

Suomen Soodakattilayhdistys ry

LIPEÄTYÖRYHMÄN KOKOUS 1/2014

AIKA 19.3.2014 klo 10.00 – 15.00

PAIKKA Pöyry Finland Oy

LÄSNÄ

Markus Nieminen	Pöyry Finland Oy, Vantaa, siht.
Toni Orava	UPM-Kymmene, Kymi, PJ
Esa Vakkilainen	Lappeenrannan teknillinen yliopisto
Jorma Torniainen	Labtium Oy
Nikolai DeMartini	Åbo Akademi, Turku
Ari Kankkunen	Aalto Yliopisto

LIITE 1	Labtium/Aalto-yliopisto, Mustalipeän ei-Newtonilaisuus ja pisaroituminen – projektin tilanne 19.3.2014
LIITE 2	Syöttövesipumppujen optimaalinen valinta, esitys 18.8.2013
LIITE 3	Bahnam Zakri, Optimal Design of Boiler Feed Water Pumping System: Simulation and Techno-economic Analysis in Variable Load, Master's thesis
LIITE 4	Varapumpun tarpeellisuus – projektiehdotus 20.3.2014
LIITE 5	ÅÅ, Black Liquor Evaporation Book – projektitarjous 20.3.2014
LIITE 6	ÅÅ, Single Droplet Combustion and Single Particle Modeling of Reduced Lignin Black Liquor – projektitarjous 20.3.2014
LIITE 7	ÅÅ, CFD Modeling of Reduced Lignin Black Liquor Combustion – projektitarjous 20.3.2014
LIITE 8	Muiden työryhmien kuulumiset
LIITE 9	Euroopan parlamentin ehdotus tiettyjen keskisuurista polttolaitoksista ilmaan joutuvien epäpuhtauspäästöjen rajoittamisesta

JAKELU Julkaisu: Soodakattilayhdistyksen kotisivulla
Tiedote: Hallitus Yhdyshenkilöt Lipeätyöryhmä
MNN PLA



1 POISSAOILOILMOITUKSET

Kokoukseen olivat estyneet osallistumasta:

Mikko Hupa	Åbo Akademi, Turku
Erkki Välimäki	Valmet Power Oy, Tampere
Juha Koskiniemi	Andritz Oy
Jouni Hiltunen	Stora Enso Oyj, Varkaus
Sami Metiäinen	Pöyry Finland Oy, Vantaa
Timo Saarinen	Metsä Fibre Oy, Rauma

Mikko Hupan tilalla kokoukseen osallistui Nikolai DeMartini.

2 ASIALISTA

Hyväksyttiin asialista muutoksitta.

3 EDELLISEN KOKOUKSEN PÖYTÄKIRJA

Edellisen kokouksen pöytäkirja hyväksyttiin muutoksitta

4 KÄYNNISSÄ OLEVAT PROJEKTIT

4.1 Mustalipeän ei-Newtonilaisuus ja pisaroituminen

Ari Kankkunen kertoi projektin tilanteesta, LIITE 1.

Tausta:

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

Alhaisilla kuiva-aineilla ja alhaisissa lämpötiloissa tehdyt kokeet viittaavat siihen, että ei-Newtonilaisuutta esiintyy kuiva-aineen kohotessa yli 50-70%.

Toteutus ja tavoite:

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

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

Tuloksena saadaan kattava tietokanta erilaisten lipeiden ei-Newtonilaisesta käyttäytymisestä.

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

- 1. Kuiva-aine
- 2. Jäännösalkali
- 3. epäorgaanisen/orgaanisen aineen suhde
- 4. polysakkaridit

Kokeelliset mittaukset tehdään Labtiumissa. Aalto yliopiston Energiatekniikan laitoksen tutkijat Ari Kankkunen ja Mika Järvinen vastaavat tulosten raportoinnista ja liittävät tulokset soodakattilan toimintaan, erityisesti mustalipeän ruiskutukseen. Myös ei-Newtonilaisuuden vaikutusta putkivirtauksiin, pumppuihin ja haihduttamoihin arvioidaan lyhyesti. Lisäksi yhdellä tehtaalla on tarkoitus tehdä painehäviöön perustuva viskositeettimittaus (on-line mittaus tehtaalla) ja verrata sen tuloksia laboratoriossa saatuun viskositeettitulokseen. Tulokset julkaistaan tieteellisenä julkaisuna.

