

Liite 1

**Aktiivihiiilen mitoituksen varmistus ja optimointi sekä TOC-reduktion
varmistaminen – loppuraportti 23.10.2014, JP-analysis**

Loppuraportti

Aktiivihillen mitoituksen varmistus ja optimointi sekä TOC-reduktion varmistaminen

1 Taustaa

Soodakattilayhdistyksen SKYREC-projektissa on tutkittu aktiivihillen 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 aktiivihillisuodatus 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 aktiivihillen toimivuuteen. Lisäksi lyhyt koe aktiivihillen ja sekavaihtimen toimivuudesta toisiinsa sekoitettuna. Talven 2012 – 2013 aikana on tutkittu aktiivihillisuodattimien mitoitusta nostamalla suodattimen virtaussuhdetta alhaisista arvoista käytännön suodattimissa käytettäviin arvoihin. Lisäksi on vertailtu eri TOC-mittalaitteiden välisiä eroja TOC-reduktion varmistamiseksi.

2 Suodattimien mitoituksesta

Suolanpoistolaitoksen suodattimet mitoitetaan käyttämällä kahta tunnuslukua virtaussuhde ja suodatusnopeus. Virtaussuhteella BV/h tarkoitetaan tunnissa suodatetun vesimäärän ja suodatinmateriaalin tilavuuksien suhdetta. Anionivaihtimessa A1 käytetään mitoitus virtaussuhdetta 30-35 BV/h (Bed volume/h). Anionivaihtimien A1 ja A2 yhteenlasketusta tilavuudesta laskettu virtaussuhde on 25 – 30 BV/h. Suodatus nopeudella m/h tarkoitetaan näennäistä virtausnopeutta suodattimessa. Anioninvaihtimessa käytetään mitoitusta 10 – 50 m/h. suuri vaihtelu johtuu siitä että petivahvuuden tulisi olla aina vähintään 700mm. Koesuodattimissa petivahvuus oli kuitenkin vain 400 – 500 mm tämä huononsi tuloksia käytännön suodattimiin verrattuna.

3 Toteutus

Aktiivihillen mitoituksen optimointi toteutettiin olemassa olevilla suodatin kolonneilla. Kolonneja on kahta eri mallia. Käytettyjen kolonnien ja aktiivihillisuodattimeksi kaavaillun suodattimen (Heikkoanioni) speksit ja käytetyt virtaussuhteet on taulukossa 1. Kokeissa virtaussuhde aloitettiin alhaisista arvoista ja yhden hiilisuoatattimen (AC3) virtaussuhde nostettiin vaiheittain käytännön arvoon (n. 30 BV/h). Aktiivihillisuodattimien AC1 ja AC2 virtaussuhteet pidettiin vakioina. Suodattimiin käytettiin tulovetenä suolanpoistosarjan jälkeistä ionivaihdettua vettä. Aktiivihillisuodattimien jälkeen koesuodatuksissa oli MB

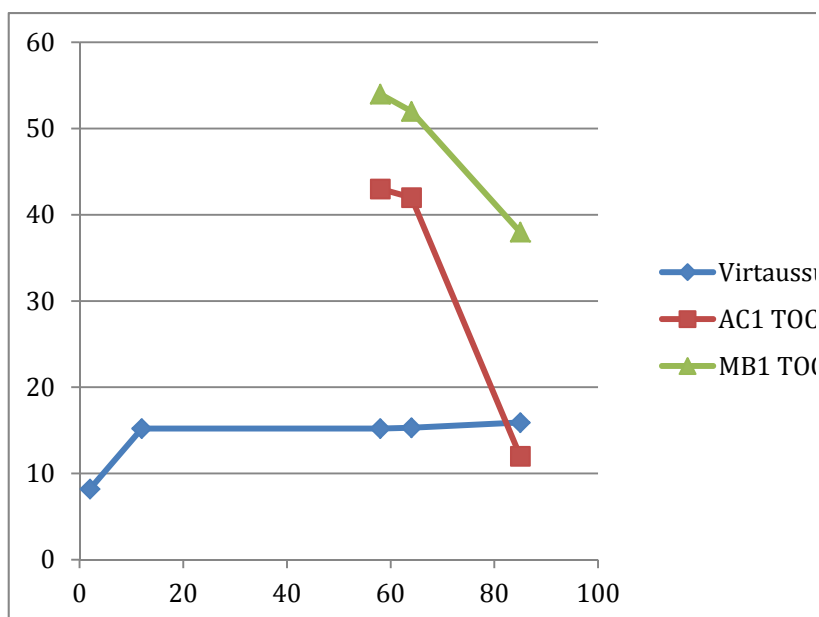
suodattimet. TOC-reduktiot määritettiin sekä aktiivihiilisuodattimen että MB-suodattimen jälkeen. TOC-reduktiot määritettiin TEKMAR Phoenix 3000-analysaattorilla (JP-analysis-yrityksen laite). Lisäksi tuloksia vertailtiin aikaisemmissa tutkimuksissa käytettyyn TOC-laitteistoon (Oulun yliopiston laite). Johtokykyä seurattiin jokaisen aktiivihiilisuodattimen jälkeen reaaliaikaisella mittauksella.

3.1 Tulokset

Aktiivihiili AC1:

Suotimena halkaisijaltaan 220 näytekolonne, jossa veden jako huono (pistemäinen ja hiili-patjan vahvuus 400 mm). Lisäksi kolonnien virtaussuunta oli aluksi väärä (vastavirtaan). Ensimmäisiä tuloksia ei raportoida ja lisäksi kolonnin tehokkuus romahti ennenaikaisesti.

Koejakso d	Virtaussuhde BV/h	AC1 TOC red %	MB1 TOC red %
2	8,2		
12	15,2		
58	15,2	43	54
64	15,3	42	52
85	15,9	12	38

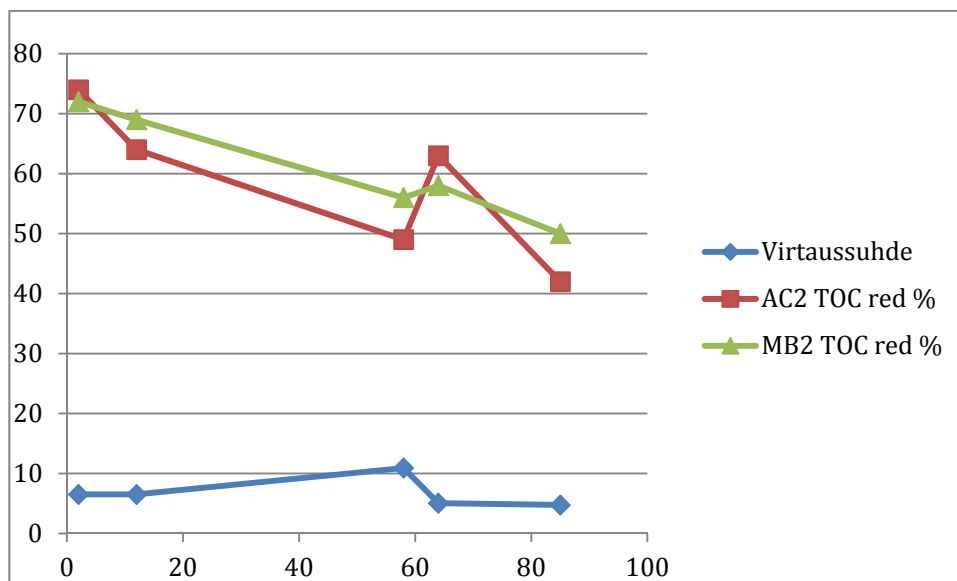


Kuva 1. Aktiivihiilen AC1:n TOC-reduktiot virtaussuhteen ja ajan funktiona.

Aktiivihiili AC2:

AC2 aktiivihiilikolonnin halkaisija 110 mm ja hiilipetin paksuus 500 mm. Vesi jaettu suuttimilla. Kuvassa 2 on esitettyä aktiivihiilisuodatin AC2:n TOC-reduktiot virtaussuhteen ja ajan funktiona. TOC-reduktio on vaihdellut 64 % ja 42 % välillä.

Koejakso d	Virtaussuhde	AC2 TOC red %	MB2 T=C red %
2	6,5	74	72
12	6,5	64	69
58	10,9	49	56
64	5,03	63	58
85	4,74	42	50



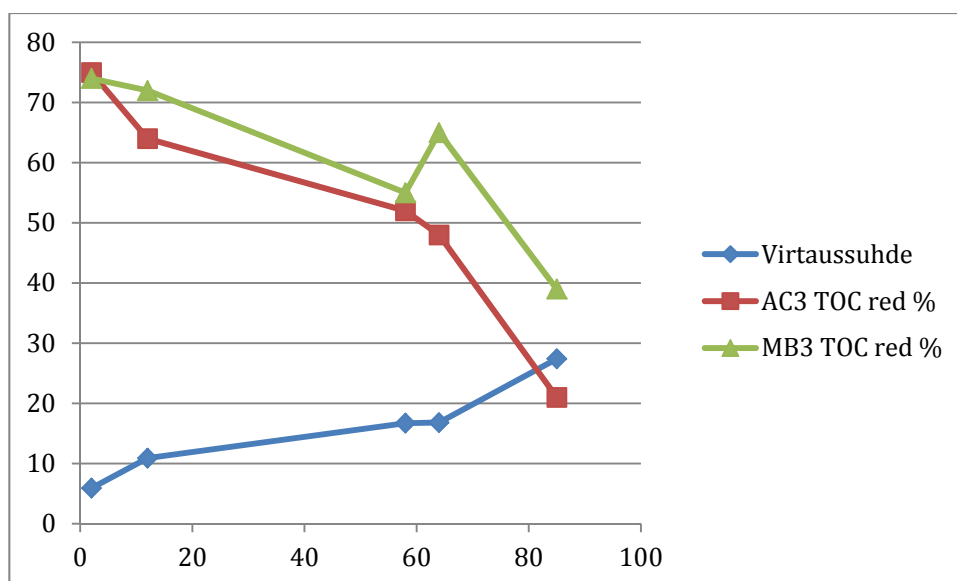
Kuva 2. Aktiivihiilen AC2:n TOC-reduktiot virtaussuhteen ja ajan funktiona.

Aktiivihiili AC3:

AC3 aktiivihiilikolonnin halkaisija 110 mm ja hiilipetin paksuus 500 mm. Vesi jaettu suuttimilla.

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

Koejakso d	Virtaussuhde	AC3 TOC red %	MB3 TOC red %
2	5,9	75	74
12	10,9	64	72
58	16,7	52	55
64	16,8	48	65
85	27,4	21	39



Kuva 3. Aktiivihiilen AC3:n TOC-reduktiot virtaussuhteen ja ajan funktiona.

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 on vertailtuna edellä mainittujen laitteiden tuloksia.

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

Taulukko 2. TOC-analysaattorien pitoisuuksien vertailu

Yhteenveto

Käytännössä hiilet joudutaan vaihtamaan puolen vuoden välein.

