tutkimuksen jossa esimerkiksi kolmen kattilan sulavirrat analysoitaisiin.

7.4 LUT, syöttövesipumppujen säätö

Projekteissa tulee aika ajoin vastaan kysymys, montako syöttövesipumppua ja miten säädettyä tulisi kattilassa olla. Ehdotukseni on että Soodakattilayhdistys käynnistäisi tutkimuksen jossa esimerkiksi kolmen erikokoisen kattilan optimaalinen syöttövesipumppukoko ja lukumäärä laskettaisiin.

Aiheesta on tehty tutkimusta, LIITE 10.

8 VAURIOT

Päätettiin että nettisivun vauriohaussa kattilan nimet muutetaan niin että nimi on ennen kattilan numeroa -> helpompi löytää kattila. Käytetyt kattilat annetaan olla järjestelmässä. Lisäksi olisi hyvä jos vaurioita voisi hakea hakusanalla.

Matti Alamaa, Oy Metsä-Botnia Ab, Rauma oli kutsuttu kokoukseen käsittelemään viime aikoina Raumalla sattuneita vaurioita.

Käytiin läpi seuraavat vauriot:

8.1 7/2010, 2/2011 Rauma, verhoputkisto ja heikko nurkka

Kestoisuustyöryhmän lausunto:

- Perussyynä kamien muodostuminen tulistimiin/kattoon.
- Sulavesiräjähdyistä tapahtumista edesauttoi hälytysjärjestelmän muutoksista epäkuuntoon mennyt vuodonlaskenta joka on viivästytti vuodon havaitsemista

Lisätietoa vaurioon 2/2011:

- Massatehtaalla pesuvetenä on käytetty valkaisun kiertovettä, joka on lisännyt haitta-aineita kierrossa
- Verhon putkien vuodot olivat alapinnalla, koska kami painoi putken evään vasten
- kattilaan otettiin lisävettä kun vedenpinta oli laskenut verhojen alapuolelle
- Ylätasolla vuodon määrälle oli laitettu yläraja
- Kami muuttaa kattilan virtauksia ja pahentaa tilannetta
- Nuohoin puhdistaa vähintään 25cm alueen
- Nuohoimia voi käyttää pohjan/veron suojana parkeeraamalla nuohoimen kamin alle



- 8.2 10/2010, 11/2010, 1/2011 Sunila SK11, ekonomaiseri**
Käydään läpi laitetoimittajan valokuvat vaurioista seuraavassa kokouksessa.
- 8.3 3/2011 Kymi, sularänni**
Odotetaan tutkimuksen (kaikki kourut) valmistumista ennen lausunnon antamista. Rikkoutuneessa kourussa kavitaation merkkejä, jäähdytysveden lämpötila 70 C, jolloin on mahdollista että vesi höyrystyy silloin tällöin.

Siirretään käsittely seuraavaan kokoukseen
- 8.4 4/2011 Rauma, sularänni**

Marraskuussa tehdyssä seisokissa rännit vaihdettiin, kaikissa todettiin vikaa, rännin ja päätylevyn yhtymäkohdassa, joka on tyypillinen paikka jossa musta rauta syöpyy.

Rännit lähetetty tarkempiin tutkimuksiin.

Kestoisuustyöryhmän lausunto:
– Vuodot ovat rännin alapäässä, rännin ja päätylevyn yhtymäkohdassa joka oli syöpynyt. Lopullinen syy selviää tarkemmissa tutkimuksissa
- 8.5 5/2011, 10/2011, 11/2011 Imatra SK5, 2:s EKO**
Pyydetään Tapani Hirvonen seuraavaan kokoukseen keskustelemaan Imatralla sattuneista vaurioista.
- 8.6 6/2011, , 8/2011, 9/2011, 12/2011 Imatra SK5, keittoputkisto**
Pyydetään Tapani Hirvonen seuraavaan kokoukseen keskustelemaan Imatralla sattuneista vaurioista.

Vauriot keittoputkistossa alalieriön rengasmaisella alueella, paikoissa jossa putki lähtee suoraan.
- 8.7 7/2011 Imatra SK5, 3. tulistin**
Pyydetään Tapani Hirvonen seuraavaan kokoukseen keskustelemaan Imatralla sattuneista vaurioista.
- 8.8 13/2011 Imatra SK6, 2:s EKO**
Pyydetään Tapani Hirvonen seuraavaan kokoukseen keskustelemaan Imatralla sattuneista vaurioista
- 8.9 14/2011 Imatra SK6, tulipesän seinäputki**
Pyydetään Tapani Hirvonen seuraavaan kokoukseen keskustelemaan Imatralla sattuneista vaurioista.



Vaurio syy on todennäköisesti ylikuumentuminen, joka on aiheutunut paikallisesta tukoksesta (lastuja+mutaa). Mahdollisuus uuteen vaurioon on olemassa, putket tulisi kuvata lämpökameralla.

9 MUIDEN TYÖRYHMIEN KUULUMISET

Sihteeri kertoi lyhyesti muiden työryhmien kuulumiset, LIITE 11.

10 MUUT ASIAT

11 SEURAAVA KOKOUS

Seuraava kokous pidetään 25.1.2012 Kotkan Sokos Hotel Seurahuoneella alkaen klo 11.

SKYREC-johtoryhmän kokous on 7.2.2012 Pöyryllä.