Kommentteja:

- Jos tehdas tekee itse näytteenotto kustannukset pienevät
- Puhtaan lehtipuulipeän saaminen voi olla hankalaa
- Neljä eri puulaji, saadaanko edustava näyte
- Aalto yliopisto ei itse tee mittauksia vaan hyödyntää olemassa olevaa tietoa
- On-line viskositeettimittaus tehtäisiin Raumalla, toisen projektin ohella
- High molecular ligniinin suhteellinen osuus lipeässä, polysakkaridit hajoaa lämpökäsittelyssä, HM ligniinin vaikutus viskositeettiin. Koivulla lisäksi ksylaani
- Lipeän viskositeettiin vaikuttaa nostavasti matala sulfiditeetti sekä korkea alkalin annostelu
- Leikkausnopeus putkessa, onko yli vai alle 288 s-1?
- Sulzerin mukaan viskositeetin nousu voidaan nähdä pumpun sähkönkulutuksessa, näkyy myös ruiskutusaineessa ja lämpötilassa

Tilanne:

Tehdään näytteenottolaite: TEHTY

Otetaan näyte estäen höyryn karkaaminen: TEHTY

Mitataan alustava viskositeetti tehtaalla: TEHTY

Mitataan viskositeetti laboratoriossa: TEKEILLÄ

Kuiva-aine vertailu, paineellinen näyte vs. perinteinen näyte TEKEILLÄ

Havu-, lehtipuu, seka- ja eucalyptuslipeä:

- Rauma tehty
- Kymi/Äänekoski vko 13
- Euca mittaus ajankohta ei vielä tiedossa

Mietitään tulosten merkitystä pisaroihin ym.

4.2 Syöttövesipumppujen säätö, LUT

Esa Vakkilainen esitteli projektin tuloksia, LIITE 2. Esitykseen on kiteytetty projektin tulokset. Työssä tehty diplomityö, LIITE 3.



Tausta:

Sellutehdasprojekteissa tulee aika ajoin vastaan kysymys, montako syöttövesipumppua ja miten säädettyä tulisi kattilassa olla. Taustalla on ABB:n rahoittama väitöskirja jossa on selvitetty pumpuilla energiataloudellista ajotapaa.

Tavoite:

Työssä tehdään esiselvitys kolmen Soodakattilayhdistyksen valitseman soodakattilan syöttövesipumppauksen mahdollisuuksista säästää sähköä toteuttamalla pumppauksen säätö uudella tavalla.

Tilanne:

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

Tehtailta kysyttiin seuraavat tiedot tuntikeskiarvoina n. 10 000 tunnin pätkältä:

- syöttövesivirtaus
- paine ennen syöttövesipumppuja
- paine syöttövesipumpun jälkeen
- paine syöttövesiventtiiliryhmän jälkeen
- lämpötila ennen syöttövesipumppua
- pumppujen hyötysuhdekäyrästäokuva

Työ suoritettiin näillä neljän kattilan tiedoilla, tulokset LIITE 2.

Yhteenvedo:

- Näyttää siltä että kolme pumppua + varapumppu on kaikissa tapauksissa edullisin tai ainakaan eroa neljä pumppua + varapumppu on pieni.
- Kokonaiskustannusten erot nestekytin- ja inventterisäädön välillä ovat pienet, jos nestekytinpumppua voidaan ajaa suurin osa ajasta ilman kuristussäätöä.
- Kaksi pumppua + varapumppu on aina kallis vaihtoehto
- Yksi pumppu + varapumppu on aina kallein vaihtoehto
- Syöttövesipumppujen teho on ylimitoitettu osittain standardin vaatimuksesta

Kokouksessa keskusteltiin turbopumpun tarpeellisuudesta, todettiin että tämä tulisi selvittää omana projektinaan TUKESin kanssa, projektiehdotus LIITE 4.

