

**LIITE I**

**Co-combustion of mixed fuels, phase 2 – presentation  
Niko DeMartini ,ÅA**

# Co-firing Black Liquor and Biomass- Laboratory Tests II

Nikolai DeMartini

Niklas Vähä-Savo

## Conclusions of Phase I

- Results show promise for co-combustion
- For wood and bark addition, up to 25% appears reasonable from a combustion chemistry perspective
- An increase in NO was observed and found to correlate to an increase in fuel-N
- Presumably, this observed increase could at least partially be handled by air staging

# Questions

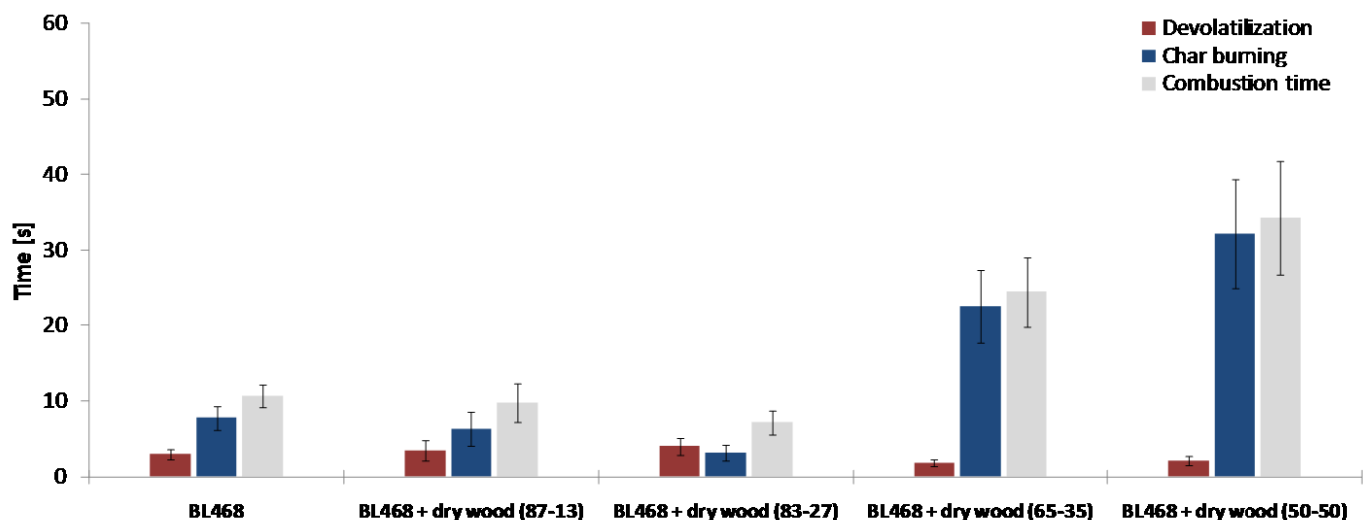
## BL-Wood & Lignin Lean BL

1. At what addition level does the mixture burn more like wood than black liquor?
2. What is the fate of nitrogen in BL+wood mixture - does the char have more cyanate?
3. What are the burning characteristics of reduced lignin black liquor?
4. What is the fate of nitrogen in lignin lean black liquor?
5. What is the impact of wood on the combustion properties of lignin lean BL?

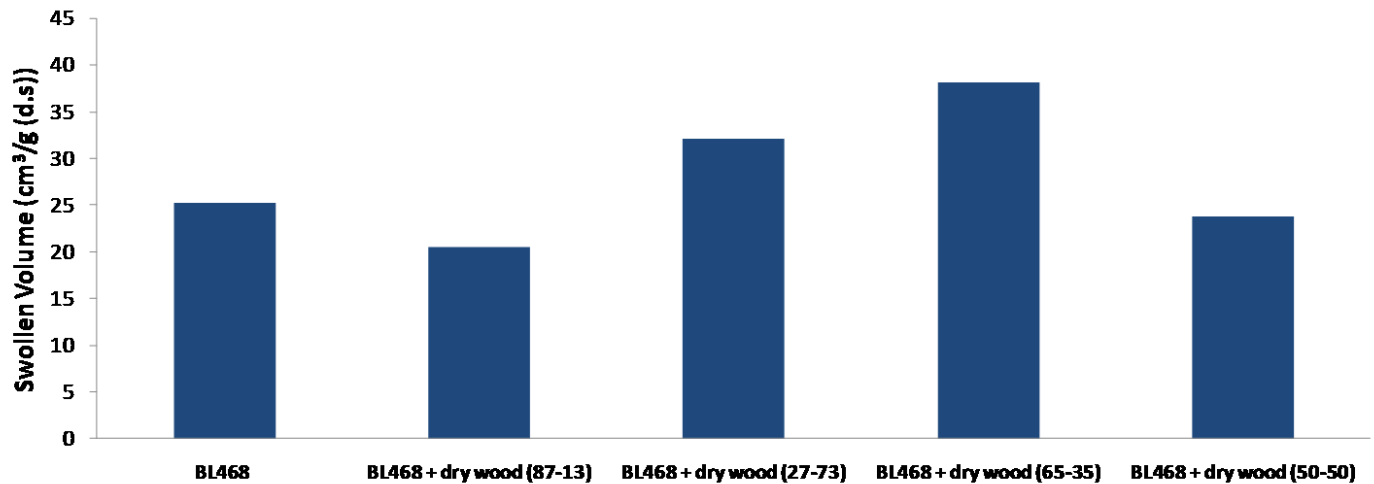
## BL-Biosludge

1. How much of the nitrogen in biosludge nitrogen is lost from biosludge + black liquor mixtures after heat treatment?
2. How does a 5 wt% d.s. biosludge addition affect black liquor combustion?
3. Does biosludge addition change the cyanate concentration in smelt?

At what addition level does the mixture burn more like wood than black liquor?



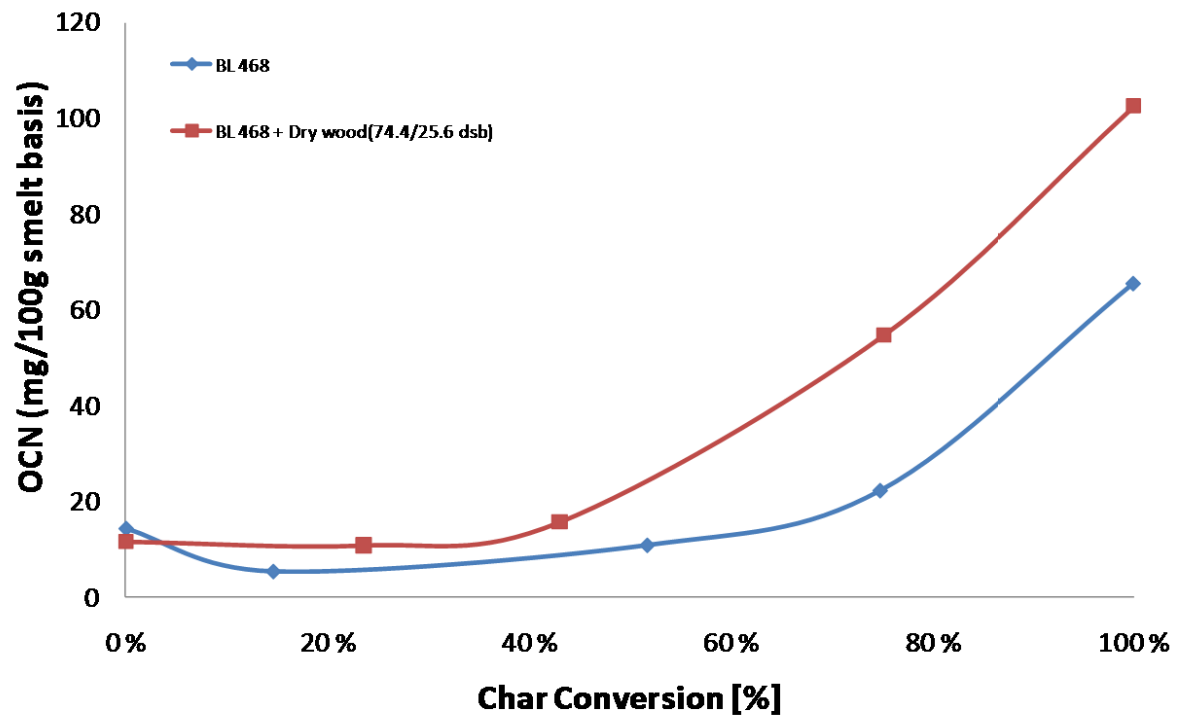
# Swelling of BL-Wood Mixtures



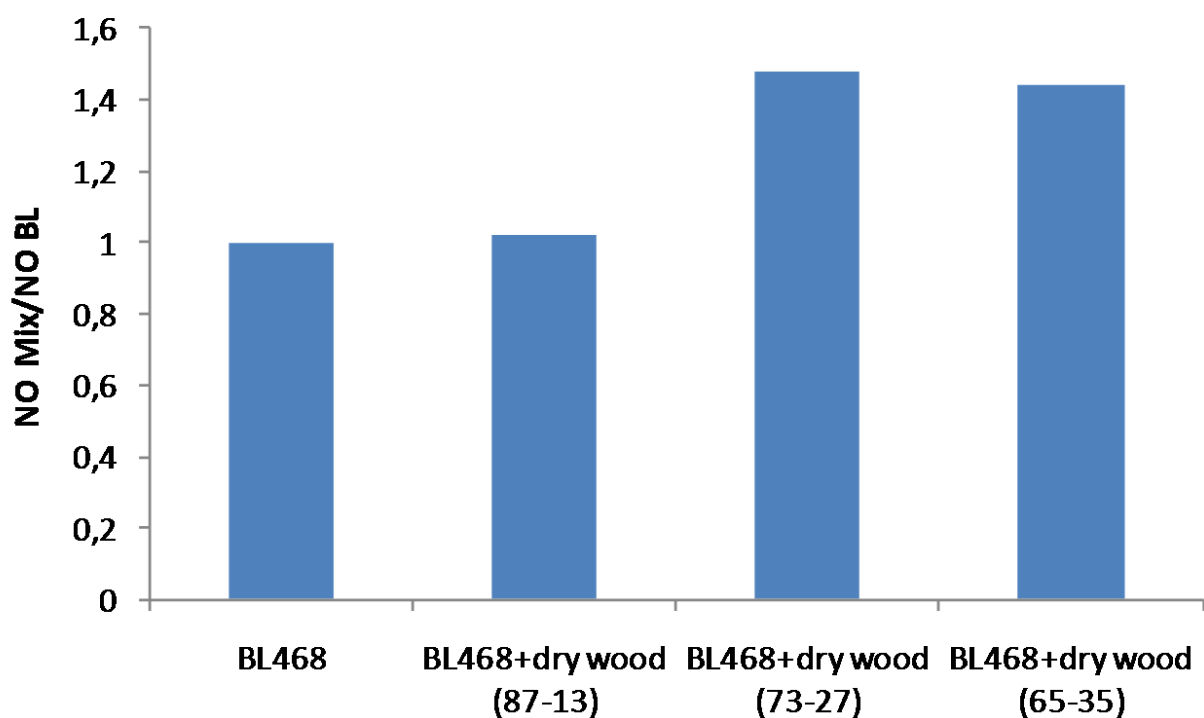
## Videos-BL/Wood

- Sequence in Video:
  1. BL 468
  2. BL 468 + Wood (87-13% on d.s. Basis)
  3. BL 468 + Wood (73-27)
  4. BL 468 + Wood (65-35)
  5. BL 468 + Wood (50-50)

What is the fate of nitrogen in BL+wood mixture  
- does the char have more cyanate?