Vakuudeksi

Markus Nieminen

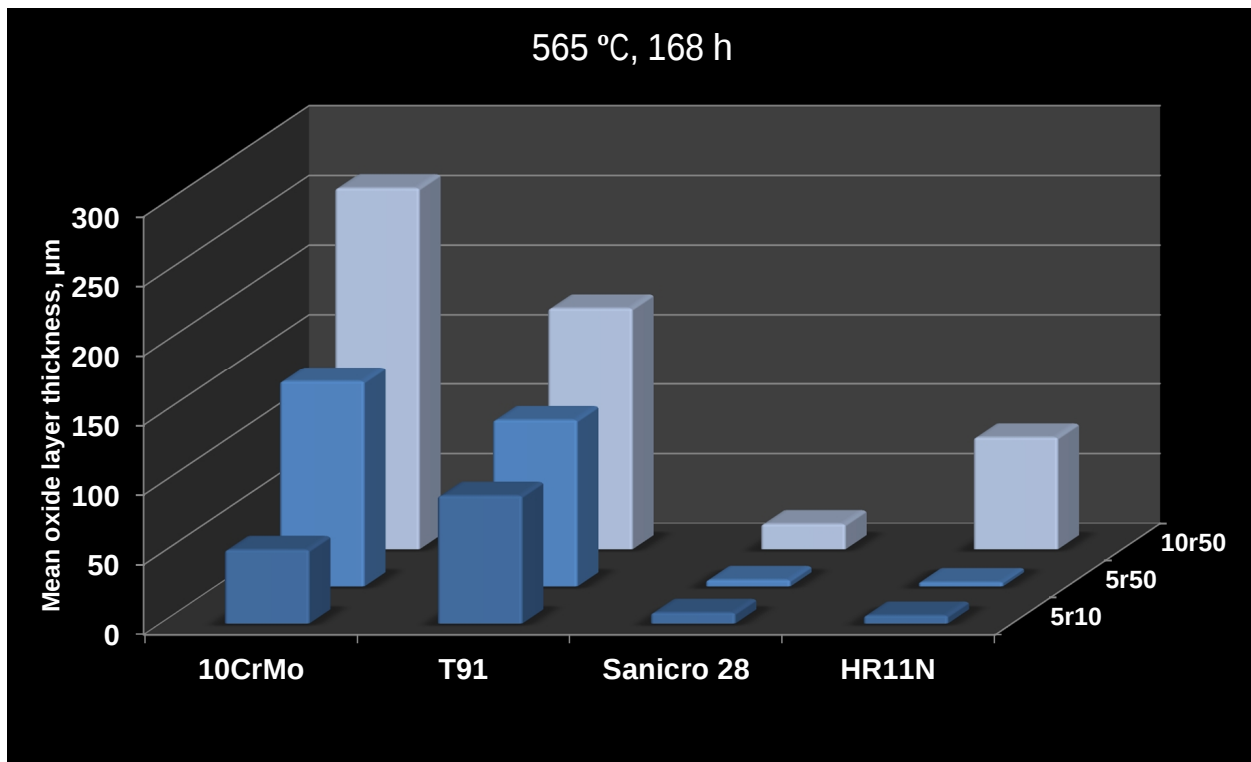
LIITE 1

YHTEENVETO LIITTEISTÄ 2-10

LIITE 2

YHTEENVETO

Skyrec II – results



SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Skyrec II – remarks

- First results show that increase of Na_2S in the salt mixture (5r10 vs. 5r50) enhances slightly corrosion on low alloy steels (10CrMo and T91)
- S28 and HR11N showed quite good resistance to 5r10 and 5r50 salts – corrosion $< 10 \mu\text{m}$
- Low alloy materials (10CrMo and T91) corroded badly in all three tested salts: 5r10, 5r50 and 10r50
- Salt 10r50 caused extreme degradation to 10CrMo, T91 and HR11N
- S28 performed best out of tested materials (relatively low corrosion with 5r salts but already significant with 10r50)
- Salt 10r50 caused swelling of the salts+corrosion products
- Swelling was not observed after exposures with 5r salts