Tulokset osoittavat, että aktiivihiilet poistavat orgaanista hiiltä tehokkaasti TSP-vedestä. Virtaussuhteen kasvu vaikuttaa alentavasti TOC-reduktioon. Aktiivihiilessä AC 3 virtaussuhde (n. 30 BV/h) oli lähimpänä käytäntöä. Tällöin TOC-reduktio oli n. 20 %. Kolonnien pettilavuudet 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 kokopettilavuudella.

TOC-analysaattorien mittaamissa 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 2

TOC-mittaukset Metsä Fibre Kemi – loppuraportti 23.10.2014
JP-analysis

TOC-MITTAUKSET, METSÄ FIBRE KEMI 12.3.2013 & 30.8.2013

TEKIJÄ: Jaakko Pellinen, JPanalysis

1 TAVOITE:

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. Kuva ioninvaihtosarjasta on sivulla 4, johon on ympyröity kyseiset näytteenottopaikat. UV-laitteiston jälkeen ei ollut näytteenottopaikkaa. Lisäksi näytteet otettiin soodakattilan tulistetusta höyrykierrosta. Jokaisesta näyttepaikasta otettiin kolme rinnakkaista näytettä. Näytteet analysoitiin Tekmar Pheonix 8000 analysaattorilla.

Mittauksia tehtiin kahdella eri kerralla 12.3.2013 sekä 9.8.2013. Erona oli että ensimmäisellä kerralla (12.3) mittauksia ei tehty UV-laite pois päältä.

2 TULOKSET

2.1 Mittaus 12.3.2013

näyte nro	Näyte	ppm C	ppb	ka
1	Anioninvaihtosarjan (A1) jälkeen		233,0	
2	Anioninvaihtosarjan (A1) jälkeen		248,0	
3	Anioninvaihtosarjan (A1) jälkeen		244,0	242
4	Sekavaihtimen (MB1) jälkeen		192,0	
5	Sekavaihtimen (MB1) jälkeen		190,0	
6	Sekavaihtimen (MB1) jälkeen		202,0	195
7	Tulistettu höyry		674,0	
8	Tulistettu höyry		667,0	
9	Tulistettu höyry		674,0	672

TOC-reduktio on n. 20 % anioninvaihtimen ja sekavaihtimen välillä. Reduktio vastaa sekavaihtimen TOC-reduktiokykyä.

Johtopäätökset

Näiden tulosten perusteella UV-käsittely ei tehosta TOC-reduktiota. Kuitenkin, tuloksista ei voida osoittaa UV-käsittelyn tehoa. Lisäksi UV-laitteistosta oli muutama lamppu pois käytöstä näytteiden otto hetkellä.

Uudet näytteet tulisi ottaa uudestaan kun kaikki lamput ovat käytössä. Lisäksi näytteet tulisi ottaa ilman UV-käsittelyä (UV-laite pois päältä) ja käsittelyn kanssa. Tulistetun höyryn vesinäytteiden TOC-pitoisuudet ovat poikkeuksellisen korkeat



2.2

Mittaus 9.8.2013

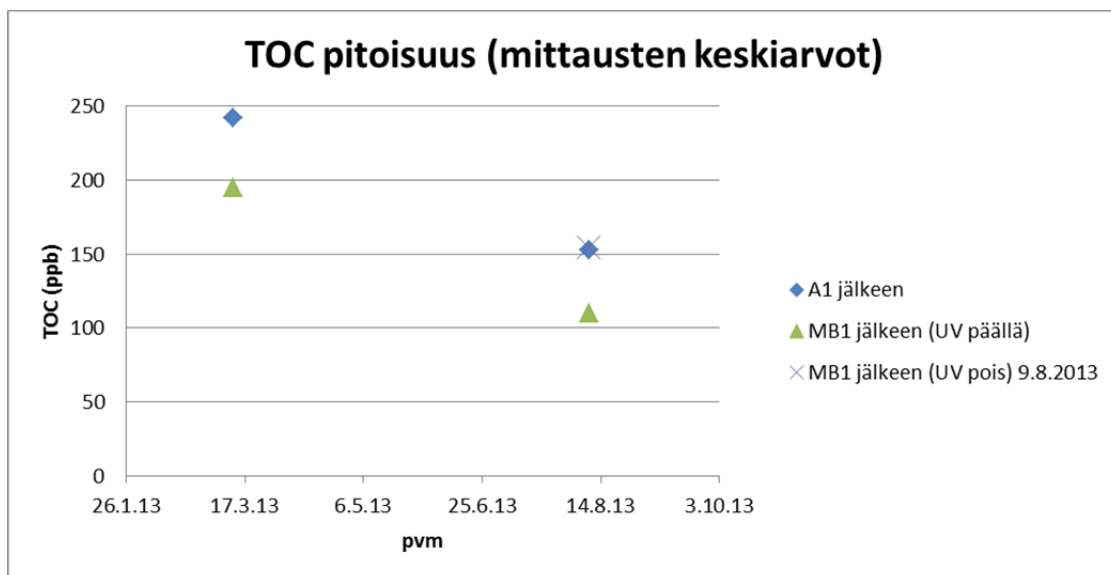
näyte nro	Näyte	ppm C	ppb	ka
1	Anionivaihtosarjan (A1) jälkeen	0,1588	159	
2	Anionivaihtosarjan (A1) jälkeen	0,154	154	
3	Anionivaihtosarjan (A1) jälkeen	0,1452	145	153
4	Sekavaihtimen (MB1) jälkeen (UV pois)	0,1508	151	
5	Sekavaihtimen (MB1) jälkeen (UV pois)	0,1569	157	
6	Sekavaihtimen (MB1) jälkeen (UV pois)	0,1556	156	154
7	Sekavaihtimen (MB1) jälkeen (UV päällä)	0,1045	105	
8	Sekavaihtimen (MB1) jälkeen (UV päällä)	0,1033	103	
9	Sekavaihtimen (MB1) jälkeen (UV päällä)	0,122	122	110
10	Tulistettu höyry	0,3593	359	
11	Tulistettu höyry	0,3406	341	
12	Tulistettu höyry	0,5143	514	405

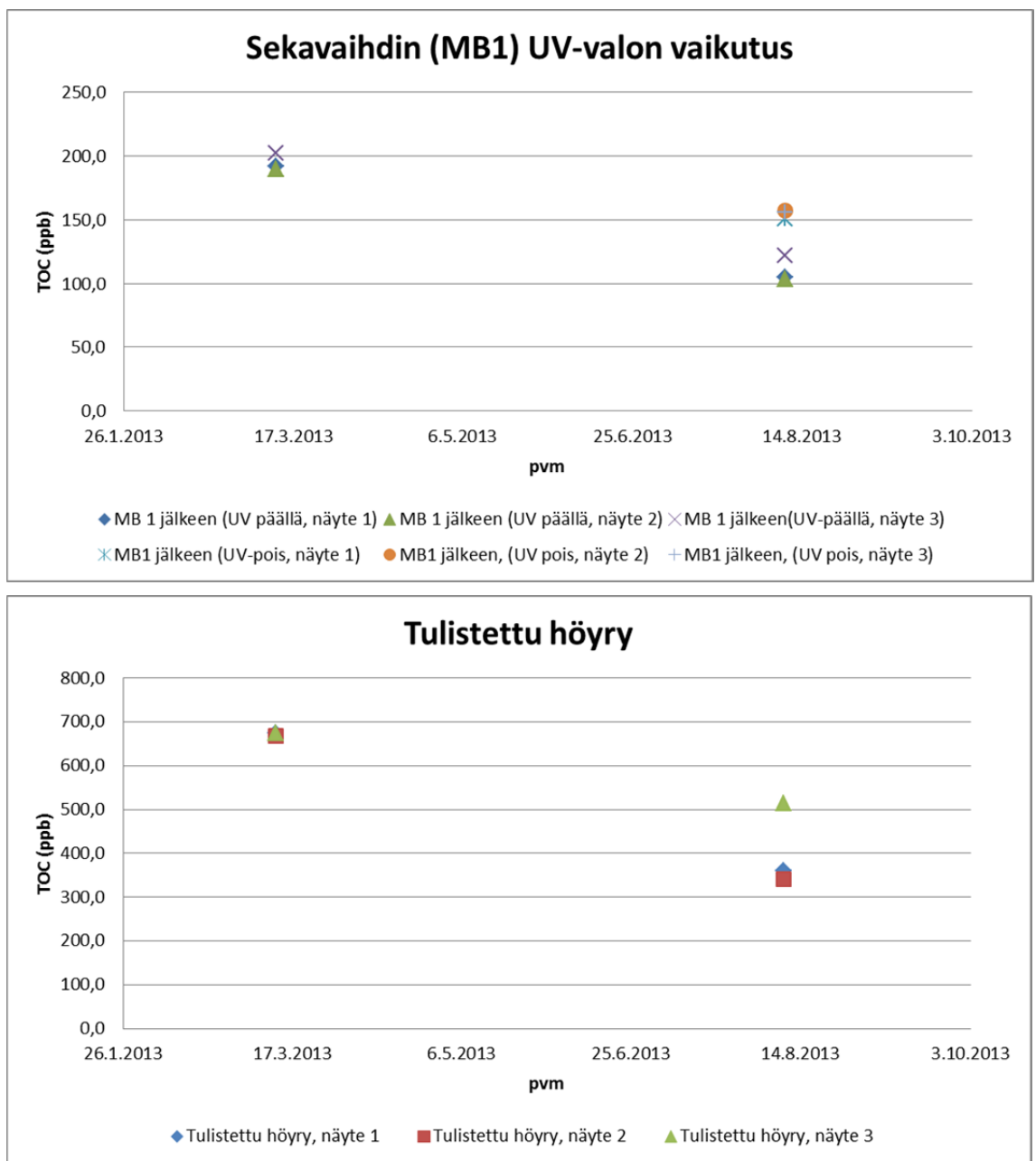
Tuloksista voidaan sanoa, että sekavaihdin (MB) ei poista orgaanista hiiltä laisinkaan ilman UV-käsittelyä. UV-käsittelyn kanssa näyttäisi, että kokonaisorgaanista hiiltä poistuu noin 30 % (50 ppm) sekavaihtimessa (MB).

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.