Kommentit:

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

- Syöttövesipumpun mitoituksessa voidaan varautua tulevaan jättämällä 2 pyörää pois

5 PROJEKTITARJOUKSET

5.1 Black Liquor Evaporation Book, ÅA

Projektitarjous LIITE 5.

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.

Kustannukset:

The cost for this project is 14 750 € + VAT.

Päätös

Ehdotetaan hallitukselle projektia vuodelle 2014.

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

Projektitarjous LIITE 6.

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.

Kustannukset:

The cost for this project is 15 000 € + VAT.

Päätös

Hallituksen tulevaisuus keskustelussa todettiin että on hyvä varautua tulevaisuuteen tutkimalla alemman lämpöarvon (vähemmän orgaanista ainetta) lipeiden vaikutuksia soodakattilaan. Keskustellaan hallituksen kokouksessa lähdetäänkö liikkeelle ligniiniöyhästä lipeästä vai jostain muusta esim. hemiselluloosa köyhästä lipeästä.

5.3 CFD Modeling of Reduced Lignin Black Liquor Combustion, ÅA

Projektitarjous LIITE 7.

Lignin extraction from black liquor will result in some operational changes in pulp mills. There is a lack of publically available experience in firing black liquor in a recovery boiler. This work will support full scale implementation of the technology. We will prepare a follow up proposal for a measurement campaign in a mill implementing lignin removal if SKY decides to work together on mill implementation of this technology.

Kustannukset:

The cost for this project is 15 000 € + VAT.

Päätös

Hallituksen tulevaisuus keskustelussa todettiin että on hyvä varautua tulevaisuuteen tutkimalla alemman lämpöarvon (vähemmän orgaanista ainetta) lipeiden vaikutuksia soodakattilaan. Keskustellaan hallituksen kokouksessa lähdetäänkö liikkeelle ligniiniköyhästä lipeästä vai jostain muusta esim. hemiselluloosa köyhästä lipeästä.

5.4 Smelt dissolution kinetics

Tausta:

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

One is pirssonite which is a CaCO_3 Na_2CO_3 double salt and the second is the solubility of sodium salts such as sodium carbonate or burkeite which have a much higher solubility than pirsonnite, Figure 1.

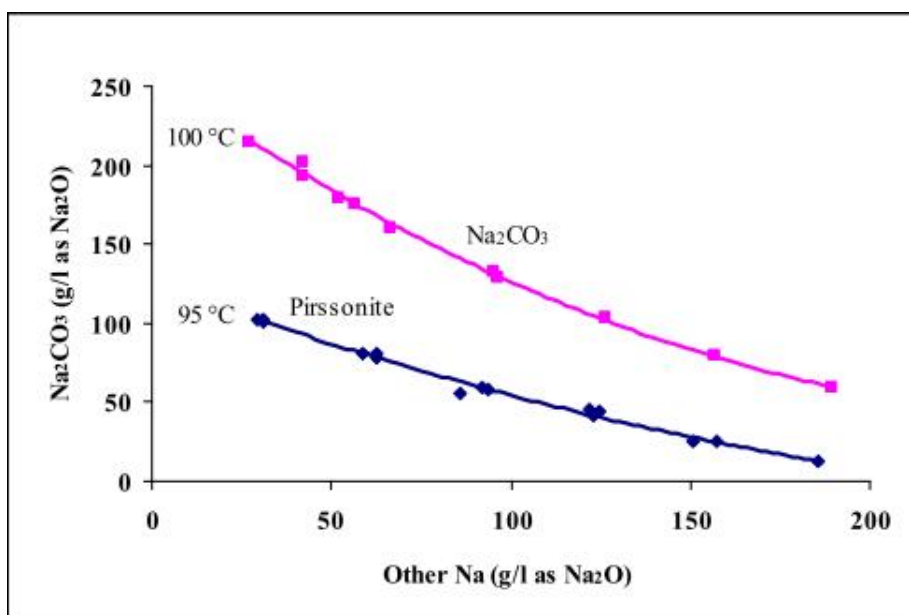


FIGURE 5-1. Literature values for the solubility limits of pirssonite at 95 °C and sodium carbonate at 100 °C . Note: Sodium carbonate has inverse solubility, so at 95 °C, sodium carbonate will be slightly more soluble than at 100 °C.