## NO BL-Wood Mixtures



\*Based on old NO analyzer

# Videos Do Dry and Wet Wood Behave Similarly

- Sequence in Video:
  1. BL 468
  2. BL 468 + Dry Wood (73-27% on d.s. Basis)
  3. BL 468 + Wet Wood (73-27)

Åbo

## Lignin-Lean BL: Experimental

- To precipitate the lignin we bubbled  $\text{CO}_2$  in the BL to reduce the pH
- Centrifuged to separate the lignin
- Washed with  $\text{H}_2\text{O}$ , then 0.05 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , then  $\text{H}_2\text{O}$  (multiple stages of each)
- We added NaOH to the lignin lean BL to raise the pH back up, but not the wash solution

Åbo

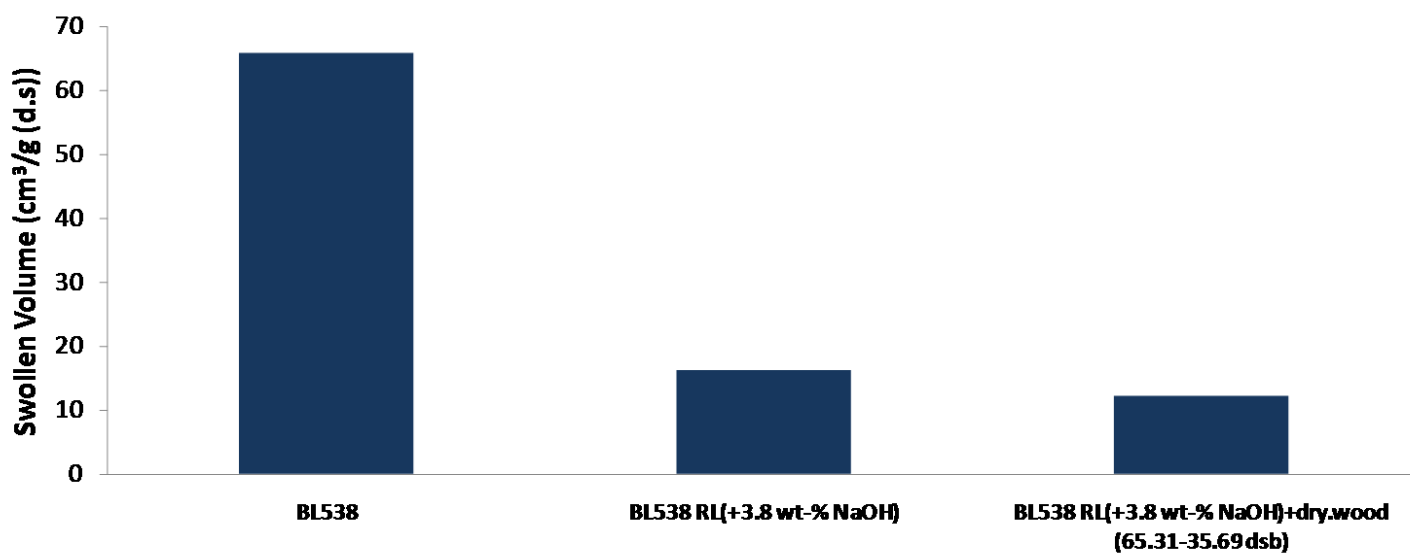
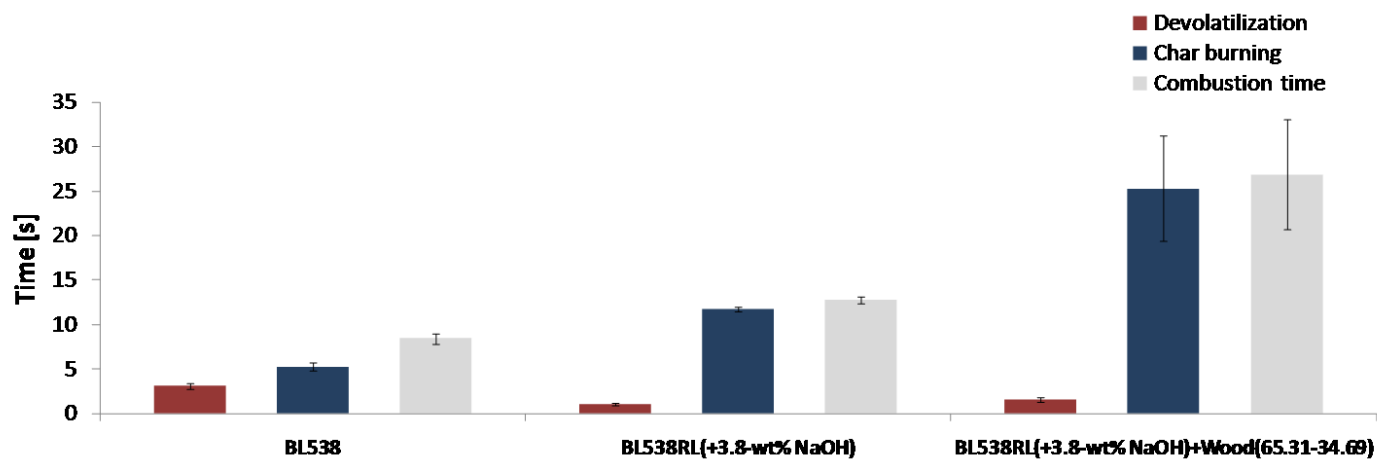
# Lignin-Lean BL: Experimental

- The results are consistent with what might be expected for reduced lignin, but may not be representative of the Ligno-boost process

Åbo

1. What are the burning characteristics of reduced lignin black liquor?
2. What is the impact of wood on the combustion properties of lignin lean BL?