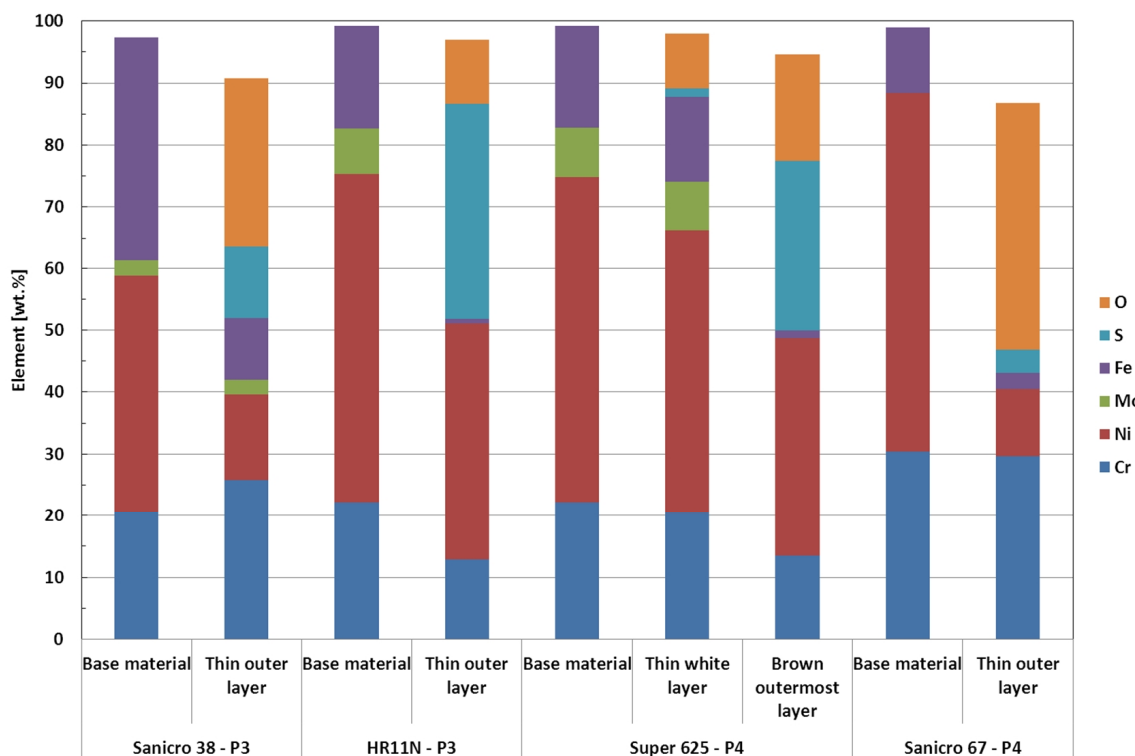


SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

LIITE 3

YHTEENVETO

Characterisation - Summary



Conclusions

- The probe consisting of a natural circulation circuit, with steam generator where the test materials are placed operates works & gives reproducible results
- Carbon steel corrodes at extremely high rate (4 mm/a) at the temperature of 440 °C.
- The 3R12 (AISI 304L) composite tube material corrodes in such high rate (ca. 0.5 mm/a) that it can't be safely used in the lower furnace
- Sanicro 38 (mod. UNS N08825) and HR11N are ca. three times better than the 3R12 (AISI 304L). *Long term results coming from probe No. 5*
- The high chromium alloys 3RE28 (AISI 310S) and Sanicro 28 are promising, but their long term performance should be verified in the future. *Long term results for Sanicro 28 coming from probe No. 5*
- The corrosion rate of the Sanicro 67 high chromium nickel base alloy is lowest from the studied alloys.
- The corrosion resistance of the Super 625 has been lower than that of the other highly alloyed materials → more and longer tests are needed to verify its performance.

LIITE 4

YHTEENVETO

1 PAINEASTIAN KORJAUKSET

1.1 Yleistä

Soodakattilan käyttövarmuuden ja käyttöturvallisuuden ylläpitämiseksi on tehtävä korjauksia, joiden sisältö ja laajuus ovat etukäteen tiedossa. Tämän lisäksi tulee sellaisia yllättäviä tilanteita, joissa paineastiaa joudutaan korjaamaan ilman ennakoivaa tarkempaa suunnittelua. Esimerkiksi paineastian vuotovauriotapaukset ovat tällaisia. Tähän kappaleeseen on kerätty laeista, asetuksista ja muista määräyksistä paineastian korjausta käsitteleviä ohjeita sekä käytännössä esiin tulleita asioita.

Deleted: on

Asiakirjat, joihin tässä kappaleessa viitataan, ja muut paineestioita käsittelevät ohjeet ja standardit, muuttuvat edelleen kehityksen seurauksena kohtuullisen nopealla aikataululla. Tekstiin on pyritty lisäämään linkkejä internetsivuille joilta voi ladata viimeisimmät versiot ohjeista/standardeista.

Deleted: Viime vuosien aikana on tapahtunut runsaasti muutoksia paineestioita koskevista määräyksistä ja ohjeista muun muassa jäsenyydestä EU-jäsenyyden vuoksi.

Deleted: tämän

1.2 Oppaat

TUKES on julkaissut seuraavia oppaita liittyen painelaitteisiin:

Painelaitteopas:

http://www.tukes.fi/Tiedostot/painelaitteet/esitteet_ja_opaat/painelaitteopas.pdf

Painelaitteiden kunnossapito:

http://www.tukes.fi/Tiedostot/painelaitteet/esitteet_ja_opaat/painelaitte-kunnossapito-opas.pdf

Painelaitteiden määräaikaistestaukset:

http://www.tukes.fi/Tiedostot/painelaitteet/esitteet_ja_opaat/Painelait.mraikaist.pdf

Painelaiterekisteri P1-2002

<http://tukes.fi/fi/Palvelut/Tukes-ohjeet/3Painelaitteet/P1-02-Painelaiterekisteri/>

Painelaitteiden kunnonvalvonta P1-2000

<http://tukes.fi/fi/Palvelut/Tukes-ohjeet/3Painelaitteet/P2-00-Painelaitteiden-kunnonvalvonta/>

Painelaitteiden seuranta P2-2000

<http://tukes.fi/fi/Palvelut/Tukes-ohjeet/3Painelaitteet/P1-00-Painelaitteiden-seuranta/>

Painelaitedirektiivin soveltamisohjeita:

http://www.tukes.fi/Tiedostot/julkaisut/3_2009.pdf

1.3

Lait ja asetukset

Painelaitedirektiivin (97/23/EY) velvoitteet on julkaistu Suomessa painelaitelaissa (869/1999) ja kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä painelaitteista (KTMp 938/1999). Päätös (938/1999) sisältää painelaitedirektiivin menettelyt painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien suunnittelulle, valmistukselle ja vaatimustenmukaisuuden arvioinnille. Painelaitedirektiivin soveltamisalueen ulkopuolelle jäävät painelaitteita koskevat määräykset, kuten painelaitteen käyttö, korjaukset, muutostyöt ja asennus, on julkaistu kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä painelaiteturvallisuudesta (KTMp 953/1999).