2.3

Mittausten vertailu



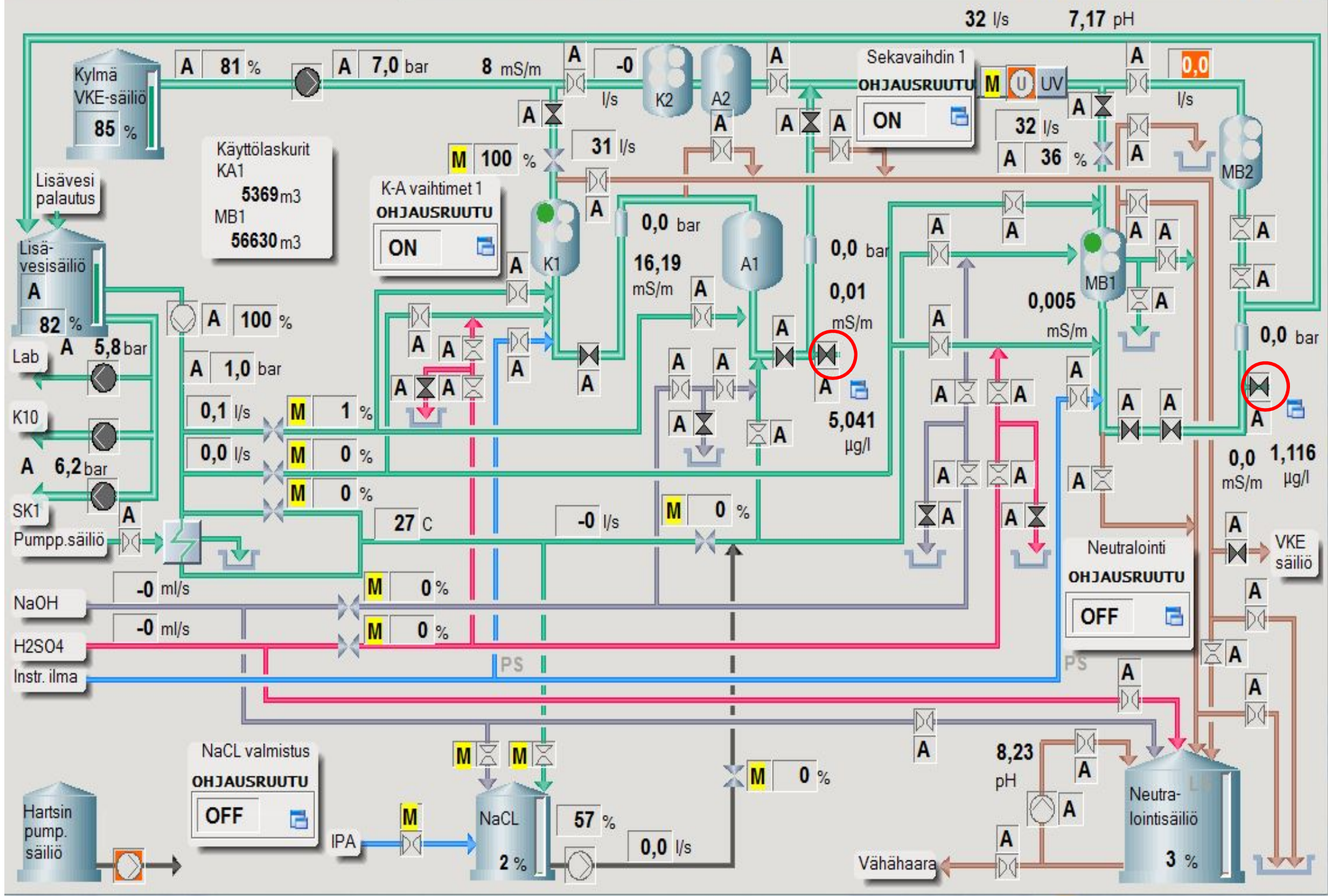


2.4

Jatkoprojekti

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.



Liite 3

Suojaussuositus, päällehitsaus-kappale 23.10.2014

PUTKEN PÄÄLLEHITSAUS

1 SOVELTAMISALA

Tämä ohje koskee vanhojen päällehitsien korjaushitsausta austeniittisella ruostumattomalla teräksellä, mutta menetelmää voidaan käyttää myös uusissa kattiloissa. Ohje soveltuu myös kattiloiden paljaiden hiiliteräsputkien ja tapituksella tai metalliruiskutuksella varustettujen putkien suojaamiseen.

Ohjetta voidaan soveltaa Painelaitedirektiivin (PED) sekä kattilastandardin EN 12952 mukaisessa valmistuksessa/työssä.

1.1 Päällehitsauksen edellytykset

Soveltuvat / varovaisuutta vaativat kohteet, huomioitava esim. primääri-ilmaaukot / pohja /sula-aukot

Suorat putket

Taivutetut putket

Jos kohde soveltuu päällehitsaukseen, huomioitava putken laskennallinen minimi ja hitsin tunkeuma (jos särö ulottuu mustaan putkeen, putki vaihdettava?)

Vauriomekanismi selvitettävä

Väliaikainen korjaus (jos kattila saatava ylös) -> seuranta & dokumentointi

Muut materiaalit, ainakin yleisimmät esim. 304 ja Sanicro 38 erityisvaatimukset (esim. kuumahalkeilu, hitsauksen lisäaineet)

Päällehitsattavan alueen koko / laajuus. Rajoituksia?

Mustan putken vahvistus täytehitsauksella

Ei saa hioa liikaa

Eripariliitosten päällehitsaus

Esim. 304 ja Sanicro 38

2 PINNAN PUHDISTUS

Kattilaolosuhteissa on jähmettynyt sula, kulunut tapitus tai vanha käytössä lohkeillut metalliruiskutus poistettava putken pinnasta huolellisesti.

Hitsattavan materiaalin pinnan tulee olla puhdas liasta, rasvasta, ruosteesta, valssihilseestä tai muusta vastaavasta epäpuhtaudesta.

Puhdistus voidaan tehdä hiomalla, teräsharjaamalla, liuottimella tai hiekka-/raepuhalluksella.

3 PÄÄLLEHITSAUKSEN VAATIMUKSET

3.1 Hitsauksen pätevyitys

Hitsausohjeet (WPS) pätevoidetään standardien EN ISO 15614-1, EN ISO 15614-7 tai EN ISO 15613 mukaan.

Hitsaajat pätevoidetään standardin EN 287-1 / EN ISO 9606-1 (käsinhitsaus) mukaan ja hitsausoperaattorit standardin EN 1418 / EN ISO 14732 (operaattorit, mekanisoitu hitsaus) mukaan.

3.2 Mikrorakenne

Tulipesän valmiin päällehitsauskerroksen tulee olla mikrorakenteeltaan ferriittis-austeniittinen, jolloin sopiva ferriitin määrä tulisi olla 5...15%. Tämä ferriittimäärä on edullinen hitsausteknisistä syistä, koska ferriitti pienentää hitsin kuumahalkeamistaipumusta.

3.3 Kemiallinen koostumus

Valmiin päällehitsauskerroksen nimellisanalyysin tulisi olla esimerkiksi:

Cr	16...19 %
Ni	8...11 %
Mo	0...2 %
C noin	0,06 %

Kromi- ja nikkelpitoisuudet voivat olla korkeammatkin edellyttäen, että mikrorakenteen koostumus säilyy kohdan 3.2 mukaisena.

3.4 Kerrospaksuus

Päällehitsauskerroksen paksuuden tulee olla riittävän ohut, jotta lämpösiirtyminen olisi hyvä ja seinämän kokonaisvahvuus ei kasvaisi liian suureksi.

Käytetty hitsausmenetelmä asettaa myös rajoituksia muodostuvan palon paksuudelle, ks. kohta 5.

4 HITSAUSMENETELMÄT JA LISÄAINEET

4.1 Hitsausmenetelmät

Soveltuvat hitsausmenetelmät ovat puikkohitsaus (111), MAG umpilanka (135), MAG täytelanka (136,138) ja TIG hitsaus (141).

MAG umpilanka menetelmässä on suositeltavaa käyttää pulssitustekniikkaa.

4.2 Lisäaineet

Kohdassa 3.2 vaaditun analyysin saavuttaminen päällehitsauskerrokselle edellyttää yliseostetun lisäaineen käyttöä, jolla kompensoidaan perusaineen sekoittumisen ja seosaineiden palohäviöiden (hapettumisen) vaikutus. Suositeltavia lisäainetyyppejä ovat mieluiten niukkahiiliset seokset (C maks. $\leq 0,03$ %), AISI 309- tai 309-Mo vastaavat lisäaineet. Lisäaineen valinnassa voidaan hyödyntää esim. Schaefflerin kaaviota.

Koska kerrospaksuuden tulee olla mahdollisimman ohut, tulee käytännössä kysymykseen vain yksipalkohitsaus. Monipalkokerros on laadultaan parempi mutta kustannuksiltaan kallis. Huonontuneen lämmönsiirtymisen vuoksi voivat lämpötilaerot muodostua liian suuriksi suurten kerrospaksuuden yhteydessä, jolloin terminen väsyminen saattaa aiheuttaa putkivaurioita toistuvien ylös- ja alasajojen seurauksena.

4.3 Hitsausparametrit

Yliseostettuja lisäaineita käytettäessäkään ei voida olla varmoja päällehitsauskerrokselle vaadittavat nimellisanalyysin saavuttamisesta ellei ole varmistettu käytettävien hitsausparametrien (esim. lisäaineen paksuus, virta, puikon kuljetusnopeus, levitystapa, työlämpötila, langan syöttönopeus ym.) soveltuvuudesta ko. hitsausmenetelmälle ja lisäaineelle. Sopivien hitsausparametrien löytämiseksi suositellaan ennen työhön ryhtymistä työkokeen suorittamista, hitsaaja-, kone sekä menetelmäkohtaisesti.

4.4 Esikuumennus ja välipalkolämpötila (työlämpötila)

Esikuumennuksen käyttö päällehitsauksessa ei normaalisti ole tarpeen. Palkojen välistä lämpötilaa (työlämpötilaa) tulee rajoittaa soveltuvien osien, suositeltava enimmäis välipalkolämpötila on +150°C.

4.5 Työkoee

Ennen työn aloittamista suositellaan hitsattavan työkoekappale, samassa hitsausasennossa (pystyhitsi tai jalkohitsi) kuin mitä työssä tullaan käyttämään. Koehitsin tulee täyttää sille asetetut laatu-, koko- ja tunkeumavaatimukset. Koehitsin tutkimisessa tulee selvittää esim. seuraavat seikat:

- tunkeuman syvyys, kerrospaksuus ja palon muoto
- mikrorakennetarkastelu ja mahdolliset halkeamat
- ferriittipitoisuuden määrittäminen joko mikroskooppisesti tai ferriittimittarilla (esim. Permascope)
- hitsin ja muutosvyöhykkeen kovuusmittaus
- päällehitsauskerroksen analyysi

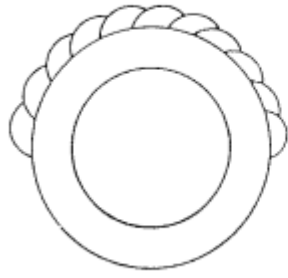
5 HITSUKSEN SUORITTAMINEN

Päällehitsaus tulee suorittaa menetelmäkokeella / esituotannollisella kokeella (EN ISO 15614-1, EN ISO 15614-7 tai EN ISO 15613) pätevoitetyn hitsausohjeen (WPS) mukaisilla hitsausparametreillä. Erityisesti on huolehdittava, että menetelmäkokeella valittavaa työlämpötilaa (palkojen välinen lämpötila) ei ylitetä työskentelyn aikana, koska hitsin sekoittumisaste riippuu olennaisesti työlämpötilasta. Puikolla hitsattaessa on valokaari pidettävä lyhyenä ilmasta tulevan austeniittia kasvattavan typen määrän pienentämiseksi.

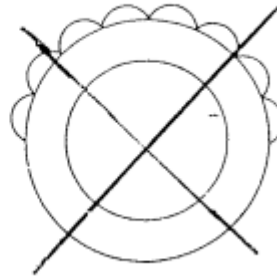
Työhön käytettävien hitsaajien tulee suorittaa ennen työn aloittamista hitsauskoe, jonka laatu arvostellaan visuaalisesti ja kerrospaksuusmittauksella.

