

Suomen Soodakattilayhdistys ry

Konemestaripäivä 2025

**Scandic Imatran Valtionhotelli, Imatra
23.1.2025**

Raportti 1/2025

(16A0913-E0240)



Raportti 1/2025, Konemestaripäivä 2025



KONEMESTARIPÄIVÄ 23.1.2025 OHJELMA

Scandic Imatran Valtionhotelli Stora Enso Imatran tehtaat

Klo	
09.00	Ilmoittautuminen ja aamukahvi <i>Kokoustila Imatra-sali, Scandic Imatran Valtionhotelli, Torkkelinkatu 2, 55100 Imatra</i>
09.25	Tilaisuuden avaus
09.30	Soodakattilayhdistyksen toiminta ja kuulumiset <i>Sakari Vuorinen, Suomen Soodakattilayhdistys ry</i>
09.45	Keinoälyn käyttönäkymät Soodakattilalla <i>Mikko Kuusisto, Rotomate Oy</i>
10.10	Kattilaitosten vaaran arvioinnin uudistettu ohjeistus <i>Johanna Soppela, Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes)</i>
10.30	Kahvitauko <i>Kokoustila</i>
11.00	NCG turvallisuus – Turvallisuudella ei ole hintaa <i>Kirsi S. Hovikorpi, LUT-yliopisto / XAMK / AFRY Finland Oy</i>
11.30	Soodakattilaympäristöön kehitetyt ja optimoidut henkilösuojaime (sulasuojapuku) <i>Jaakko Seppä, Valmet Technologies Oy</i>
12.00	Lounas <i>Scandic Imatran Valtionhotelli, Ravintola Linnasali</i>
13.00	Matalapainehöyryn käyttäminen nuohouksessa <i>Pekka Virtanen, Clyde Industries Europe Oy</i>
13.30	Mökää ilmassa, kaikenkattavaa tietoutta soodakattiloiden melusta <i>Arttu Ruhanen, ANDRITZ Oy</i>
14.00	Stora Enso Imatran tehtaat, tehdasesittely <i>Janne Mäkelä, Stora Enso Oyj, Imatran tehta</i>
14.30 – 16.30	Tehdaskierrokset ryhmittäin
17.00 – 19.00	Cocktailtilaisuus <i>Scandic Imatran Valtionhotelli, Linnan kellari</i>
19.00 –	Illallinen <i>Scandic Imatran Valtionhotelli, Ravintola Linnasali</i>

SOODAKATTILAYHDISTYKSEN TOIMINTA JA KUULUMISET

Sakari Vuorinen
Suomen Soodakattilayhdistys ry



Sakari Vuorinen

SOODAKATTILAYHDISTYKSEN KUULUMISIA

23.1.2025

Konemestaripäivä 2025



Sisältö

- Kilpailulainsäädäntö ja turvallisuus
- Soodakattilayhdistyksen esittely
- Suomen soodakattilat
- Vauriot ja häiriöt
- Projektikatsaus
- Kuulumisia 60-vuotisjuhlaseminaarista



23.1.2025

Konemestaripäivä 2025



Kilpailulainsäädäntö

Huomio Suomen Soodakattilayhdistys ry:n toimintaan osallistuville.
Suomen Soodakattilayhdistys ry noudattaa kaikessa toiminnassaan kilpailulainsäädäntöä, joka asettaa rajoitukset järjestön toimintaan. Yhdistyksen järjestämissä kokouksissa tai muissa tapahtumissa ei keskustella aiheista, joilla voi olla vaikutusta yritysten kilpailukäyttäytymiseen.

*Toiminnan arvioinnissa käytetään kilpailulain 5 § säännöstä:
sellaiset elinkeinonharjoittajien väliset sopimukset, elinkeinonharjoittajien yhteenliittymien päätökset sekä elinkeinonharjoittajien yhdenmukaistetut menettelytavat, joiden tarkoituksena on merkittävästi estää, rajoittaa tai vaikeuttaa kilpailua tai joista seuraa, että kilpailu merkittävästi estyy, rajoittuu tai vääristyy, ovat kiellettyjä.*

Tee seuraavia asioita:

Jokaisella toimintaan osallistuvalla on velvollisuus puuttua saman tien asiaan, mikäli havaitsee lainvastaista toimintaa.