Deleted: Nykyisessä paineastia-asetuksessa 549/73 (ja sen muutoksissa 672/75, 636/77, 1106/81, 257/84, 506/87, 1024/91, 1477/93 ja 1162/95) rinnastetaan asennus sekä muutos- ja korjaustyö paineastian valmistukseen. Tulevaan säännöstöön on suunniteltu muutoksia, joissa valmistaminen ja toisaalta asennus-, korjaus- ja muutostyöt ovat selkeästi eriteltyinä. Tuleva painelaitedirektiivi ei nimittäin pidä sisällään korjaus- ja muutostöitä. A

LIITE 5

YHTEENVETO

SISÄLLYSLUETTELO

1	SOODAKATTILATARKASTUKSET.....	2
1.1	Yleistä.....	2
1.2	Tarkastusmenetelmät.....	3
1.2.1	Silmämääräinen tarkastus/VT (visual testing).....	4
1.2.2	Paksuusmittaus/ TM (thickness measurement).....	4
1.2.3	Magneettijauhetarkastus / MT (magnetic particle examination)	5
1.2.4	Tunkeumanestetarkastus / PT (liquid penetrant examination).....	5
1.2.5	Radiografia/RT (radiographic examination).....	6
1.2.6	Ultraäänitarkastus / UT (ultrasonic examination)	7
1.2.7	Pyörrevirtatarkastus/ET (eddy current testing).....	8
1.2.8	Jäljennemenetelmä/REP (replica)	8
1.2.9	Endoskooppitarkastus/END (endoscopy).....	9
1.2.10	Akustinen emissioseuranta / AE (acoustic emission).....	9
1.2.11	Lämpökuvaus (thermography)	10
1.2.12	Kovuusmittaus/HT (hardness test)	10
1.2.13	T-Scan paksuusmittaus	10
1.2.14	IRIS-tekniikka	11
1.2.15	Sisäpuolisen kerrostuman / magnetiittikalvon paksuusmittaus	11
1.2.16	Guided Wave.....	13
1.2.17	RFET (kaukokenttämenetelmä pyörrevirtatekniikalla, Remote Field Electromagnetic Technique)	14
1.2.18	Magneettinen vuotokenttätarkastus (MFL)	14
1.2.19	Jäännös jännitystilat	15
1.2.20	Ainetta rikkovat tarkastukset	15
1.3	Tarkastettavat kohteet.....	15
1.4	Vesipainekoe korjausten jälkeen.....	15
1.5	Dokumentointi	16

LIITE 6

YHTEENVETO

Sisälllys

1 JOHDANTO	5
2 OHJEARVOJEN SOVELTUVUUS, RAJAUKSET, TULKINTA JA KÄYTTÖ.....	7
3 KATTILA- JA SYÖTTÖVESIKEMIAN PERUSTEET JA VESI-HÖYRYKIERTOPROSESSI.....	8
3.1 VESI-HÖYRYKIERTO	9
3.1.1 Syöttövesisäiliö	11
3.1.2 Kattila	11
3.1.3 Höyryturbiini/höyrylinjat	12
3.1.4 Lauhdejärjestelmä	13
3.2 VESI-HÖYRYKIERRON EPÄPUHTAUKSIEN LÄHTEET	14
3.2.1 Ulkopuoliset tekijät	15
3.2.2 Sisäpuoliset tekijät	16
3.3 SISÄPUOLINEN KORROOSIO	18
3.3.1 Korroosioväsyminen (Corrosion Fatigue)	18
3.3.2 Jännityskorroosio (Stress Corrosion Cracking, SCC)	19
3.3.3 Kerrostuman alaiset korroosimuodot (Under Deposit Corrosion)	19
3.3.4 Virtauksen vahvistama korroosio (Flow Accelerated Corrosion, FAC)	21
3.3.5 Happokorroosio (Acid Corrosion)	21
3.3.6 Happikorroosio (Oxygen Corrosion)	22
3.3.7 Kuparikorroosio (Copper Corrosion)	22
3.4 KATTILAVESI- JA SYÖTTÖVESIKEMIAN TAVOITTEET JA VALINTAPERUSTEET	24
3.4.1 Vesikemian tavoitteet	25
3.4.2 Prosessi ja käytetyt materiaalit	25
3.4.3 Syöttövesi ja lauhde	26
3.4.4 Höyry	26
3.4.5 Kattila	27
4 SOODAKATTILAN KATTILAVESIKEMIA	28
4.1 FOSFAATTIKEMIA	28
4.2 NAOH-KEMIA	32
5 SOODAKATTILAN SYÖTTÖVESIKEMIA	33
5.1 AMMONIAKKI	34
5.2 AMIINIT	35
5.3 HAPENPOISTO	37
5.3.1 Hydratsiini	39
5.3.2 Karbohydratsidi	40
5.3.3 Metyylietyyliketoksiimi, MEKO	40
5.3.4 Dietyylihydroksyyliamiini, DEHA	41
5.4 LAUHTENPUHDISTUS	41
5.4.1 Pehmennyssuodatin	42
5.4.2 Täyssuolanpoisto	43
6 VESIHÖYRYKIERRON VALVONTA	46
6.1 EDUSTAVA NÄYTTEENOTTO	46
6.2 NÄYTEPISTEET	48
6.2.1 Lisävesi	50
6.2.2 Palautettava lauhde ennen ja jälkeen lauhtenpuhdistuksen	51
6.2.3 Syöttövesi	53
6.2.4 Kattilavesi	54
6.2.5 Höyry	55
6.3 VESIHÖYRYKIERRON MITTAUKSET JA SEURATTAVAT KOMPONENTIT	55
6.3.1 pH, happokapasiteetti ja alkaliniteetti	56
6.3.2 Johtokyky	57
6.3.3 Happi	59
6.3.4 Kovuus	60
6.3.5 Fosfaatti	60
6.3.6 Silikaatti	60

6.3.7 Rauta ja kupari	61
6.3.8 Natrium/Natriumhydroksidi.....	61
6.3.9 Hiilidioksidi	62
6.3.10 Orgaaniset aineet.....	62
6.3.11 Muut mittaukset	62
6.4. VÄHIMMÄISVAATIMUKSET VALVONNALLE	63
7 OHJEARVOT JA TOIMINTARAJAT	64
7.1 TOIMINTARAJAT	65
7.2 HÖYRY	68
7.3 KATTILAVESI.....	71
7.4 SYÖTTÖVESI	75
7.5 LAUHDE	78
7.6 LISÄVESI	79
8 OHJEARVOJEN YLITYS- JA ALITUSTILANTEET	80
8.1 POIKKEAMATILANTEET	80
8.2 TARKISTUS- JA TOIMINTAOHJEET	81
9 KIRJALLISUUS	86