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

Tavoite:

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

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

Kustannukset:

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

Päätös

Keskustellaan hallituksen kokouksessa on projektille tarvetta.

5.5

Probe Study of Corrosion in the Economizers of a Kraft Recovery Boiler during Start-up, ÅA

This proposal is for a probe study during the start-up of the Kraft boiler at the Botnia mill in Rauma. The probe will be put in the economizer section of the recovery boiler during the start up on oil. The air cooled probe will be kept at 90 C. In addition to measuring corrosion, the concentration of SO_3 in the flue gas will be measured by a salt method refined at ÅAU. This is a follow-up to the probe study carried out in the economizer section of Rauma in 2012 during normal operation, during a wash and during oil firing following the wash. During these earlier studies, no significant corrosion was seen and no acid dewpoint was seen. The question was why none was seen during oil firing. In part this was presumably due to the very high air-to-fuel ratio. During start-up, the amount of oil fired would be higher and the air-to-fuel ratio would be more reasonable and thus higher levels of SO_3 are expected.

Kustannukset:

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

Päätös:

Keskustellaan hallituksen kokouksessa miten happokastepisteprojektia jatketaan.

5.6**Feeding and Combustion of Black Liquor Pellets****Tavoite:**

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

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

Kustannukset:

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

Kommentit:

- Ruiskutusongelmat poistuvat, mitä ilmeisemmin myös carryover päästöt vähenevät.
- Pelletin kuiva-aine?
- Pelletin koko 1 cm x 2 cm tai 0,5 x 1 cm
- Sahanpurun lisääminen helpottaa pelletöintiä

Päätös:

Keskustellaan hallituksen kokouksessa onko projektille tarvetta.

6 PROJEKTI-IDEAT:

6.1 Suolallisen mustalipeän kuiva-aineen määrittäminen ja tuloksen ilmaisu

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

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

Kysymyksiä:

- On määriteltävä puhutaanko yleensä polttoliipeän kohdalla suolallisen mustalipeän kuivaamalla määritetystä kuiva-aineesta, vai perinteisestä kuiva-aineesta, ja onko se määriteltävissä.
- Pitääkö tähän määrittämiseen hankkia refra ja miten se kalibroitaisiin, esim. onko liukenematon suola mahdollista erottaa näytteestä ennen määrittämistä jne.
- Voidaanko Na ja K pitoisuutta käyttää hyväksi.

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

Kuiva-aineesta puhuttaessa täytyy erottaa kolme asiaa:

- liuennut kiintoaine
- liukenematon kiintoaine
- kokonais kuiva-aine

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

Kommentit:

- Refraktometri huomioi vain liuenneet kiintoaineet
- Lämpöarvoa määrittäessä tuhka otetaan huomioon
- Suopapitoisuuden vaikutus refraktometriin
- Refraktometri näyttää kuiva-aine trendin, ei absoluuttinen arvo
- Tuhkallisen ja tuhkaton ero yleensä ~1,5%
- Refraktomerin laitetoimittaja mukaan projektiin

6.2

Muita projekti-ideoita:

Vierasaineet

- Ongelmina ovat mm:
- soodakattilassa kalium ja kloori, korkeat höyrynärvot vaativat kloorin poistoa, lentotuhkassa vain osa
- meesauunissa fosfori, lähinnä haaste tehtailla jossa ei perinteistä meesasuatinta - > ei ulosottoa vierasaineille, paitsi meesauunin ESP-tuhka
- Jaottelu voisi olla:
- prosessin kannalta tärkeät
- ympäristön kannalta harmittomat
- ympäristön kannalta haitalliset
- Orko, Inka: Haitallisten metallien ainevirrat sulfaattisellun valmistuksessa. Lisensiaattityö, 130 s.
- Biolietteen vierasaineet:
- Alumiinin poisto mahdollista?
- Missä muodossa alumiini on biolietteessä?
- Lämpötilan vaikutus?
- Kuinka paljon biolietettä voidaan turvallisesti sekoittaa mustalipeään ilman ongelmia? Vierasaineiden pitoisuusrajat.
- Olkisellutehtailla silikaattia poistetaan:
- kalsiumia lisäämällä -> kalsiumkarbonaatti
- pH säädöllä (hiilidioksidi)

Viherlipeäsakan hyötykäyttö:

- vähentää kaatopaikalle menevää tavaraa
- soveltuuko sakka poltettavaksi kuorikattilassa, analyysit meesallisesta ja meesattomasta sakasta. käyttökokemusten perusteella kuorikattilaan annostelu on hankalaa, aiheuttaako korroosiota
- soodasakka ja siistausliete on rajattu ulkopuolelle uudesta jäteverosta
- sammuttajan hiekan osalta tilanne on vielä epäselvä
- Ympäristöryhmän aluetta

Orgaanisen aineen poiston vaikutukset

- metsäklusterin biorefinery-hanke
- esim. 50 % ligniinistä pois, mitä muutoksia

Uudet tulipesäkamerat

- sotilastekniikkaa

Hajukaasukomponenttien neste-höyrytasapainojen mallinnus

- Projektiajatus jalostetaan vielä LUT:n toimesta

LTY diplomityö: Sellutehtaan lipeäsäiliöiden optimaalinen koko – toiminnan simulointi

- Kymillä on ylätasen säätö, kertoo tehtaan säiliöiden tilanteen ja miten tilanteen oletetaan kehittyvän tulevaisuudessa
- Projekti koskee enemmän koko sellutehdasta, hyöty nykyisille soodakattiloille?

Suovan erottuminen

Liuottajan hönkien pesu

Kattilan/haihduttamon likaantuminen

7 MUIDEN TYÖRYHMIEN KUULUMISET

Sihteeri kertoi muiden työryhmien kuulumisista, LIITE 8.

8 MUUT ASIAT

Keskusteltiin pienten kattiloiden (>50 MW) päästörajoista. Direktiiviehdotus (LIITE 9) on kommenttikierroksella, olemassa oleville laitoksille ehdotetaan seuraavia päästörajoja, taulukko 8-1. Sellutehtaalla direktiivi koskettaa lähinnä varakattiloita ja hajukaasukattiloita. Hajukaasukattiloiden päästö NO_x on moninkertainen ehdotettuihin raja-arvoihin, taulukkoon pitäisi lisätä hajukaasujen poltto.

Taulukko 8-1. Olemassa olevien keskisuurten (1-50 MW) polttolaitosten raja-arvot

1. Muiden keskisuurten polttolaitosten kuin moottoreiden ja kaasuturbiinien päästöjen raja-arvot (mg/Nm³)

Epäpuhtaus	Kiinteä biomassa	Muut kiinteät polttoaineet	Muut nestemäiset polttoaineet kuin raskas polttoöljy	Raskas polttoöljy	Maakaasu	Muut kaasumaiset polttoaineet kuin maakaasu
SO ₂	200	400	170	350	-	35
NO _x	650	650	200	650	200	250
Hiukkaset	30 ⁽¹⁾	30	30	30	-	-

⁽¹⁾ 45 mg/Nm³ niiden laitosten osalta, joiden lämpöteho on enintään 5 MW.

9 SEURAAVA KOKOUS

Seuraava kokous sovittiin pidettäväksi 3.9.2014 Pöyryllä.

Vakuudeksi

Markus Nieminen