Hitsille vaaditun analyysin saavuttamiseksi on lisäksi käytettävä sopivaa palon paksuutta, joka on yleisesti ϕ 3,25 mm ja ϕ 4 mm, puikolla hitsattaessa vähintään noin 3 mm ja kaasukaarihitsauksessa vähintään n. 2,5 mm.

Päällehitsaus tulee tehdä oheisen kuvan mukaan siten, että viereiset palot sulatetaan osittain limittäin, jolloin hitsin liiallinen, perusaineen sekoittumisesta johtuva laimeneminen saumakohdassa voidaan estää. Erityisesti tämä on huomioitava ensimmäisen palon hitsauksessa.



Oikea palkojen sijoittelu



Väärä palkojen sijoittelu

6 PÄÄLLEHITSAUKSEN JÄLKIKÄSITTELY

Päällehitsauskerroksen hiontaa ja jännityksenpoistohehkutusta ei suositella.

Jännityksenpoistohehkutus saattaa olla hitsauksen muodonmuutoksia ajatellen edullinen, mutta korroosiokestävyyteen sen vaikutus voi olla epäedullinen.

7 PÄÄLLEHITSAUKSEN TARKASTUS

Päällehitsauksen tarkastusmenetelmänä tulee kysymykseen lähinnä visuaalinen tarkastelu ja ferriitin mittaaminen ferriittimittarilla. Putken kokonaisseinämävahvuus voidaan mitata myös ultraäänimenetelmällä. Silmämääräistä tarkastusta voidaan täydentää tunkeumanestetarkastuksella säröjen ja huokoisuuden toteamiseksi.

Tarpeen vaatiessa voidaan työn laatu tarkistaa ainettarikkovilla menetelmillä pistokokein (esim. näyte otetaan päällehitsatun putken päästä).

8 HITSAUSVIRHEIDEN KORJAUS

Päällehitsauksessa syntyneet virheet avataan hiomalla riittävän laajalta alueelta ja virheen poistuminen tarkastetaan visuaalisesti ja tarvittaessa tunkeumanestetarkastuksella.

Korjaushitsaus suoritetaan soveltuvan hitsausohjeen (WPS) mukaisesti ja tarkastetaan silmämääräisesti (tarvittaessa tunkeumanesteellä).

Liite 4

SE Skoghall, Ruotsi – Soodakattilaräjähdyksraportti 1.10.2014



Explosion RB5, Stora Enso Skoghall Mill

Hans Holm

Explosion on Recovery Boiler 5

- Events on Tuesday 21 of January 2014
- What caused the explosion
- What we learned from the explosion

Stora Enso Skoghall AB



Skoghall

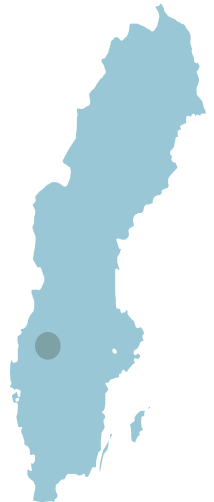


Forshaga

Volume delivered (2013)
726,000 tons

No. of employees
approx 780

Production capacity
Skoghall: 755,000 tons
Forshaga: 85,000 tons



Main products

Liquid Packaging Board and CKB



Recovery Boiler 5, Skoghall

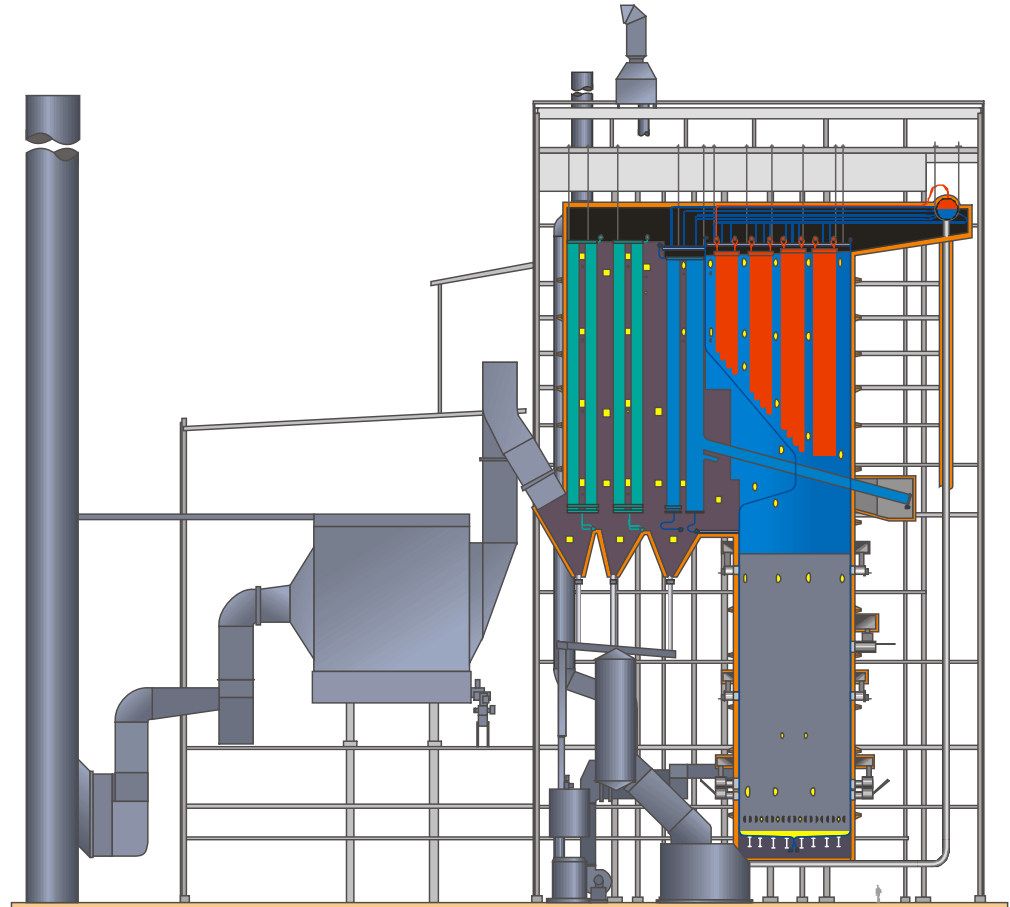
Start of operation 2005

Boiler load: 2000 tDS/d

Black liquor dry solids: 80%

Steam:

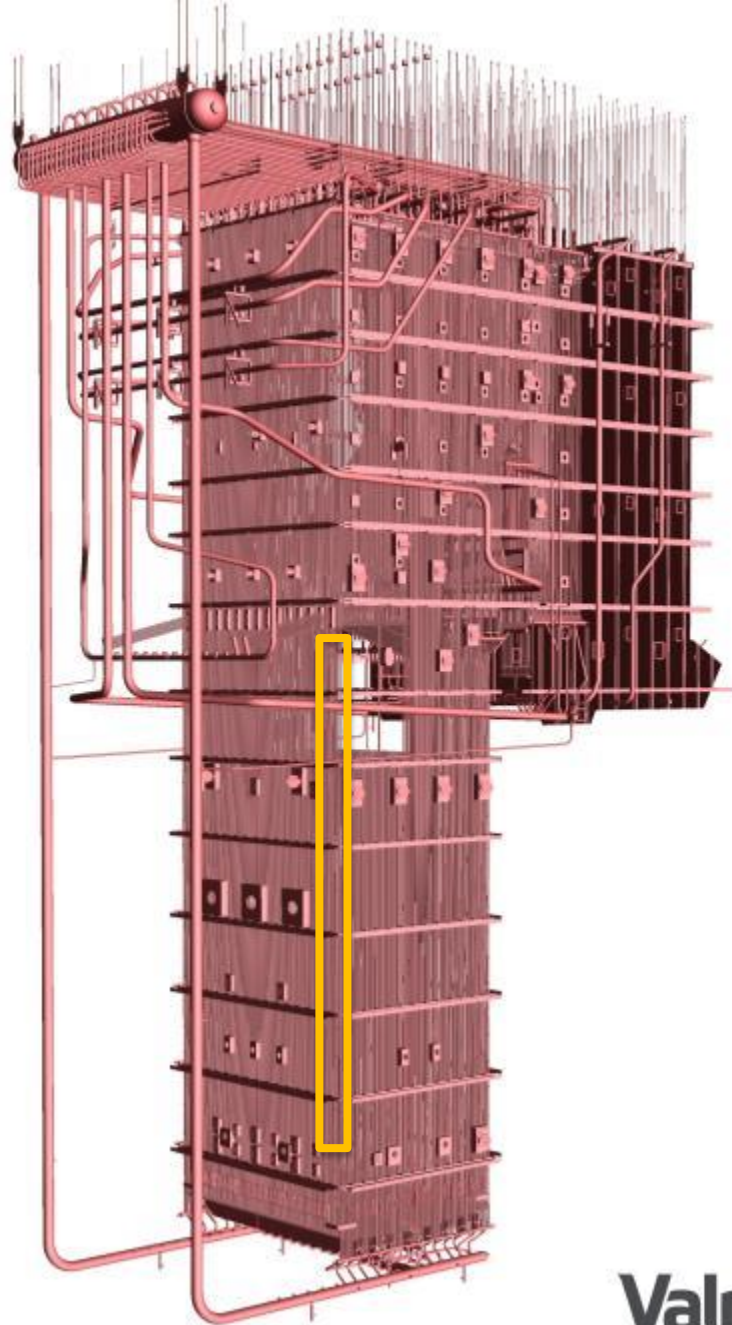
- 318 t/h
- 107 bar
- 500 °C



Events on 21.1.2014

- Explosion occurred at 20.41 on Tuesday 21th of January 2014.
- The weak corner of recovery boiler opened.
- The boiler closed down with a functional safety system.
- Fire brigade responded at once.
- No human injuries occurred.
- The explosion occurred when water entered the recovery boiler during the water washing of equipment related to the vent gas system.
- Boiler was restarted on Saturday 8th of February.
- Duration of the shut down was 18 days.