Liite 1. Ohjearviivistelmä

LIITE 7

YHTEENVETO

Removal method	Principle	TOC-reduction rate	Comments and notes
Reverse osmosis	Removes efficiently TOC. Cut-off value for non-ionic compounds > 100 g/mol.	> 95 %	The best available technology to remove biopolymers and uncharged organic molecules.
Nanofiltration	Removes efficiently both organics and ionic compounds. Cut-off value for non-ionic compounds is > 300...500 g/mol.	80...90 %	Alternative treatment for chemical treatment with simultaneous salt removal (60...80 %). Colour removal units in operation e.g. in Norway for waters with high TOC values.
Activated Carbon	Based on adsorption. Capacity dependent on water quality and TOC components. Efficiency may be very high with the new filters.	20..80%, 50% for biological filters with high retention times.	Is used within drinking water treatment units to remove taste and odour. After first operation period the efficiency in TOC removal retains.

SKYREC 20.10.2011

Conclusions

- ▀ TOC nature dependent on time and place
- ▀ Know your boiler and turbine limits
- ▀ Verify TOC reduction rate and total costs before installation of a new system
- ▀ Consider 100 % condensate treatment



SKYREC 20.10.2011

LIITE 8

YHTEENVETO

Conclusions: AC

- * Active carbon can remove up to 40 - 60 % of residual organic material (TOC)
- * AC bed lifetime before regeneration is at least 10 months
- * Subsequent MB is needed to remove elevated conductivity and silica
- * AC works fine in full scale

Conclusions: UV

- * UV treatment was able to remove up to 30 % of residual TOC
- * Removal efficiency did not improve with:
 - * Lower wave length (more energy)
 - * H₂O₂ (oxidant)
 - * TiO₂ (catalyst)
 - * Number of UV chambers (contact time)
- * Possible reason for this: water should be pretreated with e.g. RO (this is normal procedure in microelectronic or pharmaceutical industry water treatment)

LIITE 9

YHTEENVETO

6. Johtopäätökset

6.1. Aktiivihiiликokeet

Aktiivihiiликokeissa tärkein mittausparametri oli orgaanisen hiilen kokonaispitoisuus (TOC). TOC:ta mitattiin offline- ja online-tyyppisesti sekä Saksassa tehtyjen LC-OCD-analyysien yhteydessä. Vaikuttaa siltä, että Oulun yliopiston laitteella saatavat absoluuttiset TOC-lukemat pienille pitoisuuksille sisältävät virhettä noin 50 – 150 ppb. TOC-reduktiot kuitenkin vaikuttavat luotettavilta (virhe supistuu suhteita laskettaessa pois).

6.1.1. Aktiivihiiilaatujen vertailu TOC-poistossa

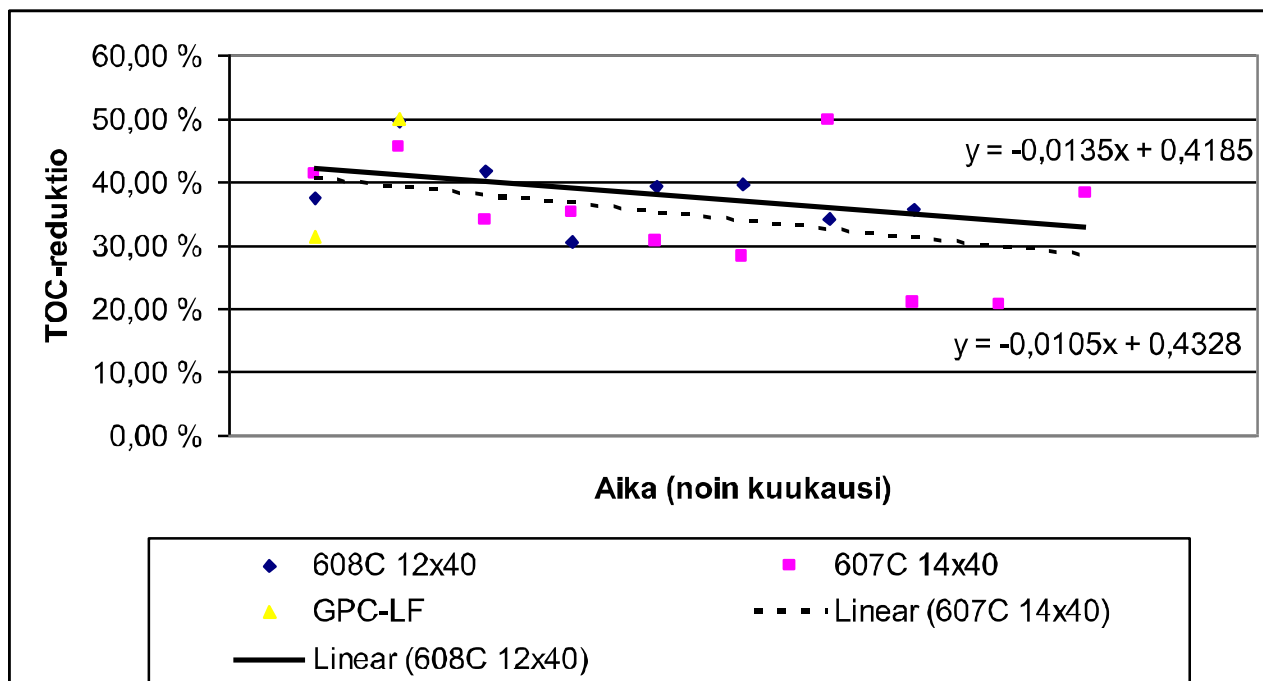
Aktiivihiiilaatuja vertailtiin jatkuvatoimisilla suodatuskokeilla. Tavoitteena oli selvittää mikä kolmesta aktiivihiiilaadusta poistaa orgaanisia yhdisteitä tehokkaimmin. Aktiivihiiлиä testattiin erilaisilla suodattimilla (kuvat 2 ja 3), mikä vaikeuttaa suoraa tulosten vertailua. Kokeet tehtiin myös eri aikoina, joten tulevan veden orgaanisen ainoksen koostumus on ollut erilainen. Vertailua on tässä yhteydessä tehty keskimääräisen TOC-reduktion perusteella (taulukko 13) ja noin kuukauden mittaisen koejakson tulosten perusteella (kuva 34). Kaikilla testatuilla aktiivihiiлиillä päästiin suodatusjakson alussa noin samoihin TOC-pitoisuuksiin.