# What are the burning characteristics of reduced lignin black liquor?

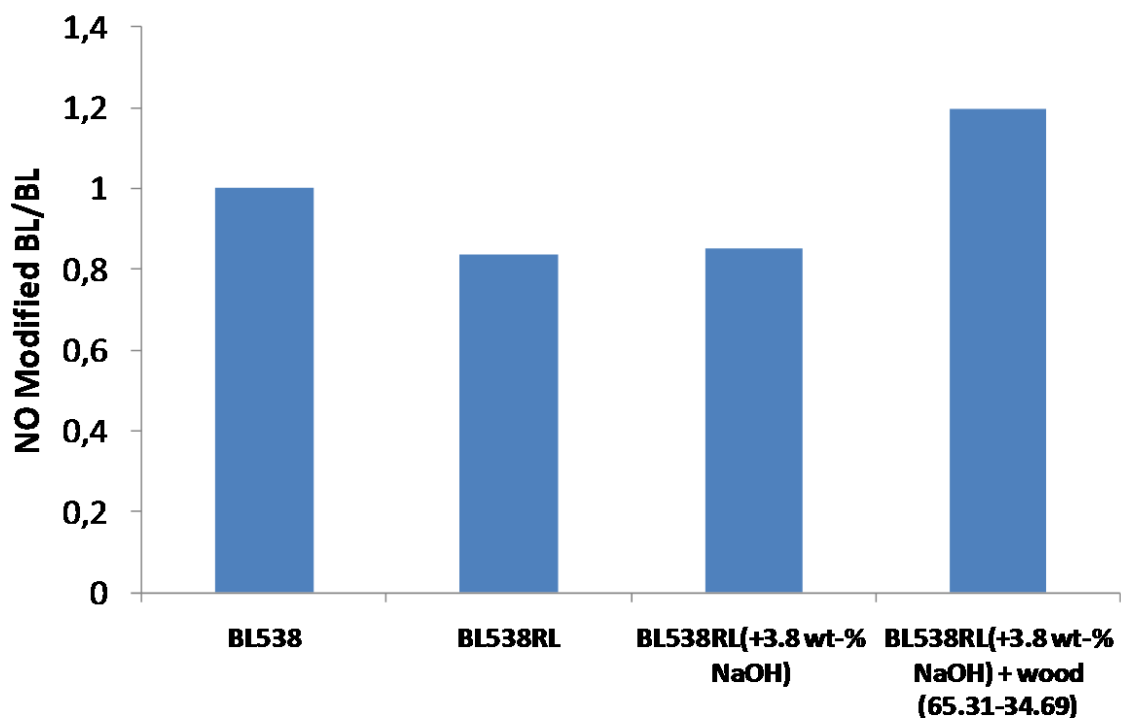


# Videos Lignin Lean BL

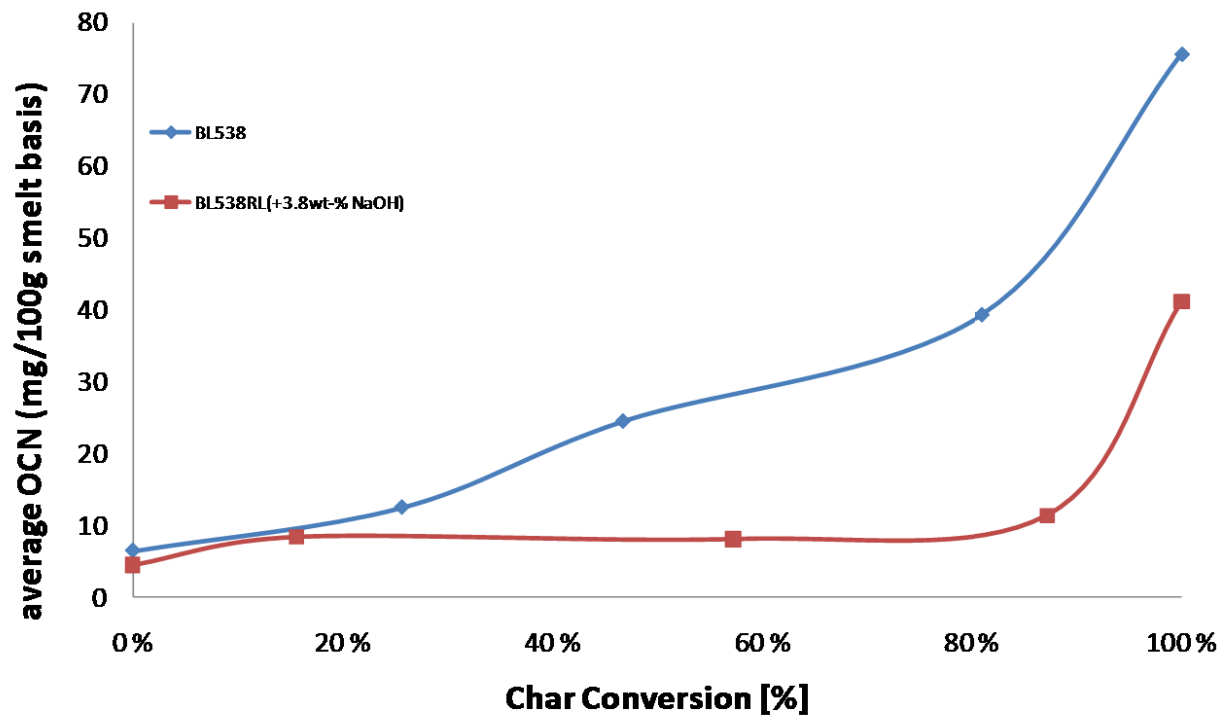
- Sequence in Video:
  1. BL 538
  2. BL 538 RL (+3.8 wt % NaOH)
  3. BL 538 RL (+3.8 wt % NaOH) + Dry Wood (65-35)

Åbo

What is the fate of nitrogen in lignin lean black liquor?



# Cyanate Formation



How much of the nitrogen in biosludge nitrogen is lost from biosludge + black liquor mixtures after heat treatment?

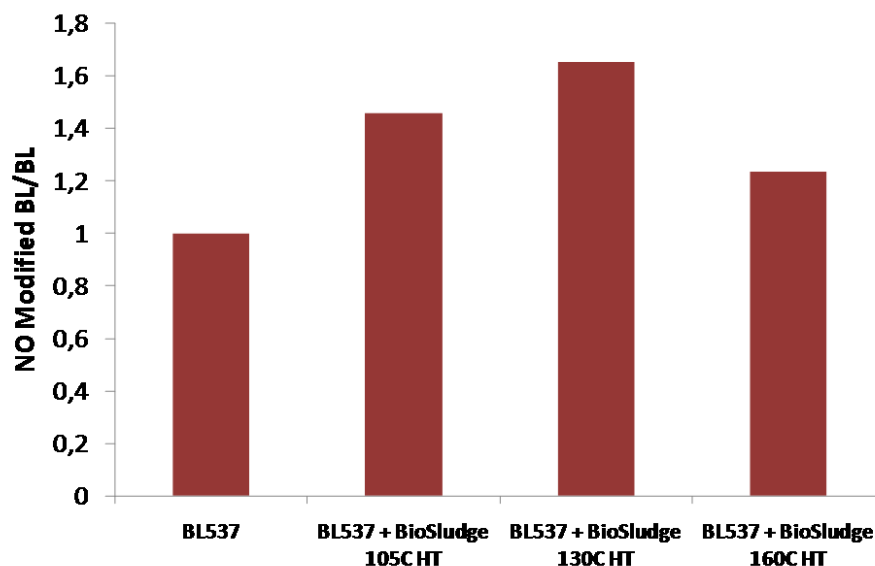
| sample    | Dry solids<br>(wt % d.s) | Kjeldahl-N<br>g/kg d.s. | NH <sub>3</sub> -N<br>g/kg d.s. |
|-----------|--------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| BL537     | 81.93 %                  | 0.9                     | -                               |
| Biosludge | 2.10 %                   | 47                      | 3.8                             |

- Experimental

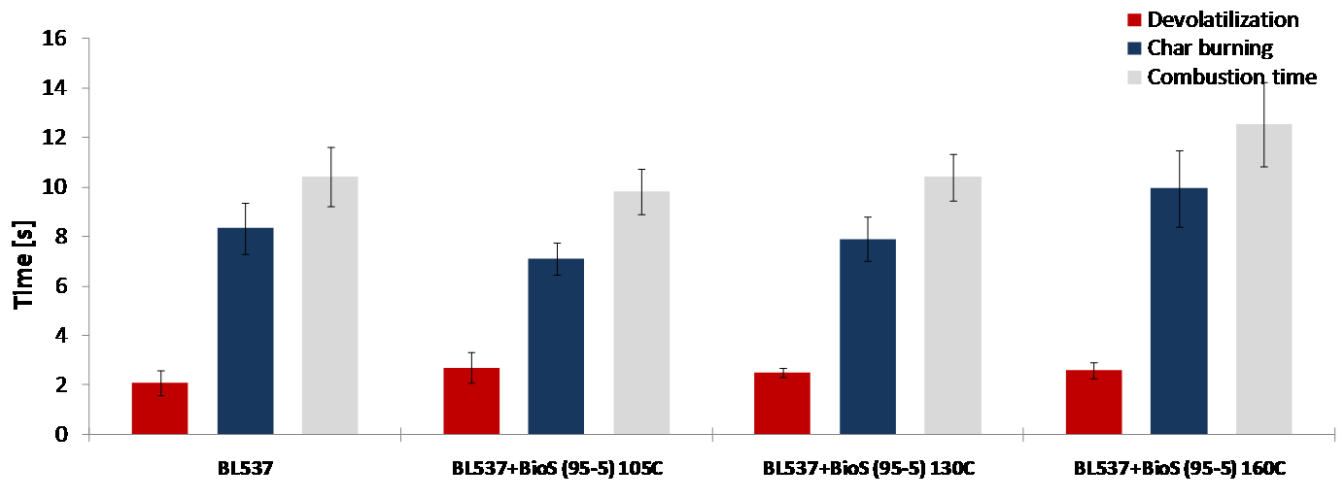
- Mix BL + Biosludge (95-5 wt% on d.s. basis respectively)
- Heat in a sealed vessel at 105, 130 or 160 °C for 60 minutes
- Cool and vent vessel, blowing N<sub>2</sub> across the headspace and bubbling through 0.05M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> to capture NH<sub>3</sub>
- Question: Is NH<sub>3</sub> formed when mixed with BL and heated to evaporator temperatures.

| sample        | Kjeldahl-N in mixture<br>g | NH <sub>3</sub> in initial mixture<br>g | NH <sub>3</sub> in vent gases<br>g |
|---------------|----------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------|
| 105C 60min HT | 0.068                      | 0.0040                                  | 0.0013                             |
| 130C 60min HT | 0.066                      | 0.0039                                  | 0.0010                             |
| 160C 60min HT | 0.070                      | 0.0042                                  | 0.0010                             |

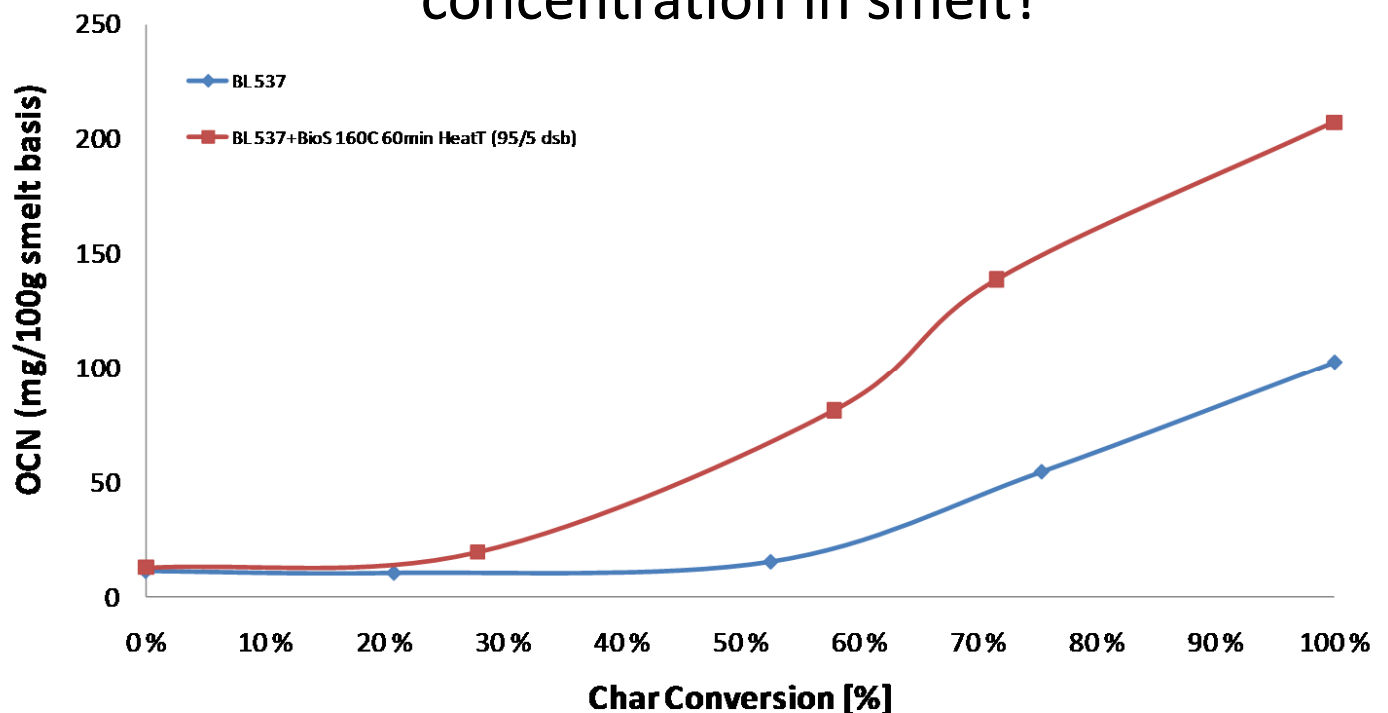
Conclusion is that no significant amount of NH<sub>3</sub> was formed



# How does a 5 wt% d.s. biosludge addition affect black liquor combustion?



## Does biosludge addition change the cyanate concentration in smelt?



# Conclusions

- The transition between BL-wood mixtures burning like BL appears to be between 25 & 35 % wood on a dry basis
- BL-wet wood should be ok from a combustion standpoint
- More work needed with lignin-lean black liquor – preliminary results should not be considered representative of ligno-boost
- More work – mill & lab needed around bio-sludge

Åbo

# Path Forward

- Follow-up at UPM-Kymi around concentrator & RB before and after addition of biosludge in the spring?
- Work with lignin lean black liquors?