Älä tee seuraavia asioita:

Älä keskustele missään yhdistyksen toimintaan liittyvässä yhteydessä kilpailullisesti arkaluontoisista asioista tai vaihda niistä tietoja. Tällaisia asioita ovat mm. hinnat, asiakkaat, tuotantomäärät, investointisuunnitelmat ja seisakkiajankohdat.

Älä luo käytäntöjä, sääntöjä tai ohjeistuksia, jotka vaikuttavat jäsenten mahdollisuuksiin kilpailla toisten yritysten kanssa.



23.1.2025

Konemestaripäivä 2025



Turvallisuus

1. Tarkista hätäuloskäynnin sijainti konferenssitilasta ja mahdollisessa hotellihuoneesta
2. Pidä kaiteesta kiinni, kun kuljet portaita
3. Pidä tärkeät tavarat tallessa
4. Noudata hyvää käsihygieniää
5. Ruokaile turvallisesti
6. Liiku varovasti ulkona
7. Muista juoda riittävästi



23.1.2025

Konemestaripäivä 2025



Turvallisen tilan periaatteet

- Noudatamme turvallisen tilan periaatteita kaikissa tapahtumissamme. Odotamme myös tapahtumiimme osallistuvien noudattavan samoja periaatteita.
- Jokaisella on oikeus osallistua tapahtumiimme ja toimintaamme ilman minkäänlaista taustaan, etnisyyteen, ihonväriin, sukupuoleen, uskontoon, seksuaaliseen suuntautumiseen tai muuhun henkilökohtaiseen ominaisuuteen liittyvää häirintää tai syrjintää taikka pelkoa siitä.
- Mikäli koet tai havaitset häirintää tai epäasiallista toimintaa:
 - Puutu tilanteeseen ja kysy häirityksi tulleelta, haluaako hän apua tai tukea

Ilmoita tarvittaessa myös häirintäyhdyshenkilölle, niin tuemme tilanteen selvittämisessä ja autamme häirintää kokenutta kääntymään tarvittaessa oikean tahon puoleen. Tämän tapahtuman häirintäyhdyshenkilöt ovat **Sara Suur-Hamari** ja **Sakari Vuorinen**.



23.1.2025

Konemestaripäivä 2025



Sihteeristö



**Sakari
Vuorinen**

+358 50 348 6157



**Sara
Suur-Hamari**

+358 50 499 9361



**Iiris
Honkavaara**

+358 45 1129 278



**Elina
Mikkonen**

+358 44 500 5913

23.1.2025

Konemestaripäivä 2025

Suomen Soodakattilayhdistys ry

- Suomen Soodakattilayhdistys ry on edistänyt soodakattiloiden ja kemikaalien talteenottoprosessien turvallista, tehokasta ja ympäristöystävällistä käyttöä jo vuodesta 1964.
- Soodakattilayhdistys
 - kerää tietoa kattilavaurioista ja -onnettomuuksista, ja jakaa näistä tietoa jäsenistölleen
 - julkaisee ohjeistuksia ja suosituksia sekä järjestää seminaareja ja kokouksia
 - tukee ja teettää talteenottoprosesseihin keskittyvää tutkimusta, joka edistää yhdistyksen tarkoitusta

23.1.2025

Konemestaripäivä 2025

Jäsenistö ja organisaatio

- Soodakattilayhdistyksellä on **34** jäsentä. Näihin kuuluu mm. suomalaisia sellutehtaita, kattilavalmistajia, vakuutusyhtiöitä, tarkastuslaitoksia sekä yliopistoja. **30** jäsenellä on äänioikeus.
- Operatiivista toimintaa pyörittää neljä sihteeriä
- Yhdistyksellä on Hallitus ja viisi työryhmää:

HALLITUS
(12 hlöä.)

KESTOISUUSTYÖRYHMÄ (19 hlöä.)

YMPÄRISTÖTYÖRYHMÄ (10 hlöä.)

AUTOMAATIOTYÖRYHMÄ (9 hlöä.)

LIPEÄTYÖRYHMÄ (13 hlöä.)

OHJELMATYÖRYHMÄ (8 hlöä.)