CPG-LF 12X40 -aktiivihiiли vaikuttaa taulukon 10 vertailun perusteella parhaalta, mutta sen suodatusjakso oli vasta alussa ja näytteitä ehdittiin analysoida vain kaksi. Kahdella AQUACARB -aktiivihiiлиellä ei ole merkittävää eroa keskimääräisen TOC-reduktion perusteella. Kuvan 34 perusteella AQUACARB 608C 12X40 vaikuttaa parhaiten toimivalta (GPC-LF -hiiltä ei voi kahden pisteen perusteella kuvasta 33 arvioida), mutta erot eivät ole suuria.

Aktiivihiiлten vertailukokeiden perusteella parhaiten soveltuva aktiivihiiли on joko AQUACARB 608C 12X40 tai GPC-LF 12X40. Ratkaiseva tekijä lienee hiiлilaadun hinta ja saatavuus.

Taulukko 13. Aktiivihiiлиillä saavutetut keskimääräiset TOC-reduktiot.

Aktiivihiiли	Keskimääräinen TOC-reduktio
AQUACARB 607C 14X40	37 %
AQUACARB 608C 12X40	39 %
GPC-LF 12X40	41 %



Kuva 34. Aktiivihiihilaatujen vertailu noin kuukauden kestäneellä aikajaksolla.

6.1.2. Johtokykymittaukset

Johtokykyä tarkkailtiin TSP-vedestä, aktiivihiihisiuodatetusta vedestä ja koesekavaihtimen jälkeisestä vedestä.

Veden johtokyky kasvaa merkittävästi aktiivihiihisiuodattimessa kaikilla aktiivihiihilaaduilla. Tehdyissä alkuaineanalyysissä ei kuitenkaan havaittu, että aktiivihiihilestä irtoaisi epäpuhtauksia. Myöskään merkittävää orgaanisen aineen hajoamista ioniseksi orgaaniseksi aineeksi ei havaittu. Johtokyvyn nousun voisi selittää orgaanisen hiilen muuttuminen epäorgaaniseksi (karbonaatti, vetykarbonaatti), mikä viittaisi suodattimen mikrobiologiseen toimintaan. Kuitenkaan pesäkelukumittaukset eivät tue tätä tulkintaa. TOC-mittauksissa havaittiin aktiivihiihisiuodatetussa vedessä kohonnut epäorgaanisen hiilen pitoisuus. Aktiivihiihisiuodatetun veden johtokyvyn kasvun syy ja taustalla vaikuttava mekanismi jäi tutkimuksessa kuitenkin osittain tuntemattomaksi.

Tutkimuksessa havaittiin heikohkoa korrelaatiota (R^2 -korrelaatiokerroin lineaariselle riippuvuudelle noin 0,5) aktiivihiihisiuodattimen TOC-reduktion ja aktiivihiihisiuodatetun veden johtokyvyn välillä (kuva 11). Johtokykymittausten data hyödyntäminen edellyttää johtokyvyn nousun syyn parempaa ymmärtämistä.

Havaittiin, että aktiivihiihluodattimen jälkeinen johtokyky seuraa tietynlaista trendiä, jossa johtokyky nousee ensin tietulle tasolle ja alkaa siitä hitaasti laskaa (kuvat 19 ja 22).

Aktiivihiihluodattimen jälkeisen sekavaihtimen tehtävä on alentaa aktiivihiihluodattimessa noussut johtokyky takaisin hyväksyttävälle tasolle. Sekavaihdin poisti orgaanista hiiltä noin 10 - 20 % kun sekavaihtimeen pääsi epähuomiossa pieni määrä aktiivihiihltä ja aktiivihiihlien likaista huuhteluvettä. Tällöin sekavaihtimen toimintamekanismi ei todennäköisesti ollut ioninvaihto. Vaihdettaessa sekavaihtimeen uusi ioninvaihtomassa, efekti poistui. Sekavaihdin ei tulosten perusteella tavallisesti alentanut TOC:ta merkittävästi.

6.1.3. Suodattimen biologisen aktiivisuuden herätys ja merkityksen arviointi

Aktiivihiihluodattimen biologista aktiivisuutta tutkittiin pesäkelukumittauksilla, herätyskokeella ja kuumien lauhteiden suodatuskokeella.

Pesäkelukunäytteitä kerättiin TSP-vedestä, aktiivihiihluodattimesta vedestä ja koesekavaihtimen jälkeisestä vedestä. Pesäkeluku kasvaa aktiivihiihluodattimessa, mutta luvut ovat hyvin pieniä. Pesäkelukumittausten tulosten perusteella aktiivihiihluodattimen biologinen aktiivisuus on vähäistä.