Åbo

# Path Forward

- We are submitting a joint pre-proposal with Innventia, Aalto, IFRF, ÅF & KFS to prepare for a mill trial of two concepts:
  - Wood burner
  - BL-sawdust mixtures
  - This is a Eranet/”Wood Wisdom” call
  - Pre-proposal due Dec 1<sup>st</sup>

## **LIITE II**

**Sellutehtaan höyrytasojen optimaaliset paineet – esitys  
Jussi Saari, Esa Vakkilainen, LUT**



Open your mind. LUT.

Lappeenranta University of Technology



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

## SELLUTEHTAAN OPTIMAALISET HÖYRYJEN PAINEET

Aapo Hiltunen, Esa Vakkilainen ja Jussi Saari  
LUT Energia

Lipeätyöryhmän kokous  
26.11.2010  
Vantaa

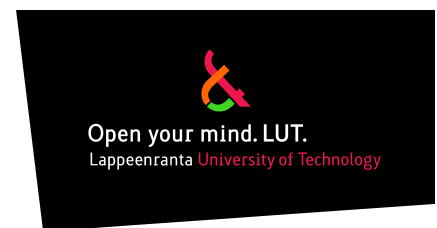
# Sisältö



- Suoritetut tarkastelut:
  - Tehdastapaukset ja höyryn käyttökohteet
- Alustavat tulokset muutosten vaikutuksista:
  - sähkön myyntituloihin
  - investointikustannuksiin
  - nettotuloihin
- Suunnitelma jatkotarkasteluille ?

E. Vakkilainen

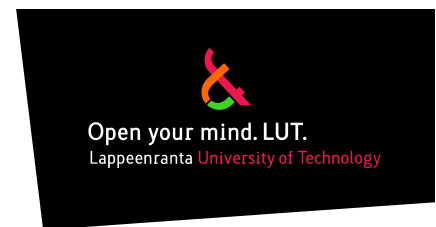
## Tehdastapaukset



- Case A: Perinteinen sellutehdas
- Case B: Perinteinen sellutehdas + kuorikattila
- Case C: Perinteinen sellutehdas +paperikone
- Case D: Perinteinen sellutehdas +paperikone + kuorikattila
- Case E: Moderni sellutehdas
- Case F: Moderni sellutehdas + kuorikattila
- Case G: Moderni sellutehdas + paperikone
- Case H: Moderni sellutehdas + paperikone + kuorikattila

E. Vakkilainen

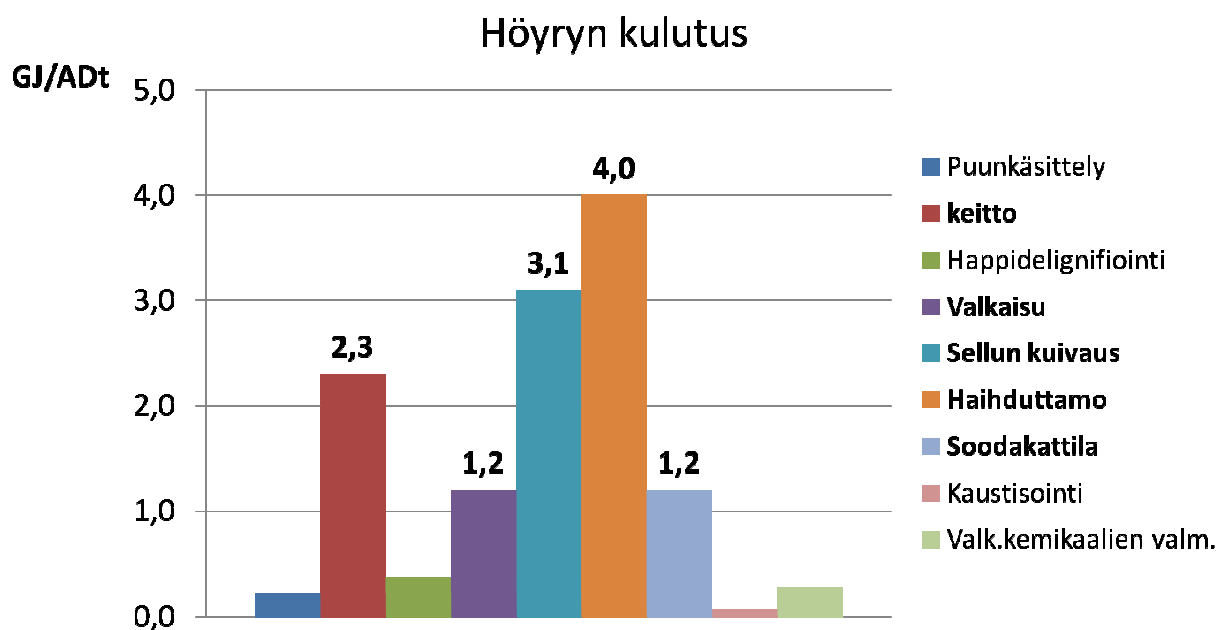
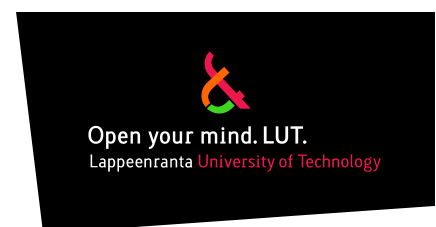
## Kustakin tapauksesta tehdastase



- Tehdasintegraatin oletettiin tuottavan 650 000 t paperia 600 000 t sellua kohden.
- Modernin tehtaan energiankulutus oletettiin perinteistä pienemmiksi:
  - Lämpö: 1 GJ/ADt pienempi
  - Sähkö: 60 KWh/ADt pienempi
- Hienopaperikoneen lisäys energiankulutukseen sellutehtaalla:
  - Lämpö: 5,4 GJ/t<sub>pap</sub>
  - Sähkö: 650 kWh/t<sub>pap</sub>
- Sähkön hintana käytetty 45,17 €/MWh (kesäkuu 2010)

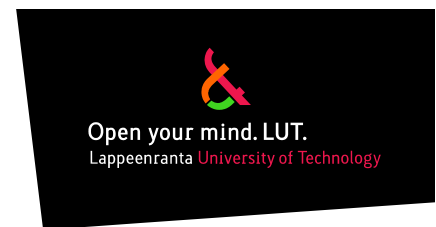
E. Vakkilainen

## Keskimääräiset höyrynkulutukset



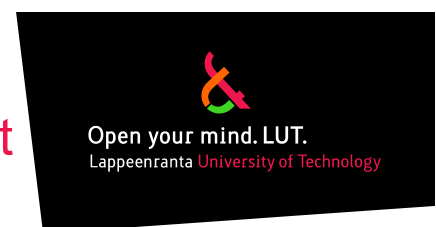
Nieminen, 2007

# Suomessa käytetyt painetasot



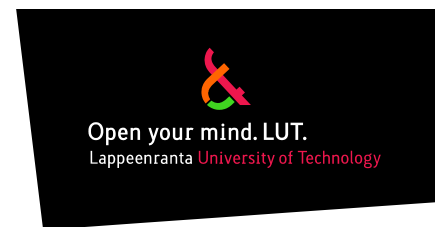
| Tehdas:         | Tuore-<br>höyry | Tuore-<br>höyry2 | Nuohous-<br>höyry | Välipaine | Väli-<br>paine2 | Matala-<br>paine | Matala-<br>paine 2 | Muu<br>höyry |
|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|-----------|-----------------|------------------|--------------------|--------------|
| bar(g)          |                 |                  |                   |           |                 |                  |                    |              |
| 1. Enocell      | 81              |                  | 25                | 12        |                 | 5                |                    | 0,0059       |
| 2. Joutseno     | 93              |                  | 24                | 10,5      | 6,8             | 3,5              |                    |              |
| 3. Kemi         | 84              |                  | 28                | 12,5      | 9               | 3,5              |                    | -0,6         |
| 4. Kymi         | 100             | 114              | 24                | 13,7      |                 | 4,6              | 3,9                | -0,64        |
| 5. Oulu         | 84              | 100              | 24                | 10,8      |                 | 2,8              |                    |              |
| 6. Pietarsaari  | 102             |                  | 27                | 17        | 11,5            | 5,5              | 3,5                |              |
|                 |                 |                  | 16                |           |                 |                  |                    |              |
| 7. Rauma        | 92              |                  | 28                | 11        |                 | 3,5              |                    |              |
| 8. Sunila       | 63              |                  | 35                | 10        |                 | 2,5              |                    |              |
| 9. Varkaus      | 64              | 110              | 30                | 17        | 8               | 2                |                    | 4            |
| 10. Äänekoski   | 83,2            |                  | 33                | 12,3      | 11,8            | 4,4              | 4,2                |              |
| 11. Imatra      | 83              | 67               |                   | 10,1      |                 | 5,1              |                    |              |
| 12. Kotka       | 80              |                  |                   | 13        |                 | 6                | 4                  |              |
| 13. Veitsiluoto |                 |                  |                   | Footer    |                 |                  |                    |              |

## Tarkasteluihin valitut muutoskohteet



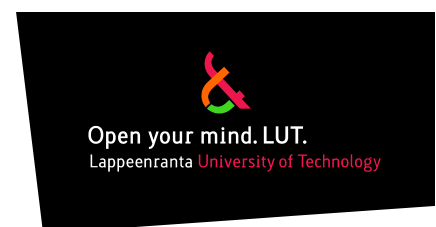
- Matala- ja välipainetasojen valinta
  - LP = 3, 4, 5 tai 6 bar
  - MP2 = 11, 13, 15 tai 17 bar
- Nuohoushöyryn paineen alentaminen
  - MP3 = 40/32/22/20 bar
  - 0, 0,5 tai 1,0 kg/s korvattu 11bar MP2:lla
  - Oletettu LP=4bar, MP-verkko 11bar, muuttumaton nuohousteho
- Toisen matalapainetason rakentaminen
  - 5 bar rinnalle 3.5 bar lauhdeperän väliotosta
  - Vain Case B:lle (perinteinen tehdas + kuorikattila)