Weak corner in RB5

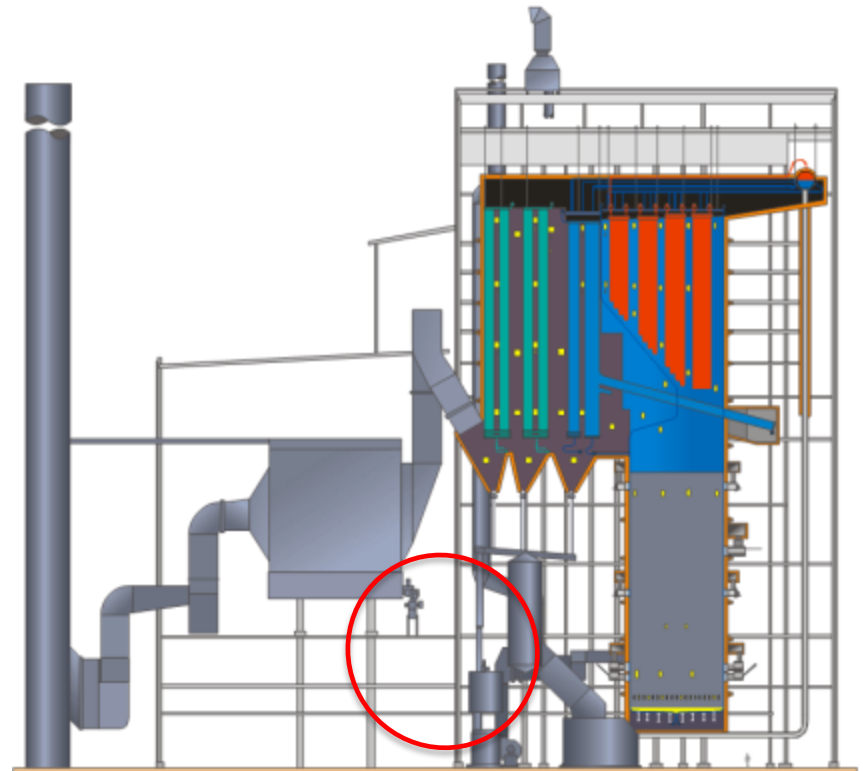


Some images of the boiler before repair started



Cause of the explosion

- After careful and extensive root cause analysis it was discovered that the water had come into the boiler via dissolving tank vent gas system.
- The explosion was not caused by gas explosion or tube leakage.
- Tube leakage could be excluded with a pressure control.



Cause of explosion

- Due to the fouling tendency of the vent gas system some equipment require washing to prevent plugging of the system.
- At the time of the accident the droplet separator and preheater were washed. Washing was performed with different frequencies and different intensities.
- The washing of the preheater was operated manually. There were no limitations for the duration of the washing.
- The washing water was not drained properly, it was misdirected to the vent gas duct and eventually water flowed to the recovery boiler causing an explosion.
- The vent gases were interlocked to the atmosphere when the level switches activated.
- The risks related to the water washing were not identified and the system was expected to be safe.
- Manual washing was not stopped when the level switches were activated.



Risk related to water in the vent gas system

- Moisture in the dissolving tank vent gas flow can create an smelt water explosion risk in recovery boiler.
- The purpose of the vent gas system is to remove moisture from the gas and this way enable safe burning of vent gases in the recovery boiler.
- Fouling tendency of the vent gas system related equipment require washing to prevent plugging.
- The explosion risk is minimized by proper process design, various interlockings and operation instructions.

Concept for safe vent gas burning in recovery boiler

- Wet vent gases are always condensed to reduce moisture content in the gas.
- Remaining water droplets are removed in a droplet separator.
- The vent gases are always preheated to prevent the remaining moisture in the gas to condense in the ducting.
- Condensate removal is crucial in vent gas systems and it is ensured with
 - well designed piping and ducting layout
 - correct condensate pipe dimensioning
 - sufficient amount of condensate removal points
- Automated water washing sequences minimize erroneous water feeding to the system.
- Water washing of droplet separator and preheater is stopped immediately if any of the level switches in vent gas system is activated.
- Awareness of the risks related to water plays important role in safe operation of the system.



What we learned from the explosion

- The risks with the vent gas system must be more alerted.
- The risks with high amount of wash water compared to other weak gas systems must be handled.
- Because of the large amount of water that is used for washing and the moisture in the gas the condensate removal should be designed and maintained properly.
- Wash water feeding to the system must be stopped when level switches are activated. Alarm-handling must rigorous.
- Modifications to the system should not be implemented without approval of equipment supplier.

Recommendations to other recovery boiler users

- Pay attention to the wash water when designing the system. The drain system should handle the wash water flow even if the drain pipes suffer of fouling.
- Pay attention to the alarms in the system and sharpen the alarm handling.
- If possible the vent gas system related equipment should be located on a lower level than the air system to provide proper low points to the ducting before the gases enter the recovery boiler.

Other

- There are around 4 other reported incidents around the world with vent gas systems. It has occurred in different suppliers equipment.
- BLRBAC and the Finnish Recovery Boiler Committee (*Suomen Soodakattilayhdistys*) recommendations for safe non-condensable gas incineration have described the risks with condensed water in the vent gas handling system and recommend to pay special attention to prevent water entering the recovery boiler. Their recommendations doesn't cover the extensive wash water that is used in many installations

The repair of a damaged boiler



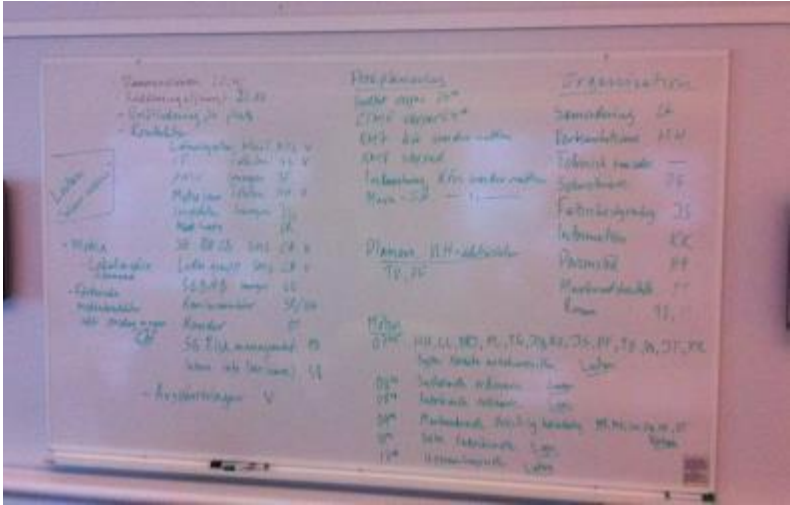




How did we do it ?

First day

- Emergency management
- Analyse => Questions and tasks listed => Roles and responsibilities spread
- Some of the questions handled
 - Safety precautions
 - Shut down
 - Communication
 - Reconstruction of the Recovery boiler
 - External resources secured early
 - Root cause and corrective actions
 - Board production and rest of the mill
 - Insurance
 - And many other things



Communication

- The importance of communication addressed early
- Many stakeholders
 - Media
 - Community
 - Authorities
 - Stora enso
 - Skoghall mill
 - Stora Enso (upwards)
 - Other mills (findings)
 - Customers
 - Others (IF, Suppliers, Other mills)
- Communicate - One correct message. It is important to communicate even if you don't know everything

Reconstruction of the Recovery boiler

- "Normal" project equal to an investment, same routines and procedures
- Power of the time schedule => Same goal
- Management and supervisor overload => Focus on safety, coordination and structure
- Commercial aspects covered with the suppliers trough frame agreement. Technical scope and critical delivers clarified early
- Extensive commissioning and quality control of all technical equipment
- Economical follow up as normal projects gave good forecasting and structure

Customer focus

- Brainstorming directly – Is there creative ways to keep up the production of board ?
- Minor immediate rebuilds made it possible to keep limited board production running with own CTMP pulp and purchased softwood pulp

Insurance

- Quick communication
- Start-up meeting to clarify game rules
 - “You should act as if there is no valid insurance”
- Clear and transparent accounting – “open books”
- Trust from both sides

People management

- How are we feeling? Reactions in the organisation ?
- Management? Operators? Maintenance?
 - Walk the talk
 - Meeting with personnel – emergency debriefing
 - Information meeting with production and maintenance => with the aim that we should be secure and safe when starting up operations

Other key factors

- Everyone's focus to fix it. Operator, mill management, suppliers
- Don't start to blame anyone

Liite 5

Yhteenveto sularännivaurioista 23.10.2014

VAURIO 4/1998

Seisokkiaika: 31 tuntia

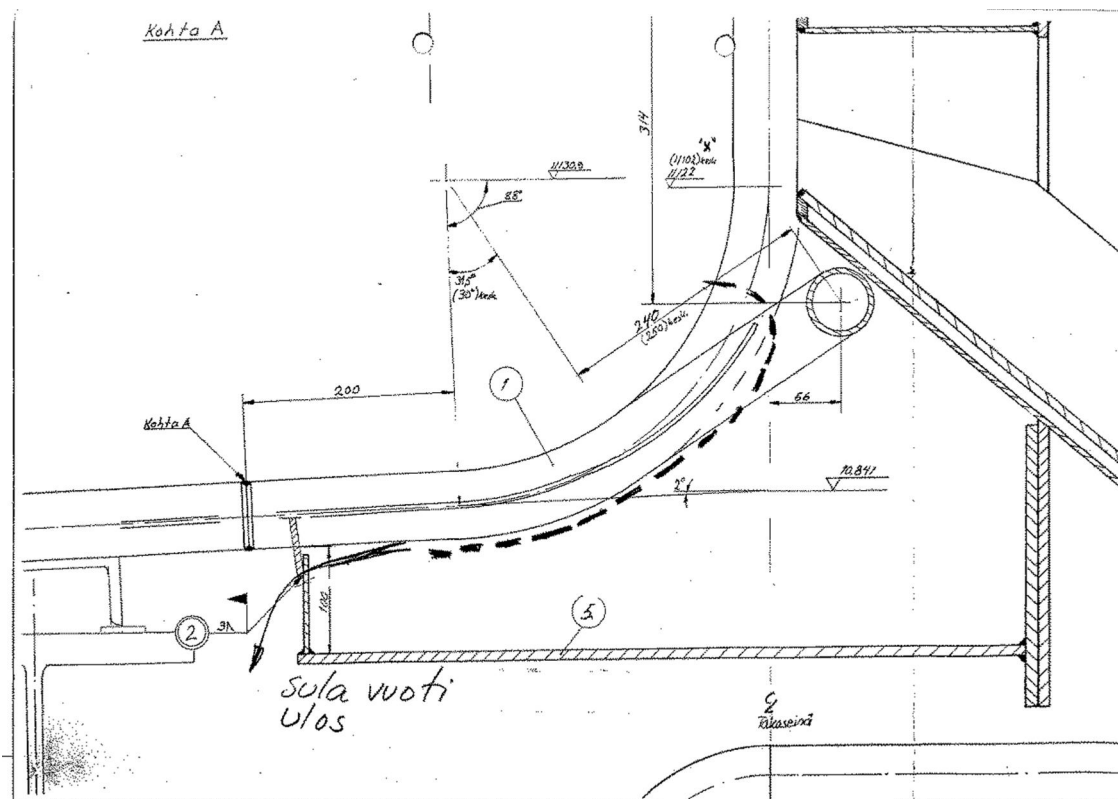
Vaurioitunut osa: Tulipesän pohja

Vaurion sattuessa ilmeni: Sulavuoto

Tapahumat

Kenttämies huomasi 7.5.1998 klo 8.45 kierroksella, että sulaa tulee kattilan pohjasta sularännien alta runsaasti. Soodakattila oli n. 1850 tka/d lipeänpolton kuormalla, kun havaittiin sularänni n:o 3 lähettyviltä tulevan runsaasti sulaa. Sulan tulo oli niin runsasta, että täytyi tehdä hiekasta n. 500 mm:n korkuinen valli estämään sulan valumisen kanaaleihin. Soodakattilan alasajon jälkeen, kun sulan tulo oli loppunut, poistettiin sularänni sekä sularännin massakotelosta etulevy. Eristyksen poistamisen jälkeen saatiin lopullinen varmuus, että sula oli tullut sularännin aukon massakotelon ja pohjan tiivistävän kamparaudan välistä. Kamparauta, joka tiivistää pohjan ja massakotelon, oli hitsattu evään ilmeisesti liian heikosti kiinni.