Herätyskokeessa (Oulun Veden Hintan vedenpuhdistuslaitokselta otetun käytetyn aktiivihiihlien sekoittaminen uuden hiihlien joukkoon) havaittiin hetkellinen kasvu TOC-reduktiossa, joka mahdollisesti liittyy käytetyn aktiivihiihlien mukanaan tuomaan mikrobikantaan. Vaikutus poistui noin kahden viikon aikana. TSP-veden ravinne- ja orgaanisen hiihlien pitoisuudet ovat niin pienet, että biologisen toiminnan muodostuminen ja ylläpito vaikuttavat epätodennäköisiltä.

Kuumien lauhteiden suodatuskokeessa kuumen lauhteen ajaminen suodattimen läpi alensi TOC-reduktiota noin 50 %. Kuumen lauhteen (lähes 100 °C) oletettiin poistavan biologinen aktiivisuus suodattimesta. Pesäkelukumittaukset eivät kuitenkaan tue tulkintaa, jonka mukaan suodattimen toiminta olisi jopa 50 % biologinen.

Yhteenvedona voidaan todeta, että aktiivihiihluodattimen toimintamekanismi vaikuttaa olevan käytännössä täysin adsorptioon perustuva. Biologisen aktiivisuuden herättäminen näyttäisi olevan mahdollista, mutta vaikutus on suhteellisen lyhytkestoinen.

6.1.4. Ominaispinta-alamääritykset

Ominaispinta-ala määritettiin käyttämättömästä, noin 4 kk ja noin 1 kk käytössä olleista AQUACARB 607C 14X40 -aktiivihiihlinäytteistä. Käyttämättömän aktiivihiihlien ominaispinta-ala vastasi valmistajan ilmoitusta. Käytettyjen aktiivihiihlien pinta-alassa ei havaittu merkittäviä

muutoksia (ks taulukko 6). Johtopäätöksenä voidaan sanoa, ettei aktiivihiiilen ominaispinta-ala alentunut, mikä kertoisi huokosten tukkeutumisesta ja alentuneesta adsorptiokapasiteetista.

6.1.5. Kokojakaumamääritykset

Kokojakaumamääritysten perusteella Oulujoen vedessä on selvää vaihtelua orgaanisen aineen koostumuksessa. Tuloksissa näkyy koagulaatio-flokkaus-flotaatiovaiheiden orgaanista ainesta pilkkova vaikutus (kuva 23), joka ei todennäköisesti ole ko. vaiheiden toiminnan kannalta optimaalista. Mielenkiintoista on, että kokojakaumamääritysten perusteella AQUACARB 608C 12X40 -aktiivihiihi toimisi merkittävästi tehokkaammin kuin GPC-LF 12X40 -aktiivihiihi orgaanisten yhdisteiden poistossa (kuvat 28 ja 29). Eroa ei ole havaittavissa TOC-mittausten perusteella. Koesekavaihdin vaikuttaisi hieman vapauttavan orgaanista ainesta, mikä voi olla mahdollisesti näytteenotosta aiheutunut virhe (kuva 30).

6.1.6. LC-OCD-määritykset

LC-OCD-määritysten perusteella aktiivihiihisuodattimien poistamia orgaanisia yhdisteitä pystyttiin karakterisoidaan. Aktiivihiihisuodatin vaikutti poistavan muita orgaanisten yhdisteiden fraktioita paitsi biopolymeerejä melko tehokkaasti. Biopolymeerien huonompi poistoteho voi johtua niiden koosta: toisenlaista huokoskokoa oleva aktiivihiihi mahdollisesti voisi poistaa niitä tehokkaammin.

6.1.7. Pitkän aikavälin seurantakoe (aktiivihiiilen käyttöjakson pituus)

Aktiivihiiilen TOC-poistoteho pysyi lähes vakiona koko 11 kuukauden koejakson ajan. Tämä näkyi sekä TOC-mittauksissa, että LC-OCD-määrityksessä, joka tehtiin noin 10 kuukautta pitkän aikavälin kokeen alettua. Aktiivihiiilen käyttöjakson pituudesta voi tämän tutkimuksen perusteella todeta, että se on ainakin 11 kuukautta.

6.1.8. Tehdasmittakaavan aktiivihiihikoe

Tehdasmittakaavan koe kesti noin kolme kuukautta. Sinä aikana TOC-poistoteho oli noin 40 – 65 %, mikä vastasi pilot-kokeiden poistotehoa. Johtokyky nousi aktiivihiihisuodattimessa myös samoin kuin pilot-kokeissa. Tehdasmittakaavan kokeessa mitattiin aktiivihiihisuodatetun veden silikaattipitoisuutta, joka nousi huomattavasti: noin tasolle 200 mg/l aluksi. Kahden viikon aikana

silikaattitaso aktiivihiiisuodatetussa vedessä laskee tasolle noin 20 mg/l. Aktiivihiiisuodatinta seurannut sekavaihdin poistaa vapautuneen silikaatin ja sen rooli onkin tästä syystä erityisen tärkeä.

6.2. Oulun soodakattilan ja leijupetikattila K3:n vesi-höyrykierron TOC-, asetaatti- ja formiaattipitoisuudet

Mitatut TOC-pitoisuudet olivat liian suuria suosituksiin ja kattiloissa käytettäviin paineisiin nähden. Kahden mittaussarjan (taulukot 11, 12 ja kuva 32) välillä oli aika suurta vaihtelua. Huomattavan suuri on taulukossa 11 esitetty lisäveden TOC-pitoisuus. Todennäköisesti tuloksessa on virheellisyyttä.

Asetaatti- ja formiaattipitoisuuksien mittaus ionikromatografilla kertoi orgaanisen aineksen hajoamisasteesta. Ensimmäisen näytesarjan mitatut pitoisuudet (taulukko 11) olivat yllättävän pieniä ja toisessa mittaussarjassa (taulukko 12) ei asetaattia ja formiaattia havaittu kuin ainoastaan kattilavedestä.