## Taseissa käytetyt höyryn arvot



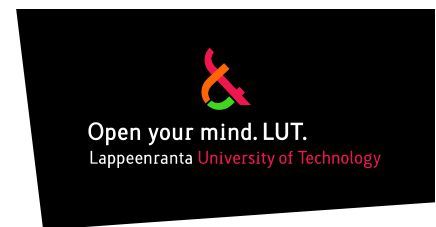
|    | LP       |      | MP       |      | MP2       |      | MP3      |      |
|----|----------|------|----------|------|-----------|------|----------|------|
|    | p bar(a) | T °C | p bar(a) | T °C | p bar(a)  | T °C | p bar(a) | T °C |
| 1. | <b>3</b> | 134  | 7        | 181  | 11        | 226  | 25       | 317  |
| 2. | <b>4</b> | 144  | 7        | 181  | 11        | 226  | 25       | 317  |
| 3. | <b>5</b> | 152  | 7        | 181  | 11        | 226  | 25       | 317  |
| 4. | <b>6</b> | 165  | 7        | 181  | 11        | 226  | 25       | 317  |
| 5. | 4        | 144  | 7        | 181  | <b>13</b> | 226  | 25       | 317  |
| 6. | 4        | 144  | 7        | 181  | <b>15</b> | 258  | 25       | 317  |
| 7. | 4        | 144  | 7        | 181  | <b>17</b> | 273  | 25       | 317  |

## Prosessilämmön/-sähkön kulutus: perustilanne



| Prosessilämmön kulutus:                                             | LP (3bar) | MP (11 bar) |     | Ominaislämmön-<br>kulutus | Ominais­säh­kön-<br>kulutus |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|-------------|-----|---------------------------|-----------------------------|
|                                                                     | kg/s      | kg/s        | MW  | GJ/ADt                    | kWh/ADt                     |
| Case A: Perinteinen sellutehdas                                     | 57.4      | 22.8        | 188 | 17.5                      | 733                         |
| Case B: Perinteinen sellutehdas +<br>kuorikattila                   | 59.1      | 23.5        | 194 | 17.7                      | 761                         |
| Case C: Perinteinen sellutehdas +<br>hienopaperikone                | 78.4      | 22.8        | 240 | 20.1                      | 1221                        |
| Case D: Perinteinen sellutehdas +<br>hienopaperikone + kuorikattila | 80.1      | 23.5        | 246 | 20.4                      | 1249                        |
| Case E: Moderni sellutehdas                                         | 54.4      | 21.5        | 178 | 16.5                      | 674                         |
| Case F: Moderni sellutehdas +<br>kuorikattila                       | 56.1      | 22.2        | 183 | 16.7                      | 700                         |
| Case G: Moderni sellutehdas +<br>hienopaperikone                    | 76.5      | 21.5        | 232 | 19.2                      | 1174                        |
| Case H: Moderni sellutehdas +<br>hienopaperikone + kuorikattila     | 78.1      | 22.2        | 237 | 19.5                      | 1200                        |

# Höyryn painetasot ja sähkön myyntitulo vuodessa 1/2



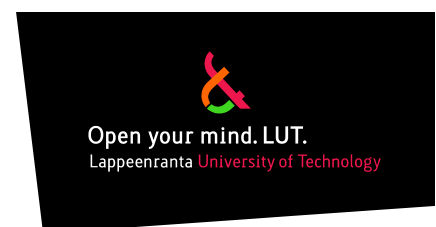
| Höyrynpainetasojen vaikutus sähkön myyntituloihin          | LP:<br>1000 €/bar/a | MP:<br>1000 €/bar/a |
|------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|
| Case A: Perinteinen sellutehdas                            | 1030.2              | 69.7                |
| Case B: Perinteinen sellutehdas + kuorikattila             | 996.8               | 73.7                |
| Case C: Perinteinen sellutehdas +paperikone                | 1190.3              | 68.4                |
| Case D: Perinteinen sellutehdas +paperikone + kuorikattila | 1249.6              | 70.2                |
| Case E: Moderni sellutehdas                                | 888.2               | 68.0                |
| Case F: Moderni sellutehdas + kuorikattila                 | 960.1               | 66.9                |
| Case G: Moderni sellutehdas + paperikone                   | 1113.6              | 66.1                |
| Case H: Moderni sellutehdas + paperikone + kuorikattila    | 1230.5              | 66.1                |

3/19/2010

© Esa K. Vakkilainen, 2010

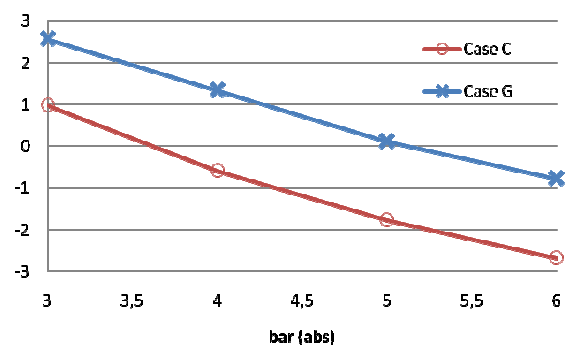
11

# Höyryn painetaso ja sähkön myyntitulo vuodessa 2/2



| Sähkön myyntitulot vuodessa [Milj.€/a] LP- ja MP- tason mukaan |                 |      |      |      |                  |      |      |      |
|----------------------------------------------------------------|-----------------|------|------|------|------------------|------|------|------|
|                                                                | LP paine bar(a) |      |      |      | MP paine bar (a) |      |      |      |
|                                                                | 3               | 4    | 5    | 6    | 11               | 13   | 15   | 17   |
| Case A                                                         | 17.0            | 15.7 | 14.8 | 13.9 | 15.7             | 15.5 | 15.4 | 15.3 |
| Case B                                                         | 31.1            | 29.8 | 28.9 | 28.1 | 29.8             | 29.7 | 29.5 | 29.4 |
| Case C                                                         | 0.9             | -0.6 | -1.8 | -2.7 | -0.6             | -0.7 | -0.9 | -1.0 |
| Case D                                                         | 15.1            | 13.5 | 12.3 | 11.3 | 13.5             | 13.4 | 13.2 | 13.1 |
| Case E                                                         | 19.4            | 18.0 | 17.2 | 16.5 | 18.0             | 17.9 | 17.8 | 17.6 |
| Case F                                                         | 33.4            | 32.3 | 31.3 | 30.6 | 32.3             | 32.1 | 32.0 | 31.9 |
| Case G                                                         | 2.6             | 1.3  | 0.1  | -0.8 | 1.3              | 1.1  | 1.0  | 0.9  |
| Case H                                                         | 17.0            | 15.5 | 14.2 | 13.3 | 15.5             | 15.3 | 15.2 | 15.1 |

**Matalapainetason vaikutus sähkön myyntituloihin, milj.€/a**



3/19/2010

© Esa K. Vakkilainen, 2010

12

## Nuohoushöyryn paineen vaikutus sähkön tuotantoon



|                                | MP3: 40<br>bar (abs) | MP3: 32<br>bar (abs) | MP3: 22<br>bar (abs) | MP3: 20<br>bar (abs) | Vaikutus<br>myyntituloihin<br>[1000€/bar/a] |
|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------------------|
| MP3: 4.5 kg/s<br>MP2: 0 kg/s   | 0                    | 123                  | 239                  | 260                  | 13.0                                        |
| MP3: 4.0 kg/s<br>MP2: 0.5 kg/s | 52                   | 155                  | 271                  | 289                  | 11.8                                        |
| MP3: 3.5 kg/s<br>MP2: 1.0 kg/s | 96                   | 191                  | 300                  | 309                  | 10.6                                        |

13

## 3.5 bar(a) matalapainelinjan vaikutukset sähkön tuotantoon



| Tapaus:             | Höyryn kuluttaja: | LP 3 bar<br>[kg/s] | LP 5 bar<br>[kg/s] | Sähkön<br>myyntitulot<br>[Milj.€/a] |
|---------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------------|
| Perinteinen ST + KK | Haihduuttamo      | 0                  | 17                 |                                     |
|                     | Kuivauskone       | 0                  | 18                 |                                     |
|                     | Syve- esilämmitin | 0                  | 16                 | 28.86                               |
| 1.                  | Haihduuttamo      | 10                 | 7                  |                                     |
|                     | Kuivauskone       | 0                  | 18                 | 28.94                               |
| 2.                  | Haihduuttamo      | 17                 | 0                  |                                     |
|                     | Kuivauskone       | 0                  | 18                 | 29.05                               |
| 3.                  | Haihduuttamo      | 17                 | 0                  |                                     |
|                     | Kuivauskone       | 10                 | 9                  | 29.30                               |
| 4.                  | Haihduuttamo      | 17                 | 0                  |                                     |
|                     | Kuivauskone       | 20                 | 0                  | 29.56                               |
| 5.                  | Haihduuttamo      | 17                 | 0                  |                                     |
|                     | Kuivauskone       | 20                 | 0                  |                                     |
|                     | Syve- esilämmitin | 13                 | 0                  | 29.78                               |

(paineen muutoksen aiheuttama muutos  
lämmön kulutukseen tarkistettava)