Kamparaudan ja pohjan väli oli liian suuri sekä massaus massakotelon sisällä oli irronnut pohjasta aiheuttaen raon. Soodakattilan vesipesut aiheuttavat myös sen, että massakotelojen rakoja kautta vesi syövyttää ja heikentää massauksia, jos ko. rakoja on koteloidissa. Sularännin massakotelon etureunan kautta poistettiin kaikki massa kotelosta, massauskotelon sisäpuolelle asennettiin lisäkamparausta tiiviisti pohjaputkia myötäillen. Sularännin etulevy asennettiin sekä sularänni ja lopuksi massakotelo massattiin yhdellä kertaa. Sularännin massauksissa on tärkeää tehdä työvaiheet massauksien kannalta oikein sekä käyttää sellaista massaa, joka ei kutistu eli ei tee rakoja. Soodakattilalla päästiin lipeän polttoon 8.5.1998 klo 17.00.



Kestoisuustyöryhmän lausunto

Kamparauta hitsattu liian heikosti kiinni. Konsruktiosta aiheutuva normaali häiriö.



VAURIO 22/2003

Seisokkiaika: 21 tuntia

Vaurioitunut osa: Sularännin höyryhajoittaja ja liuottajan ympäristöä

Vaurion sattuessa ilmeni: Sulavuoto kattilan ulkopuolelle

Tapahtumat:

Kattila oli normaalissa ajossa lähes täydellä kuormalla kun 4-rännistä tuli sula yli liuottajan katolle. Siitä sula valui alas polttaen mennessään kolmen sekoittajan kaapelit ja hieman lattian kaakelointia irtosi. Syynä ylituloon oli rännin höyryhajoittajan kulumisen ylälaidasta puhki joten se roiski sulaa ylöspäin muodostaen 'kannen' rännin päälle eliä rännin reikä muurautui umpeen.

Samaan aikaan sattuneen liuottajan toisenkin pintamittauksen tukkeutuminen sotki osaltaan tilannetta aiheuttaen aluksi epäilyn että liuottaja olisi tullut yli. Uimurimittausta ei liuottajassa ollut. Toinen liuottajan pinnanmittaus oli tukkeutunut jo aikaisemmin syksyllä ja toisella piti päästä joulun asti, mutta jäi hiukan auki. Siis liuottaja ei tullut yli, vaan ränni 4 vain oli tukossa. Toisenkin pinnanmittauksen vikaantuminen vain sattui samoihin aikoihin. Sulan valuminen lattialle sekoittajien kaapelit polttaen meni reittiä: kattila -> tukkeutunut ränni -> liuottajan katto -> kaapelihylly -> alakerran lattia.

Kestoisuustyöryhmän lausunto:

-

VAURIO 8/2004

Seisokkiaika: - tuntia

Vaurioitunut osa: sularänni 4

Vaurion sattuessa ilmeni: sulavuoto ulos rännin alta

Tapahtumat:

Kattila oli normaalissa ajossa 22.7 ja n. 18,5 l/s polttokuormalla. Yövuoron alussa tuli hälytys valvomoon sularänni 4:n lämpötilasta ja virtauksesta. Kattilanhoitajan käydessä tarkastamassa tilanteen paikan päältä oli ränni paukkunut ja ampunut sulaa. Yövuoro tulppasi rännin ”naru”tulpalla, samalla oli aloitettu kuorman pienennys. Seuraavana aamuna 23.7 yritettiin tutkia tulpattua rännin tarkemmin, mutta lipeätulien johdosta se oli vaikeaa. Tulppausta parannettiin ja lisättiin paineilma jäähdytystä tulpalle. Yövuorolla 24.7 sula alkoi vuotaa rännin alta ulos liuottajan kannelle ja siitä sitten alakerran lattialle. Kattila otettiin kaasutulille ja laitettiin alasajo käyntiin.

Aamulla 24.7 päästiin korjaajien kanssa purkamaan vaurioitunutta ränniä. Kun ränni oli saatu irroitettua paikoiltaan havaittiin sen menneen melkein poikki, siitä kohdasta ränniä mikä on kattilan sisällä. Samoin kotelo mihin ränni oli kiinnitetty oli palanut alalaidastaan pahoin. Korjaustyöstä olisi tullut aika mittava, joten kun oli oltu yhteydessä Varkauteen Andritzin pajalle päätettiin massata koko ränni aukko umpeen. Viikolla 39 on kattilan suunniteltu seisokkiviikko, jolloin vaihdetaan kaikki rännit. Edellisen kerran kaikki rännit oli vaihdettu joulukuun alussa 2003. Kattilalla on 4 sularänniä.



Kestoisuustyöryhmän lausunto

-



VAURIO 9/2008

Seisokkiaika: 9 tuntia

Vaurioitunut osa: sularänni

Vaurion sattuessa ilmeni: sulavuoto

Tapahtumat:

Kattila normaalisti lipeätulilla 21.8. Käyttömies kiinnitti kierroksellaan huomiota sularännin nro 3 räiskeisiin ja ääneen ja kutsui toisen käyttömiehen kaveriksi, jolloin alkoivat tutkimaan tilannetta kahdelleen. Kattilan lipeätulet sammutettiin ja hivenen myöhemmin myös öljytulet seis. Sulaa ja räiskeitä lensi ja paukkui, joten homma oli vaarallista. Kokeneempi käyttömies huomasi, että 3. rännin jäähdytysveden rotametrin yläpuolella oleva ilmaus oli auki. Venttiili suljettiin ja räiskäminen ja paukkaminen vähenivät niin paljon, että rännin lähelle päästiin.

Rännin kourun pohjassa n. 200 mm päässä (poistopäästä) oli halkeama ja reikä. 3. rännin aukko tukittiin betonisella tulpalla. Lipeäräiskeiden takia takaseinällä olevat 3 rännin läheisyydessä olevat prim.ilma-aukon rassarien yms. kaapeloinnit paloivat ja kärsivät ylikuumenemisesta.

Kattila takaisin öljytulille klo 02.30 ja lipeä palamaan klo 09.00.

Sularänni oli vaihdettu v. 2007 toukokuun seisokissa.

Kestoisuustyöryhmän lausunto

-



VAURIO 3/2011

Seisokkiaika: 56 tuntia

Tapahtumat:

Kattila oli normaalissa käytössä 5.7 kun huomattiin vuoto ränniveden johtokyvystä ja tulpattiin ränni, olettaen vuotokohdan rännissä sijaitsevan rännin alapäässä. Korroosiota esiintynyt aiemmin juuri tuossa kohtaa ränniä. Samanaikaisesti johtokyky sularännien jäähdytysvesikierrossa oli korkealla ja rännikohtaisessa virtausmittauksessa näkyi heiluntaa verrattuna muihin ränneihin.

Yöllä tulppa irtosi kun sula ja rännin kiertovesi poksahdelti, jonka seurauksena ajettiin kattila alas. Aamuvuorossa ke. 6.7. n. klo. 07.30 sulaa tuli vielä muutamasta rännistä, kun sularänni 2:sen kiinnityskehystä alkoi vuotaa sulaa liuottajan kannelle ja siitä edelleen lattialle alakertaan. Rännin päässä oli reikä, joka havaittiin kun ränni oli irroitettu. Lisätutkimuksissa selvisi että sularännikotelossa ollut liian suuri tyhjä joka edesauttanut vaurion syntymistä.



Kestoisuustyöryhmän lausunto

Rikkoutuneessa kourussa kavitaation merkkejä, jäähdytysveden lämpötila ollut 70 C, jolloin on mahdollista että vesi höyrystyy silloin tällöin.

Hapenpoistokemikaalin puuttuminen sekä sularännikotelon liian suuri tyhjä edistivät vaurion syntymistä.

VAURIO 4/2012

Seisokkiaika: 8 tuntia

Tapahtumat:

Valvontakamerasta havaittiin Sulakouru-6:lla tavallisuudesta poikkeavaa räiskintää. Havainnon perusteella ryhdyttiin epäilemään vesivuotoa sulakourussa. Epäily sai vahvistusta siitä seikasta, että jäähdytysvesisäiliön täyttöautomaatti käynnistyi tiheämmin kuin normaalisti. Myös jäähdytysvesikierron sähkönsäilytys oli kohonnut. Asianmukaisesti varustautena tehdyt havainnot paikan päällä antoivat 100% varmuuden vuodosta.



Välittömät toimenpiteet

Kun vuoto oli varmistunut, ryhdyttiin välittömästi siirtymään lipeän poltosta öljyn polttoon. Kattilassa oli keskikokoinen keko. Sen poispolttaminen kesti noin 2 tuntia, jonka jälkeen sulan valuminen sulakouruissa loppui 10:30. Tällöin ryhdyttiin kuonanpoistotoimenpiteisiin.

Kouru oli kuonasta puhdas 12:00. Kun tulppaamistarve varmistui 9:30, tilattiin varastosta varakouru valumuotiksi. Rakennustekninen alihankkija valoi muotissa tulpan. Tulppa kovettui asennusvalmiiksi klo 15:00. Tulppa asetettiin paikoilleen.

Mahdollista ohivirtausta silmälläpitäen asetettiin kouruun lisäksi valkoista palovillaa. Tulppa piti siinä määrin hyvin ettei ohivirtausta ilmennyt. Jäähdytyskierto jätettiin päälle, jottei kourun kattilan sisään työntyvä osuus vaurioituisi.

Kourun lisätutkimuksissa selvisi että osa kourunlevyn kärjestä oli jäänyt päällehitsaamatta, joka on edesauttanut eroosion etenemistä kourun kärjessä. Sama asia ilmenee myös muista kouruista.

Kestoisuustyöryhmän lausunto:

Vuodot ovat rännin alapäässä, rännin ja päätylevyn yhtymäkohdassa joka oli syöpynyt. Kourun alapään olosuhteet ja riittämätön päällehitsaus ovat aiheuttaneet vuotoon asti edenneen vaurion.

VAURIO 7/2012

Seisokkiaika: 24 tuntia

Tapahtumat:

Kattilan sularännien 3 ja 4 hajotushöyrysuuttimet olivat palaneet poikki. Kattilalla oli huoltoseisokki jolloin vaihdettiin uudet paksuseinämäiset putkisuuttimet, ja tarkastettiin muut että niillä päästään seisokkiin asti. Syksy seisokissa vaihdettiin sularännit ja todettiin että 2:sta rännistä jättöreuna oli puhki ja kahdesta lähes puhkeamassa.

Koskaan aikaisemmin rännit eivät ole olleet näin huonossa kunnossa vuoden käytön jälkeen. Poltto-olosuhteet ennallaan, rännimateriaalin laatu/tekotapa?



Kestoisuustyöryhmän lausunto

Hajotushöyryn puuttuminen edesauttanut sularännien pinnoitteen vaurioitumista.