6.3. UV-kokeet

UV-valon käyttöä TOC:n hajotuksessa kokeiltiin yhteistyössä Hanovian (UV-lamppuvalmistaja) kanssa. Suurin kokeissa saavutettu TOC-reduktio oli noin 30 % (käytössä yksi UV-kammio ja keskipainelamppu). Kokeissa selvitettiin myös seuraavien tekijöiden vaikutusta TOC-poistotehoon:

- Viipymäaika UV-reaktorissa eli UV-säteilyannos.
- Lampun tyyppi (matalapaine- ja keskipainelamppu).
- TiO_2 -katalyytti.
- Vetyperoksidin käyttö hapettimena.

Tutkituista tekijöistä mikään ei oleellisesti parantanut TOC-poistotulosta. Vetyperoksidikokeen toteutus tosin epäonnistui, sillä käytetty putkimateriaali vapautti veteen muovinlisäaineita, mikä näkyi kohonneena TOC-pitoisuutena.

Tehtyjen kokeiden perusteella UV-käsittely TOC:n poistomenetelmänä soodakattilan lisävedestä ei ole kilpailukykyinen suuren energiankulutuksen ja alkuinvestoinnin vuoksi.

LIITE 10

YHTEENVETO

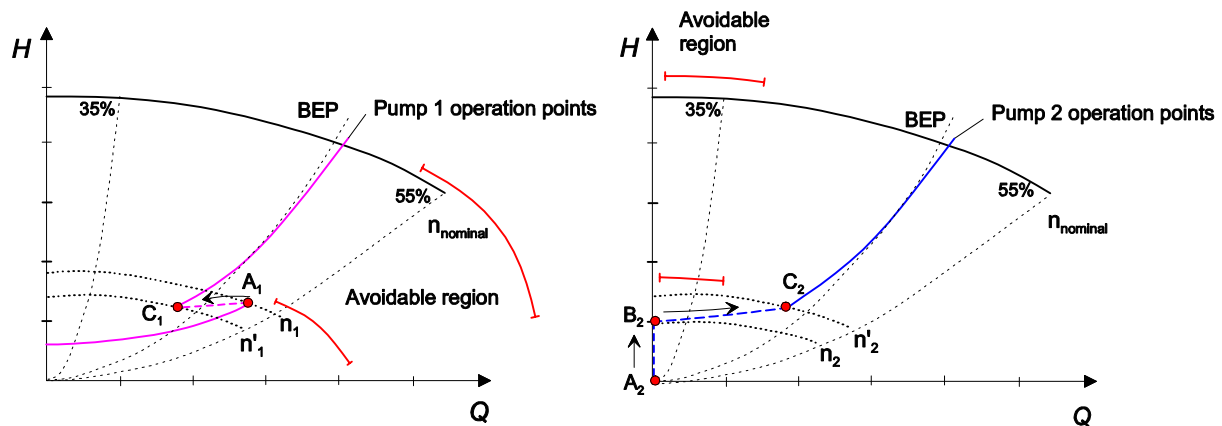


Figure 10. Using rotation speed balancing of parallel pumps to avoid unwanted pump operation area. Pump 2 should be started when there's a risk that Pump 1 is entering avoidable operating region. After Pump 2 has started to deliver flow in point B₂, the speed of both pumps can be balanced to meet the same head in points C₁ and C₂.

To avoid rotation speed controlled parallel pumps to operate on unwanted operation regions, the speeds of the pumps can be balanced like illustrated in figure 10. The speed of the primary pump (Pump1) is not increased further if there is risk of entering avoidable region. Thus, the speed is kept stable in n_1 . Consequently, the secondary pump (Pump 2) is started (A₂), and when Pump 2 starts to deliver flow at speed n_2 in point B₂, the speeds both of both are balanced to meet the same head level. This procedure results the operation point of Pump 1 to shift from A₁ to C₁ and the operation point of Pump 2 from B₂ to C₂. Adding pumps and performing the balancing procedure on the right moment can also result a lowered specific energy compared with traditional speed control, where the rotation speed of individual pumps are increased to nominal before adding more parallel pumps to the process as explained in previous chapter.

The preferred point when to use several speed regulated parallel pumps instead of only one pump can be determined if the individual operating point of each parallel-connected pump is being observed. VSDs can be utilized to pump monitoring as well as control (Hammo & Viholainen, 2006) and the flow metering using e.g. pressure sensors and pump characteristics can be used to controlling purposes. In that case, the unwanted operating regions, like areas near shut-off or increased cavitation risk should be selected based on pump characteristics. This data could be implemented to VSD-control procedure and based on flow metering information, parallel pumps could operated with lesser risk of shut-off and cavitation in addition to reduced energy consumption.

6 CONCLUSION

Installing variable speed drives to parallel pumping system enables the use of rotation speed control to adjust the pumping process flow rate with better energy efficiency compared with many other adjusting methods. The rotation speed control of parallel pumps can be seen most beneficial if the controlling scheme is fitted for parallel pumping and existing system characteristics. This can be done using rotation speed balancing of ongoing parallel pumps and adding and cutting parallel pumps on the right moment. The justified point is possible to determine by calculating the specific energy use of different pump controlling alternatives but also by defining the unwanted operating regions of each parallel pump, where there is a risk of reduced service life and poor energy efficiency.

Improving the speed control of parallel pumps does not necessary mean investments to new process components; more advantageous operation can be achieved in any parallel pumping systems where pumps are already equipped with VSDs. Utilizing the VSDs also to process monitoring can open the possibility to perform justified control schemes with very little initial data. The result can be energy efficient operation of parallel pumps with lower risk of mechanical failure.

REFERENCES