14

## Investointikustannukset:putkisto

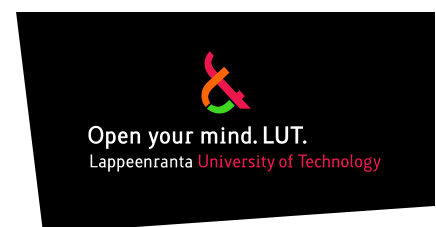


|    | Paine<br>(abs) | Pit uus | Halkaisija | Seinämän<br>paksuus | Siirto-<br>putkiston<br>massa (25%) | Koko<br>putkiston<br>paino |
|----|----------------|---------|------------|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|
|    | p [bar]        | l [m]   | DN [mm]    | s [mm]              | m [kg]                              | m [kg]                     |
| NH | 28             | 100     | 150        | 20                  | 7351                                |                            |
| MP | 14             | 700     | 400        | 13                  | 89196                               |                            |
| LP | 3              | 700     | 1300       | 13                  | 289887                              |                            |
|    |                | 700     | 150        | 9                   | 23157                               | 409591                     |
|    | 4              | 700     | 1200       | 13                  | 267588                              |                            |
|    |                | 700     | 150        | 9                   | 23157                               | 387292                     |
|    | 5              | 700     | 1100       | 13                  | 245289                              |                            |
|    |                | 700     | 150        | 9                   | 23157                               | 364993                     |
|    | 6              | 700     | 1000       | 13                  | 222990                              |                            |
|    |                | 700     | 150        | 9                   | 23157                               | 338835                     |

| Paine<br>(abs) | Kokonais-<br>massa | Materiaali<br>hintaa | Kokonais<br>hintaa | Hintaero<br>perustasoon<br>(3 bar) |
|----------------|--------------------|----------------------|--------------------|------------------------------------|
| [bar]          | m [t]              | [€/kg]               | [1000 €]           | [1000€]                            |
| 3              | 409                | 6                    | 9830               | -                                  |
| 4              | 387                | 6                    | 9295               | 535                                |
| 5              | 365                | 6                    | 8760               | 1070                               |
| 6              | 339                | 6                    | 8132               | 1698                               |

15

## Investointikustannukset: haihduttamo ja kuivauskone

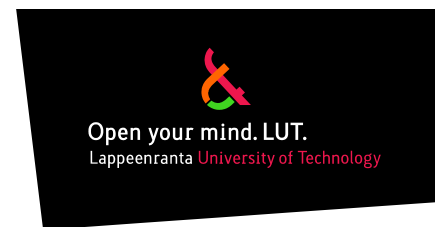


| Paine<br>(abs) | Haihdutus<br>pinta-ala | Investoinnin<br>kokonaiskustannus | Hintaero<br>perustasoon<br>(3 bar) |
|----------------|------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| [bar]          | [m2]                   | [milj. €]                         | [milj €]                           |
| 3              | 49314                  | 18.7                              | -                                  |
| 4              | 44220                  | 17.5                              | 1.2                                |
| 5              | 40789                  | 16.7                              | 2.0                                |
| 6              | 38258                  | 16.0                              | 2.6                                |

| Paine          | Lämpötila-<br>ero | Kokonais<br>hintaa | Hintaero<br>perustasoo<br>n (3 bar) |
|----------------|-------------------|--------------------|-------------------------------------|
| [bar]<br>(abs) | [°C]              | [milj. €]          | [milj. €]                           |
| 3              | 36                | 46.5               | -                                   |
| 4              | 46                | 40.0               | 6.5                                 |
| 5              | 54                | 36.2               | 10.2                                |
| 6              | 61                | 33.7               | 12.8                                |

16

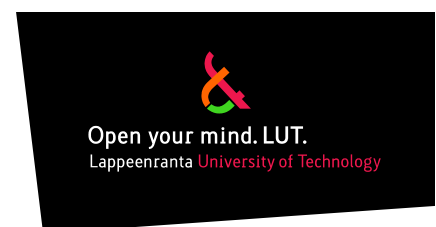
## Kokonaisinvestointikustannukset



| LP            | [bar] (yp) | 3    | 4    | 5    | 6    |
|---------------|------------|------|------|------|------|
| Putkisto      | [milj €]   | 9.8  | 9.3  | 8.8  | 8.1  |
| Haihduutin    | [milj €]   | 18.7 | 17.5 | 16.7 | 16.0 |
| Kuivauskone   | [milj€]    | 46.5 | 40.0 | 36.2 | 33.7 |
| YHT.          | [milj €]   | 75.0 | 66.8 | 61.6 | 57.8 |
|               |            |      |      |      |      |
| korko         | 12 %       |      |      |      |      |
| Maksuaika [a] | 10         |      |      |      |      |
|               |            |      |      |      |      |
| Lyhennys      | [milj €/a] | 13.3 | 11.8 | 10.9 | 10.2 |

17

## Nettotulot : nykyinen tehdas



|                         |                    |        | LP=3bar (abs) | 4bar (abs) | 5bar (abs) | 6bar (abs) |
|-------------------------|--------------------|--------|---------------|------------|------------|------------|
| Investointi (10a, 12%)  |                    | [m€/a] | -13.3         | -11.8      | -10.9      | -10.2      |
| Perinteinen ST          | sähkön myyntitulot | [m€/a] | 17.0          | 15.7       | 14.8       | 13.9       |
|                         | Nettotulo          | [m€/a] | 3.76          | 3.87       | 3.86       | 3.70       |
| Perinteinen ST + kk     | sähkön myyntitulot | [m€/a] | 31.1          | 29.8       | 28.9       | 28.1       |
|                         | Nettotulo          | [m€/a] | 17.8          | 18.0       | 17.9       | 17.9       |
| Perinteinen ST + PK     | sähkön myyntitulot | [m€/a] | 0.89          | -0.59      | -1.78      | -2.68      |
|                         | Nettotulo          | [m€/a] | -12.38        | -12.42     | -12.7      | -12.9      |
| Perinteinen ST + kk+ PK | sähkön myyntitulot | [m€/a] | 15.1          | 13.5       | 12.3       | 11.3       |
|                         | Nettotulo          | [m€/a] | 1.79          | 1.70       | 1.36       | 1.07       |

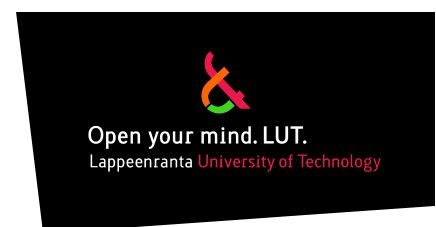
18

## Nettotulot : moderni tehdas



|                        |                    |        | 3 bar      | 4 bar        | 5 bar      | 6 bar |
|------------------------|--------------------|--------|------------|--------------|------------|-------|
| Investointi (10a, 12%) |                    | [m€/a] | -13.3      | -11.8        | -10.9      | -10.2 |
| Moderni ST             | sähkön myyntitulot | [m€/a] | 19.1       | 18.0         | 17.2       | 16.5  |
|                        | Nettotulo          | [m€/a] | 5.9        | 6.2          | <u>6.2</u> | 6.2   |
| Moderni ST + kk        | sähkön myyntitulot | [m€/a] | 33.4       | 32.3         | 31.3       | 30.6  |
|                        | Nettotulo          | [m€/a] | 20.2       | <u>20.4</u>  | 20.4       | 20.3  |
| Moderni ST + PK        | sähkön myyntitulot | [m€/a] | 2.6        | 1.3          | 0.1        | -0.8  |
|                        | Nettotulo          | [m€/a] | -10.7      | <u>-10.6</u> | -10.8      | -11.0 |
| Moderni ST + kk + PK   | sähkön myyntitulot | [m€/a] | 17.0       | 15.5         | 14.2       | 13.3  |
|                        | Nettotulo          | [m€/a] | <u>3.7</u> | 3.6          | 3.3        | 3.1   |

19



**Kiitos!**

### **LIITE III**

**Mustalipeän viskositeetit – tarjous**

**Jorma Torniainen, VTT**

Suomen Soodakattilayhdistys ry  
Lipeätyöryhmä/Markus Nieminen

## 1. Mustalipeän viskositeetti

1990-luvulla on tehty laaja selvitys mustalipeistä ja niiden ominaisuuksista (LIEKKI 2-ohjelmassa). Lipeätyöryhmän kokouksessa II/2010 5.5.2010 todettiin, että nyt saattaisi olla aika päivittää esim. viskositeettikäyrät ja selvittää onko tilanne jotenkin muuttunut 15 vuodessa. Vertailun tekeminen vanhoihin arvoihin on vaikeaa, koska viskositeettilaitteisto on vaihtunut ja nyt mittaus tehtäisiin polttolipeästä. Mutta todettiin, että mittauksilla kuitenkin voitaisiin saada selville lipeiden keskinäinen järjestys viskositeetin suhteen ja verrata sitä 90-luvulla saatuihin arvoihin.

## 2. Aikataulu

Jos kaikista Suomen sellutehtaista otetaan yksi polttolipeänäyte (eli 15 näytettä), menee niiden viskositeettimäärittäykseen 4-6 viikkoa.

## 3. Hinta

Edellä mainitut 15 viskositeettimäärittäystä yhdessä lämpötilassa tulevat maksamaan yhteensä 9750 EUR (+ALV) eli 650 EUR / näyte.

Jos viskositeetit halutaan useammassa eri lämpötilassa, maksavat lisälämpötilat näytettä kohden 360 EUR (+ALV)/lämpötila.

## 4. Raportointi

Tulokset raportoidaan viskositeettikäyränä kuiva-aineen funktiona sekä Excel-taulukkoina.

Työ laskutetaan, kun tulokset on toimitettu asiakkaalle.

Tarjous on voimassa: 31.12.2010 sakka.

Maksuehdot: 14 pv netto FIN

Viivästyskorko: 9,5 %

Toimitusehdot: VTT Expert Services:n yleiset sopimusehdot.

ALV lauseke: Hinnat ovat arvonlisäverottomia, niihin lisätään laskutettaessa toimitushetkellä voimassa olevan verokannan mukainen arvonlisävero.

Toivomme tarjouksen sopivan teille ja johtavan tilaukseen.

VTT Expert Services Oy



Jorma Torniainen  
Senior Consultant  
Puh: 040-8294669  
e-mail: jorma.torniainen@vtt.fi

#### **LIITE IV**

**Kastepistemittaukset / savukaasun loppulämpötila – projektiesitys**

**Marja Heinola, Andritz**

23.06.2010  
Marja Heinola

## **Soodakattilan savukaasun loppulämpötila**

Työn tarkoituksena on löytää soodakattilan savukaasun matalin taloudellinen loppulämpötila. Tämä on tullut tärkeäksi viime vuosina, kun sähkösuotimen jälkeen on kytketty savukaasun jäähdyttimet. Käytetyt materiaalit jäähdytysprosessin jälkeen ovat hiiliterästä.

Kuinka hyvin soodakattilan savukaasujen happokastepiste osataan määrittää, aiheutuuko todellista korroosiota hiiliteräksellä, kun olemme lähellä ko. pistettä. Kuinka pitkät  $\text{SO}_2/\text{SO}_3$ -emissiojaksot riittävät aiheuttamaan huomioonotettavaa korroosiota.

Tutkimus käsittää kokeellisen osuuden I sekä teoreettisen osuuden, joista jälkimmäisessä vertaillaan olemassa olevien happokastepisteen laskentakaavoja. Lisäksi teoreettisessa osuudessa voisi olla lyhyt kirjallisuusselvitys selvitettävän ongelman tämän hetkisestä tietämyksestä.