Muissakin kattiloissa on vaurioraportoitu vastaavanlaisia vaurioita. Lisääntynyt sularännikoteloiden huuhtelu on mahdollisesti edesauttanut näitä vaurioita (rännin pinnassa enemmän kosteutta)

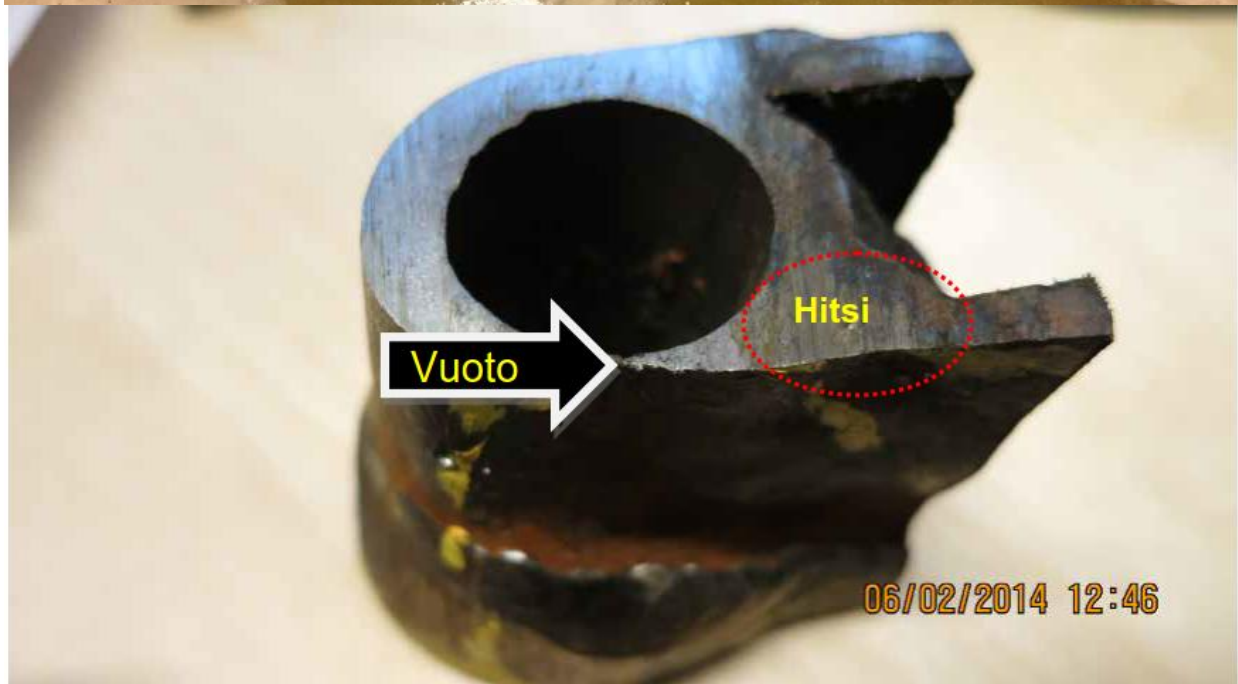
VAURIO 1/2014

Seisokkiaika: 17 tuntia

Tapahtumat:

25.01 yöllä todettiin sularännin vuotavan pesän puolella. Koeponnistuksessa todettiin kahden rännin vuotavan, 1 ja 7 ränni vaihdettiin. Ränneillä ajettu 16kk. Vuodon syy oli ulkopuolinen syöpymä mustassa materiaalissa, Kuvat alla

26.02 todettiin taas rännin vuotavan. 6 ränni vuoti ponnistuksessa. Vaihrettiin samalla kaikki loput 5 ränniä. Ajo-olosuhteissa tai rännimallissa ei muutoksia aikaisempaan. Sularännien jäähdytysveden lämpötila 52 C.





Toukokuussa 2013 liuottajan pinta laskettu 75% -> 60%, tarkoituksena varmistaa että pisaroita ei pääse imeytymään sularänneihin. Lisäksi puhdistettu hönkäputki. Seisokissa havaittiin syöpymistä 3kk ajetuissa ränneissä, katso kuva alla -> vaihdettu sularännit joissa kokonaan pinnoitetut suuaukot.



Kestoisuustyöryhmän lausunto:

Mahdollisia syitä sularännin ulkopuolisen syöpymiseen:

1. Liuottajan höngän kondensoituminen joka voi aiheutua esim. korkeasta liuottimen pinnasta, liuottajan höngän poistokyvystä (hönkäputki tukossa), sularännin pinnan matalasta lämpötilasta tai tulipesästä lauhtuvasta höyrystä.
2. Materiaalin lämpötila noussut suunniteltua korkeammaksi esim. sisäpuolisen kerrostuman tai puutteellisen jäähdytyksen takia



VAURIO 2/2014

Seisokkiaika: 0 tuntia (vuosihuolto)

Tapahtumat:

Tämän seisokin yhteydessä havaittiin kaksi vauriota, toinen painekokeessa sula-aukossa ja toinen alasajon jälkeen keittopinnalla.

Sula-aukko 5:ssä (2.vasemmalta, sisältäpäin laskien) havaittiin vuoto 140 bar vesipainekokeessa. Vuoto paikallistettiin sularännikotelon puolelle ja sula-aukko päätettiin uusiksi.

Vaurioitunut alue irrotettiin ohitusputkista, tarkempia selvityksiä varten.

Tutkimuksissa havaittiin aukon eväpeltien ns. painetta kantavissa rakenteissa vakavia vaurioita ja särövaurio oli edennyt evärakenteista putken puolella. Vaurio repi ohitusputken halki evähitsistään ja kohteeseen tuli n. 50 mm pitkä, putkenseinämän läpäisemä halkeama.

Kestoisuustyöryhmän lausunto:

Sula-aukko: Konstruktion takia vaurion etenemisen todentaminen hyvin vaikeaa. Korjauskertojen määrä suositellaan rajoitettavaksi max. 3 kertaan, dokumentointi tärkeää. Suositellaan jäljelle jääneiden aukkojen uusimista.

Liite 6

Ääninuohoustutkimuksen kirjallisuusselvitys - tarjous 27.5.2014, VTT

Suomen Soodakattilayhdistys ry
c/o Pöyry Finland Oy
PL 4
01621 Vantaa

Ääninuohoustutkimuksen kirjallisuusselvitys

	Kiitämme tarjouspyynnöstänne ja tarjoudumme tekemään toimeksiannon liitteenä 2 olevan projektisuunnitelman mukaisesti.
Hinta ja laskutus	Toimeksiannon hinta on 51.000 €. Hintaan lisätään kulloinkin voimassa oleva arvonlisävero sekä mahdolliset ulkomaiset verot ja viranomaismaksut. Työstä laskutetaan aloitettaessa 25.500 € ja hankkeen päätyttyä 25.500 €. Lisäksi veloitetaan matka- ja majoituskustannukset sekä päivärahat valtion matkustussäännön mukaisesti.
Maksuehdot	Maksuehto on 21 päivää laskun päiväyksestä. Viivästyskorko on korkolain mukainen.
Aikataulu	Työ tehdään projektisuunnitelman aikataulun mukaan (liite 2).
Raportointi	Tulokset raportoidaan VTT:n ja tilaajan välisesti sovitulla tavalla loppuraporttina sekä kalvosettinä.
Muut ehdot	VTT:llä on oikeus mainita toimeksiannon ja toimeksiantajan nimet referenssinään. Tätä tarjousta tai sen sisältämiä tietoja saa hyödyntää vain VTT:n ja tarjouksen saajan välisessä suhteessa. Tämän tarjouksen osittainenkin kopioiminen, muuttaminen, edelleenluovuttaminen tai käyttäminen muuhun tarkoitukseen ilman VTT:n lupaa on kielletty. Toimeksiannon ulkopuoliset työt veloitetaan erikseen VTT:n laskutushintojen mukaan. Muutoin noudatetaan VTT:n yleisiä sopimusehtoja (liite 1).
Yhteyshenkilö	VTT:ssä asiaa hoitaa erikoistutkija Markku Orjala, puhelin: 020 722 2534, sähköposti: markku.orjala@vtt.fi.

Voimassaolo

Tarjouksemme on voimassa edellä mainituin ehdoin 30 päivää tarjouksen päiväyksestä. VTT laatii tilausvahvistuksen, jos tilaus poikkeaa tarjouksesta tai tilaus on suullinen. Näissä tapauksissa tilaus astuu voimaan, kun VTT on sen vahvistanut.

Teknologian tutkimuskeskus VTT



Marko Nokkala
Asiakaspäällikkö



Antti Arasto
Liiketoiminnan kehityspäällikkö

LIITTEET

- | | |
|---|--------------------------|
| 1 | VTT yleiset sopimusehdot |
| 2 | Projektisuunnitelma |

Hyväksyminen

Hyväksymme yllä olevan tarjouksen ja teemme tarjouksen mukaisen tilauksen.

LIITE 2 Projektisuunnitelma

Kirjallisuusselvitys ääninuohouksen soveltuvuudesta soodakattilaan.

- *Ääninuohouksen periaate*
- *Kokemukset ääninuohouksesta voimakattiloilla*
- *Ääninuohouksen soveltuvuus soodakattilaan.*

Kirjallisuuskatsauksen myötä arvioidaan:

1) Soodakattilan suolakerrostumien laadun vaikutus ääninuohouksen kannalta:

- *Kerrostumien fysikaalisten ominaisuuksien selvitys*
- *Kerrostumien irrottamisen vaatimat äänenpainetasot, puhdistettavan pinnan laatu nuohouksen kannalta.*
- *Äänen vaimentuminen kerrostumien aiheuttaman absorboitumisen takia*

2) Nuohouksen tarvitseman akustisen energian muodostaminen ja johtaminen:

- *saatavissa olevat kaupalliset laitteet*

3) Soodakattilan rakenteet ääninuohouksen kannalta:

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

Kirjallisuuskatsauksen tuloksena tuotetaan tilaajalle sekä raporttimuotoinen selvitys että erillinen kalvomateriaali, joka esitellään yhdistykselle tilaajan kanssa sovittuna ajankohtana. Kirjallisuuskatsauksen laajuuteen vaikuttaa käytettävissä oleva runsas lähdeaineisto sekä tutkimusteeman laajuus.