Kokeellinen osuus I käsittää happokastepistemittaukset toimivalla soodakattilalla, jossa hetkittäin esiintyy myös  $\text{SO}_2$ :ta. Savukaasuanalysointoreilla mitataan savukaasun  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{HCl}$ . Myös lauhtuvan kaasun pH mitataan, sikäli kun sovellettava mittausmenetelmä löytyy. (Menetelmä voisi olla sovellus pölymittauksesta, jossa imetään kaasu pH säädettyyn nesteeseen ja liuoksesta mitataan lauhtuvan kaasun pH vrt. Dekatin Na-, K-spesifiset ionimetrit.)

Myöhemmin toteutettava:

Kokeellinen II osuus käsittää korroosiosondin, jossa kolmeen eri lämpötilaan säädettyä materiaalikomponenttia on toimivan soodakattilan savukaasukanavassa sähkösuotimen jälkeen altistettuna korroosiolle. Lämpötilat  $200^\circ\text{C}$ ,  $110^\circ\text{C}$  ja mahdollisimman matala riippuen jäähdyttävän väliaineen lämpötilasta.

Korroosiosondin altistuksen ajan savukaasuanalysointoreilla mitataan savukaasun  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{HCl}$ . Lisäksi mahdollinen happokastepistemittari otetaan rinnalle mittausjakson ajaksi.

**LIITE V**

**Sellutehtaan lipeäsäiliöiden optimaalinen koko – projektiehdotus**

**Heikki Haario, LUT**

## **TARJOUS**

### **Sellutehtaan lipeäsäiliöiden optimaalinen koko – toiminnan simulointi**

Soodakattilayhdistys ry

31.8.2009

Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto  
Professori Heikki Haario

# 1

## JOHDANTO

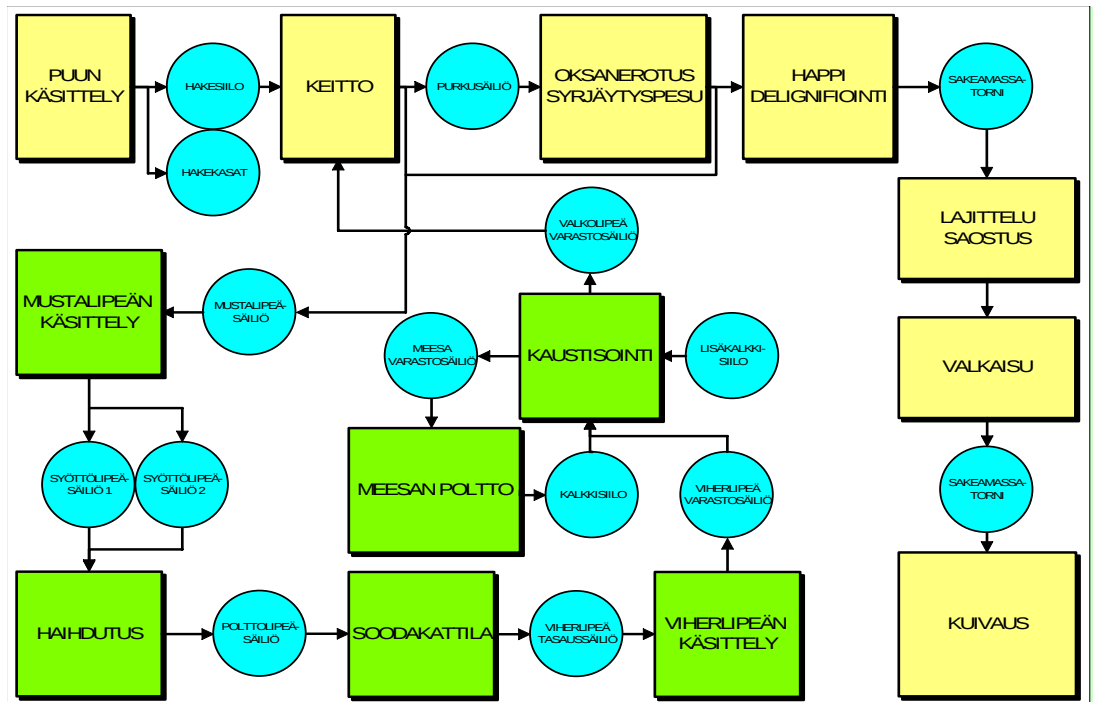
Suomen Soodakattilayhdistys (tilaaja) on halukas selvittämään miten sellutehtaan lipeäsäiliöiden tilavuus pitäisi optimaalisesti määrittää.

Sellutehtaan tuotanto hoidetaan normaalitilanteessa siten, että kukin osasto ajaa osastoa edeltävän säiliön tason mukaan pyrkien ylläpitämään siinä riittävä tilavuus. Vastaavasti pyritään ajamaan osastoa seuraava säiliö niin täyteen kuin mahdollista ennen kuin toimintaa jarrutetaan. Kuitenkin jos osaston toimintahäiriön vuoksi joudutaan kunkin osaston tuotantoa rajoittamaan säiliöiden tilavuuksien rajoissa ja jos säiliöiden kapasiteetti ei riitä, koko tehtaan kapasiteetti rajoittuu.

Materiaalivirtojen ja toimintakyvyn vaihtelusta johtuen säiliöiden mitoituksessa tulee olla puskuroinnin vuoksi ylimääräistä tilaa. Toisaalta myös tarpeettoman suuri ”varmuusvaraksi” rakennettava säiliön tilavuus aiheuttaa ylimääräisiä rakentamis- ja pääomakustannuksia.

Kapasiteetin vaihtelut ovat luonteeltaan satunnaisia. Kerätyn käyttöhistorian ja toiminnan mallintamisen avulla voidaan arvioida vaihteluiden esiintymistä ja laajuutta, josta päästään mitoitukseen ja puskuritarpeeseen. Asettamalla säiliölle investointikustannus ja menetetylle tuotannolle hinta sekä sopimalla tavoiteltava korkotaso voidaan säiliöiden kokoa kvantifioida ja etsiä optimaalista mitoitusta.

Kapasiteetin vaihtelua ja toimintahäiriöitä aiheuttavia satunnaisia, yllättäviä, tilapäisiä epävarmuustekijöitä ovat esimerkiksi laitehäiriöt, tukkeutumiset, sähkö- ja ohjaushäiriöt.



## TAVOITTEET

Projektissa tehdään diplomityö, jossa tarkastellaan sellutehtaan lipeäsäiliöiden kokoa ja niiden vaikutusta tehtaan tuotantoon.

Työssä selvitetään erityisesti seuraavia seikkoja.

### Vaihe 1.

Selvitetään käyttöhistoriatietojen ja käyttöhenkilöstön kokemusten, kirjallisuuden jne. perusteella toimintahäiriöiden ja –rajoitusten esiintymistä, syitä ja mekanismeja sekä kuvataan ajohistoriassa esiintyvän satunnaisten vaihtelun luonnetta, laajuutta, tyyppejä ja vaikutusmekanismeja. Kullekin tehdaskokonaisuuden yksikölle laaditaan alustava toiminnan epävarmuutta ja häiriöalttiutta kuvaava tilastollinen malli.

Selvitetään järjestelmän ohjauksen ja säädön käytäntöjä pinnankorkeuksien hälytysrajojen jne. osalta.

### Vaihe 2.

Laaditaan aluksi pelkistetyn tehdaskonfiguraation toimintaa simuloiva laskennallinen malli, joka kostuu yksikköprosessien kuvauksesta ja niiden kytkennöistä. Mallia ajetaan käyttäen Vaiheen 1 mukaista satunnaista syöttödataa. Mallin avulla saadaan kokemuksia joita tarvitaan laajennettaessa lähestymistapaa todellisten tehdaskokonaisuuksien hallintaan. Erityisesti tutkitaan säiliökokojen optimoinnissa kohdefunktion satunnaisuuden vaikutusta: kuinka kokonaiskustannus minimoidaan siten, että ratkaisu annetulla varmuudella selviytyy kaikista ennakoitavissa olevista häiriötilanteista.

### Vaihe 3.

Toteutetaan kahdelle valitulle tehdastapaukselle esimerkkilaskelmia säiliöiden mitoituksen vaikutuksesta kokonaisuuden toimintakykyyn, kapasiteettiin, toimivarmuuteen ja kustannuksiin.

Luodaan näille tilanteille Vaiheen 2 mukaiset laskentamallit ja taulukoituja esimerkkejä optimaalisen mitoituksen ohjearvoiksi. Laskelmissa on tarkoitus osoittaa paitsi mitoituksen nominaaliarvot, myös kuvata tilastollisten jakaumien avulla epävarmuuden marginaaleja. Tavoitteena on, että käyttäjä voi asettaa harkitsemansa rajat poikkeustilanteille ja niiden esiintymiselle, jolloin mitoituslaskelma näyttää millaiseen toimintavarmuuteen ja kapasiteettiin valitut säiliökoot johtavat.

Mikäli Soodakattilayhdistys järjestää mittauksia tai saamme käyttöön ajohistoriaa koskevaa seurantadataa, joita voidaan tutkimuksessa hyödyntää, niin niiden ja mallittamisen välinen tarkastelu kuuluu mukaan.



### **3 RAPORTOINTI JA AIKATAULU**

#### **3.1 Raportti**

Työn loppuraportti kirjoitetaan englanniksi, mutta työstä raportoidaan suomeksi. Työstä raportoidaan sen kestäessä Suomen Soodakattilayhdistykselle sen haluamalla tavalla.

#### **3.2 Aikataulu**

Loppuraportti luovutetaan tilaajalle hyväksymistä varten 8 (kahdeksan) kuukautta tilauksesta.

### **4 RESURSSIT JA YHTEISTYÖ MUIDEN KANSSA**

Projektin organisaatio

Projektin vastuullinen johtaja: Professori Heikki Haario

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

Matematiikan ja Fysiikan laitos

Pääasiallinen tutkija: Tekn yo. N.N. (DI-työ)

Tutkimus tehdään yhteistyössä LUT:n Uusiutuvien energiajärjestelmien laboratorion kanssa (professori Esa Vakkilainen).

Tämän projektin työ ja tulokset tukevat Soodakattilayhdistyksen tavoitetta lipeäkierron hallinnan kehittämiseksi.

### **5 KUSTANNUSARVIO JA RAHOITUSUUNNITELMA**

Projektin kokonaiskustannus on € 15 000 + ALV. Tämä sisältää palkat, matkat ja muut tutkimusmenot. Projektin raportin painatuksesta vastaa Soodakattilayhdistys.

Kokonaiskustannuksista maksaa Soodakattilayhdistys € 5 000,- + ALV tilauksen tultua hyväksytyksi ja € 10 000,- + ALV loppuraportin tultua hyväksytyksi. Maksuaika 30 päivää.

**LIITE VI**

**Muiden työryhmien kuulumiset**

**Markus Nieminen, Pöyry Finland Oy**

## ATR kuulumiset

---

## ATR projektit

---

### Määräaikaistestausprojektin jatko, Pöyry/BMS

- Parhaat käytännöt/menetelmät testausvälin pidentämiseksi
- Seisokin aikaisen testauskuorman vähentäminen
- Projektilla oma työryhmä:
  - Eero Hakkarainen, Botnia Mill Service
  - Toni Henriksson, SE, Sunila, ATR
  - Mauri Heikkinen, Pöyry Finland, ATR

### Turva-automaatiosuosituksen päivitys

- Käännös saatu FMGlobalilta
- Tarkastettavana, julkaistaan joulukuussa

### Kattilarakennuksen sähkötekniset turvajärjestelmät, Pelastusopisto

- Opinnäytetyö ulkoasun viimeistely puuttuu

### Selvitys: UPS-kytkennät tehtailla

- Gruvön tehtaalla Ruotsissa sattunut UPS-vika, 30 min blackout
- Selvitetään onko mahdollista tapahtua Suomessa

## YTR kuulumiset

---

### YTR Projektit

---

#### BAT/BREF-dokumenttiluonnoksen kommentointi / NOx-asiat

- Alustava dokumentti julkaistu keväällä 2010
- Ruotsin tehtaiden ilmoittamat NOx-päästöt alhaisia, ~1 kgNOx/Adt
- Suomessa NOx-päästöt korkeampia

#### Ammoniakki / natriumsyanaattiprojekti, ÅA

- Tehdasmittaukset Kymillä vko 48

#### Pienhiukkastutkimus, VTT

- Raportti valmistui kesäkuussa 2010
- Itä-Suomen yliopisto hakee TEKES-rahoitusta hiukkasten haitallisuuden tutkimukseen -> yhdistys osallistuu jos saadaan rahoitus

#### Päästötason riippuvuus tarkasteluajanjaksosta, LUT

- Työssä selvitetään ilmapäästöjen ajallista vaihtelua.
- Tuloksia tarkastellaan YTR:n kokouksessa 2.12.

#### Päästömittaus/laskenta koulutuspäivä

- Otaniemi, Puu2-luentosali
- Aika: 16.3 tai 17.3 tai 23.3.2011

## KTR / SKYREC kuulumiset

---

### KTR / SKYREC

---

#### Utilization of Pyrolysis Gases from the Recovery Boiler, ÅA

- Mass balance and energy balance calculations of pyrolysis gas extraction.
- Analysis of the gas composition above the bed in two recovery boilers using existing CFD results.
- Dust content in the pyrolysis gas

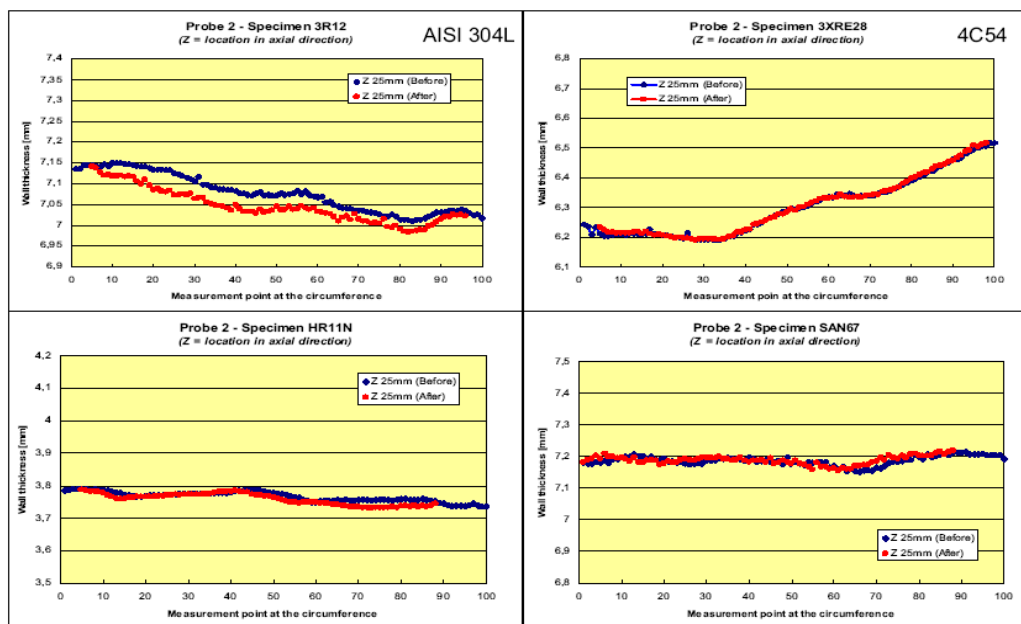
#### Tulistinputkimateriaalien korroosiotutkimus soodakattilalla, VTT

- Mittausjakso (1000h) alkoi 16.9.2010 ja päättyi noin viikkoa ennen tavoiteaikaa viikolla 42.
- Koekappaleet parhaillaan analysoitavana

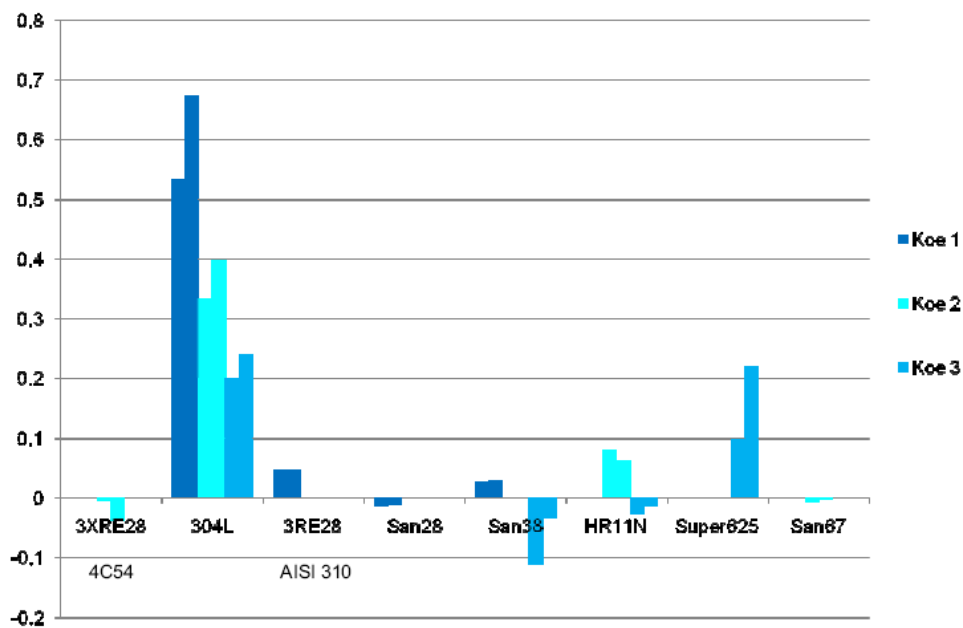
## Field tests of furnace materials, Boildec Oy

- Kolme onnistunutta koetta tehty
- Neljän kokeen materiaalit/olosuhteet valittava mahdollisimman pian
- Analysis of the furnace test materials, VTT
  - Testikappaleiden paksuudet mitattiin kokeita ennen ja jälkeen. 304L ja Super625 ohentuivat selvästi eniten (25 – 50  $\mu\text{m}/1000\text{ h}$ )
  - Tähänastisten tulosten perusteella lupaavimmilta materiaaleilta vaikuttavat 4C54 (3XRE28), San28 ja San38
  - Tulokset varmistetaan näytteiden karakterisointitutkimuksilla (SEM/EDS), joilla selvitetään eri materiaalien korroosionmuoto ja korroosiotuotekerrosten koostumus ja rakenne
  - Karakterisointitutkimuksia tehdään parhaillaan.

## Paksuusprofiilit kokeessa 2



## Korroosionopeudet (mm/a) kokeissa 1 – 3 paksuusmittaustulosten perusteella arvioituna



Koe 1: paineen asetusarvo 9,5 bar ( $T_s = 390^\circ\text{C}$ )

Koe 2: paineen asetusarvo 8,8 bar ( $T_s = 385^\circ\text{C}$ )

Koe 3: paineasetusarvo 7,3 - 7,8 bar kaksi viikkoa ( $T_s = 370 - 375^\circ\text{C}$ ), 8,5 bar 5 viikkoa ( $T_s = 382^\circ\text{C}$ )



## KTR / SKYREC

### Keraamiset ja metalliset rakennemateriaalit uusissa soodakattiloissa, OY

- Työssä tutkitaan tulenkestäviä materiaaleja altistamalla koekappaleet soodakattilan sulalle (lipeäruiskaukossa) SE Oulun tehtaalla
- Nopea koe (2 vko) tehtiin 16.2–2.3.2010, omatekoiset materiaalit (ZrO<sub>2</sub> ja Spinelli) lohkesivat, kun sondi otettiin pois kattilasta
- Uusintakoe alkaa kun Oulussa saadaan sulfiditeetti kohdalleen



### Materiaalisuositus

- Vuoden 1997 suojaussuosituksen päivitys

### Aktiivihiiisuodatuksen ja UV-käsittelyn soveltaminen

#### suolanpoistolaitokseen lisäveden TOC-tason alentamisessa, JP-analysis/Cewic

- Projektin tavoitteena on varmentaa ja optimoida aktiivihiiisuodattimen toimivuutta TOC:n poistossa tehdasympäristössä
- Tehdä lisäselvityksiä esimerkiksi suodattimen mitoituksesta ja aktiivihiiilen käyttöjakson pituudesta.
- Selvitetään ja kokeillaan UV-valon sekä käänteisosmoosin käyttöä osana suolanpoistolaitosta.

### Vesisuositus

- vedelle ja höyrylle laatutaso, johon tulisi päästä
- mitä teet kun tietty arvo ylittyy
- kuinka usein ja mitä pitää analysoida