Liite 7

Muiden työryhmien kuulumiset



KTR kokous Muut työryhmät

1



YTR: Hajukaasusuosituksen päivitys

- Päivitystyö valmis
 - Suomenkielinen suositus julkaistu 30.10.2013 -> esitelty Konemestaripäivillä 2014
 - Englanninkielisen käännös julkaistu 17.6.2014 -> esitelty ICRC 2014
- Päivitystä tekstiin tulossa Skoghallin tapauksen johdosta

2

YTR, BAT-dokumentin kommentointi

- Toukokuu 2014: BREFin BAT-päätelmät hyväksyttiin (adoptoitiin) IED artiklan 75 mukaisessa komiteamenettelyssä
- Syksy 2014: 26.9 komissio julkaissut toimialan BREFin yhteenvedon eri kielillä -> voimaantulo
 - Dokumentissa annetut BAT-rajat ovat lupaehtojen minimirajat, pakollisuus ei koske dokumentissa mainittuja kulutusarvoja, tarkkailuvaatimuksia eikä BAT- tekniikoita
 - Lupaehtoissa viimeistään 4 vuoden sisällä julkaisusta -> 2018
 - BAT-päästötasoista poikkeaminen vain tietyin ehdoin, esim. paikalliset ympäristöolot, maantieteellinen sijainti, tekniset ominaisuudet

3

Main BAT conclusions

BATs for Recovery Boilers (kraft pulping)

		Daily average		Yearly average	
SO ₂	DS<75% DS 75-83%	10-70 mg/Nm ³ - 6% O ₂ 10-50 mg/Nm ³ - 6% O ₂		5-50 mg/Nm ³ - 6% O ₂ 5-25 mg/Nm ³ - 6% O ₂	
Total reduced sulphur (TRS)		1-10 mg/Nm ³ - 6% O ₂		1-5 mg/Nm ³ - 6% O ₂	
Gaseous S (TRS-S + SO ₂ -S) DS<75% DS 75-83%				0,03-0,17 kgS/Adt 0,03-0,13 kgS/Adt	
NO _x	Softwood Hardwood	120-200 mg/Nm ³ - 6% O ₂		DS<75% : 0,8-1,4 – DS 75-83% : 1,0 -1,6 kg/Adt DS<75% : 0,8-1,4 – DS 75-83% : 1,0-1,7 kg/Adt	
PM		Existing	New/Refurb.	Existing	New/Refurb.
		10-40mg/Nm ³ - 6% O ₂ Up to 50 mg/Nm ³ for an ESP approaching the end of its operational life	10-25mg/Nm ³ - 6% O ₂	0,02-0,3 kg/Adt Up to 0,4 kg/t for an ESP approaching the end of its operational life	0,02-0,2 kg/Adt

✓ BAT AEPL for effluent volume : 25-50 m³/ADT

15



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

- TAVOITE:
 - Projektissa tutkittiin soodakattilan, hakevoimalaitoksen, pienpolton (tulisija ja arinakattila) päästöjä ja jälkikäsittelytekniikoiden vaikutusta ja verrattiin niitä dieselajoneuvon päästöihin sekä päästöjen fysikaalis-kemiallisia ja toksikologisia ominaisuuksia
- TILANNE:
 - Mittaukset tehty 12/2012, loppuraportti julkaistu 08/2014
 - Meesauunimittausta ei tehty -> UEF (University of Eastern Finland) omalla päätöksellä (ajanpuute / budjettikysymys)
- JOHTOPÄÄTÖKSET:
 - Mittaukset sekä pesurin että sähkösuodattimen jälkeen, näytteistä analysoitiin hiukkaspitoisuudet, kokojakaumat ja kemiallinen koostumus sekä toksikologiset vasteet.
 - Tärkeimpänä johtopäätöksenä mittauksista on soodakattilan hiukkaset eivät ole merkittävästi toksisia. Savukaasupesuri vähentää hiukkasten määrää mutta lisää toksisuutta, soodakattilaprosessi ei vaikuta tähän vaan syy on pesurissa.

5



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

- JOHTOPÄÄTÖKSET JATKUU:
 - 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.
 - 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 vesikierrossa syntyvästä bakteerikontaminaatiosta. -> teoria on vielä varmistamatta.
- JATKOTUTKIMUS
 - Tarjous saatu kahden kattilan/meesauunin mittaamisesta, kustannus ~100 000 EUR +ALV

6

YTR: Soodakattilan käynnistys-, pysäytys- ja häiriöjaksojen määrittely

TAVOITE

- Dokumentti jossa määritellään soodakattilan käynnistys-, pysäytys ja häiriöjaksot.
- Uuden BAT/BREF dokumentin päästöarvot koskevat vain normaaliajoa -> jaksojen määrittely tulee ajankohtaiseksi ympäristölupakierroksella -> hyvä muodostaa yhteinen käsitys
- Direktiivin 2010/75/EU III luvun soveltamisalaan kuuluvien polttolaitosten käynnistys- ja pysäytysjaksot on määritelty
- **TILANNE**
 - Kysely tehtaalle lähetty 1.9.2014 -> Yhteenvedo tekeillä vastauksista

LTR: Mustalipeän Ei-newtonilaisuus ja pisaroituminen, Labtium/Aalto

- **Tavoite ja toteutus:**
 - Projektin tuloksena saadaan kattava tietokanta erilaisten lipeiden ei-Newtonilaisesta käyttäytymisestä sekä vaikutuksesta soodakattilan toimintaan, erityisesti mustalipeän ruiskutukseen. Samalla pyritään arvioimaan myös vaikutusta putkivirtauksiin, pumppuihin sekä haihduttamoon.
 - Lisäksi tutkitaan yhdellä tehtaalla on-line viskositeettimittauksen toimivuutta.
 - Analyyyseistä vastaa Labtium ja tulosten raportoinnista ja liittämistä tulokset soodakattilan toimintaan Aalto Yliopisto.
 - Esitys soodakattilapäivillä 2014

LTR: CFD Modeling of Reduced Lignin Black Liquor Combustion, ÅA

Tavoite:

- CFD modeling for studying what operational changes may be needed when firing reduced lignin black liquor, using Wisaforest recovery boiler CFD model.
- Run 1: Base Case, 100% MCR, flue gas O₂ 3% (wet)
- Runs 2 and 3: 10% and 20% lignin removed, total air adjusted for flue gas O₂ 3% (wet), other variables unchanged
- Runs 4-7: 10% & 20% lignin removed, modifications to air distribution and liquor spraying

9

LTR: Single Droplet Combustion and Single Particle Modeling of Reduced Lignin Black Liquor, ÅA

Tavoite:

- Jatkoprojekti CFD-mallinnusprojektille. Tulossa 2015
 - Single particle experiments allow us to measure a number of different combustion characteristics which can be compared with other liquors and in that way provide some basic knowledge about how reduced lignin black liquor is expected to burn in a recovery boiler: swelling, combustion times, NO and cyanate formation and sulfur release.
 - This data can also be used in a single particle model and in CFD models. This is particularly important in understanding NO emissions, carryover, char burn-out, and sulfate reduction.

10

LTR: Understanding Low Temperature Corrosion in BL Combustion, ÅA

Background

- Low temperature corrosion has been observed historically – ex. in the economizer headers
- The cause of this low temperature corrosion was not been established
- General observation was that flue gases needed to be kept $\sim 140\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Recent measurements have found no $\text{SO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$ or acid dew point in the flue gases from recovery boilers

11

Understanding Low Temperature Corrosion in BL Combustion, ÅA

Objectives

- Long-term: to provide industry with corrosion information that can be utilized to recover additional heat from flue gases
- Short term: test a hypothesis that hygroscopic salts lower the water dew point resulting in dew point corrosion if surface temperatures drop too low

2

LTR: Black Liquor Evaporation Book

Projektin sisältö ja tavoitteet:

- The book provides introductory text to the basic principles of black liquor evaporation for young engineers in chemical recovery and detailed black liquor properties and scaling chapters which will serve as both a reference, and as a guide to troubleshooting and resolving scaling problems.
- This keeps the scope within the areas of expertise of the authors and also allows us to deliver the completed manuscript by 30 June 2015. Book will be written together with Jim Frederick. This proposal to SKY is for covering Niko DeMartini's portion of the work. The money for Jim Frederick's time is being proposed to AF&PA.

13

SKY Historiikki

- Risto Valkeapää on aloittanut projektin maaliskuussa alussa. Haastatteluihin ja arkistomateriaaliin perustuva kovakantinen kirja valmis joulukuussa 2014.
 - Kevät-Kesä Tehdasvierailut, Varkaus siirtyi syksyyn
 - Kevät-Kesä Viirihenkilöiden haastatteluja
 - Elokuu: arkistokäynnit UPM Valkeakoski, Elinkeinoelämän keskusarkisto, haastattelujen puhtaaksikirjoitusta.
 - Syyskuu: haastattelujen täydennystä, puhtaaksikirjoitusta ja tarkistusta.
 - Lokakuu 2014 haastattelujen puhtaaksikirjoitusta, täydennystä ja tarkistuksia. Esitelmä soodakattilapäiville.
 - Marraskuu: kirjatekstien viimeistelyä, taittoa ja tarkastusta
 - Joulukuu: Tarkastus ja painoon valmistelua

14

SKY 50 + ICRC 2014

- 9. - 12.6.2014 Tampereella, Tampere-talo
- 11.6. yhdistyksen 50-vuotisjuhlaseminaari + päivällinen
- Ilmoittautuneita yhteensä 223 hlö
- Perjantaina 13.6. tehdasvierailu Kymin sellutehtaalle ja vierailu Verlan museotehtaalla. Isäntinä Esa Vakkilainen (LUT) ja Pekka Siiskonen (Valmet)

15

Opinnäytetyöpalkinto

- Kolme hakemusta:
 - Fanni Mylläri, TTY: Gas–particle equilibrium of alkali metal compounds studied in an aerosol test reactor
 - Kalle-Valtteri Ukonaho, Aalto University, Forest products technology: Methanol balance of digestion and evaporation plant and methanol utilization possibilities for a kraft pulp mill
 - Antti Kokkonen, University of Oulu, Control Engineering Laboratory: Influence of Kraft recovery boiler's main control parameters on reduction degree
- Palkinto myönnettiin Antti Kokkoselle, Oulun yliopisto/Metso Automation:

16



Opinnäytetyöpalkinto

- Työn tarkoituksena oli tutkia soodakattilan tärkeimpien ohjaussuureiden vaikutusta reduktioasteeseen ja arvioida Metso Recovery Analyzerin online reduktioastemittauksen suorituskykyä oikeassa soodakattilaympäristössä.
- Tavoitteena oli selvittää, millä ohjaussuureella on ilmeisin vaikutus reduktioasteeseen, ja kykeneekö analysaattorin reduktioastemittauksella havaitsemaan prosessissa tapahtuvia muutoksia. Soodakattilan polttoolosuhteita muutettiin koesuunnitelman mukaisilla askelkokeilla.
- Tutkittavat ohjaussuureet olivat lipeän lämpötila (pisarakoko), primääri-ilmamäärä ja sekundääri-ilmamäärä. Askelkokeita tehtiin kahdella eri soodakattilalla ja niiden lisäksi selvitettiin myös lipeäkuorman vaikutusta reduktioasteeseen tutkimalla kattiloiden historia-ajodataa. Analysaattorin suorituskykyä arvioitiin vertaamalla mitattuja reduktioastearvoja teorian perusteella odotettavissa oleviin muutoksiin.

17



Opinnäytetyöpalkinto

Tuomariston kommentit Kokkosen työhön:

- Työ oli selkeä ja helposti ymmärrettävä soodakattilan parissa työskentelevälle
- Käytännön läheinen työ tuotannossa olevalla kattilalla -> haastava tehtävä mutta tulosten perusteella tässä kuitenkin onnistuttiin
- Käytetyt menetelmät ja mittaustulokset on esitetty selkeästi ja niistä tehdyt tulkinnot sekä johtopäätökset ovat johdonmukaisia
- Toi uutta tietoa reduktiosta

18