23.1.2025

Konemestaripäivä 2025

Soodakattilat Suomessa

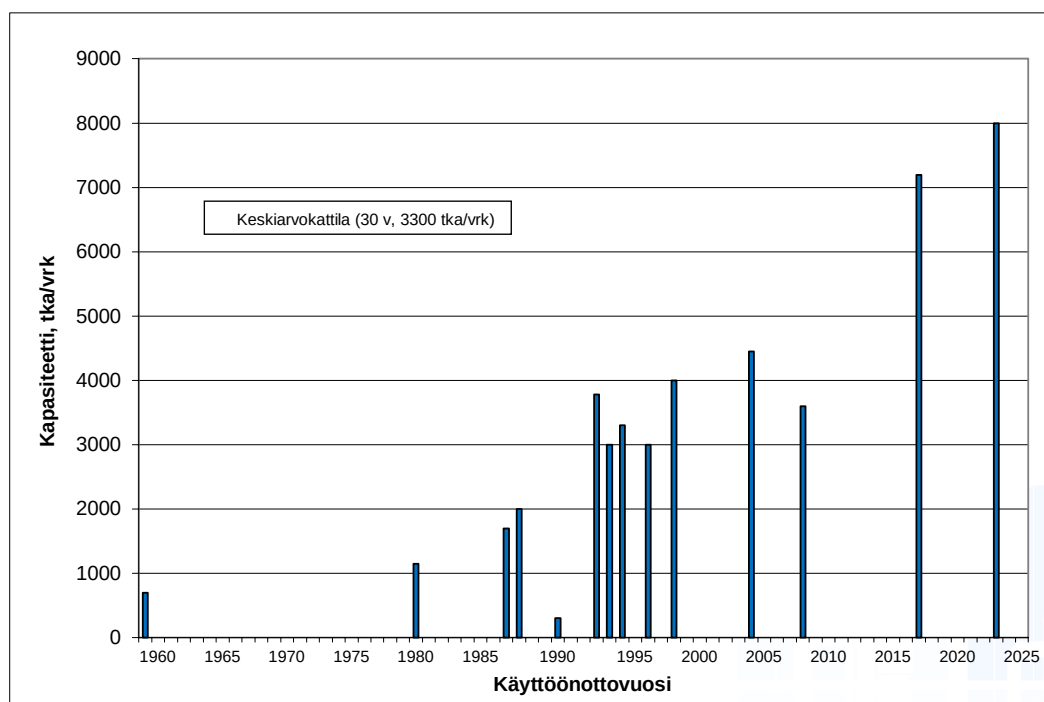
- **14** kattilaa **13** tehtaalla
 - Vanhin: MM Kotkamills, **1959**
 - Uusin: Metsä Fibre Kemi, **2023**
 - Suurin: Metsä Fibre Kemi, **8 000 tka/vrk**
 - Pienin: Stora Enso Heinola, **300 tka/vrk**
- Keskimääräinen ikä **30 v (1994)**
- Keskimääräinen kapasiteetti **3 300 tka/vrk**
- Kokonaiskapasiteetti **46 200 tka/vrk**

23.1.2025

Konemestaripäivä 2025

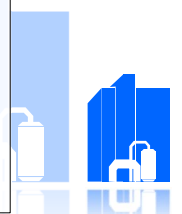


Soodakattilat Suomessa



23.1.2025

Konemestaripäivä 2025





Vauriotietokanta

- Kestoisuustyöryhmä ylläpitää vauriotietokantaa raportoiduista soodakattilavaurioista
- Jäsenet ilmoittavat vauriosta tai onnettomuudesta vapaaehtoisesti yhdistykselle.
- Kestoisuustyöryhmä käsittelee kokouksessa ilmoituksen ja laatii tapahtuneesta lausunnon.
- Lausunnoilla pyritään jakamaan tietoa hyvistä käytännöistä ja edistämään yleistä turvallisuutta

Huom! Vaurioita ja häiriöitä voi ilmoittaa tietokantaan myös jälkikäteen.



23.1.2025

Konemestaripäivä 2025



Häiriötietokanta

- Sama periaate kuin vaurioiden ilmoittamisessa
- Automaatiotyöryhmä käsittelee kokouksessa ilmoituksen ja laatii tapahtuneesta lausunnon.
- ”Häiriöksi voidaan määritellä tilanne, jossa soodakattilaa ei ole pystytty käyttämään odotetulla tavalla, koska joku laite tai järjestelmä ei ole toiminut oikein. Tilanteesta voi olla seurauksena esimerkiksi kattilan alasajo.”

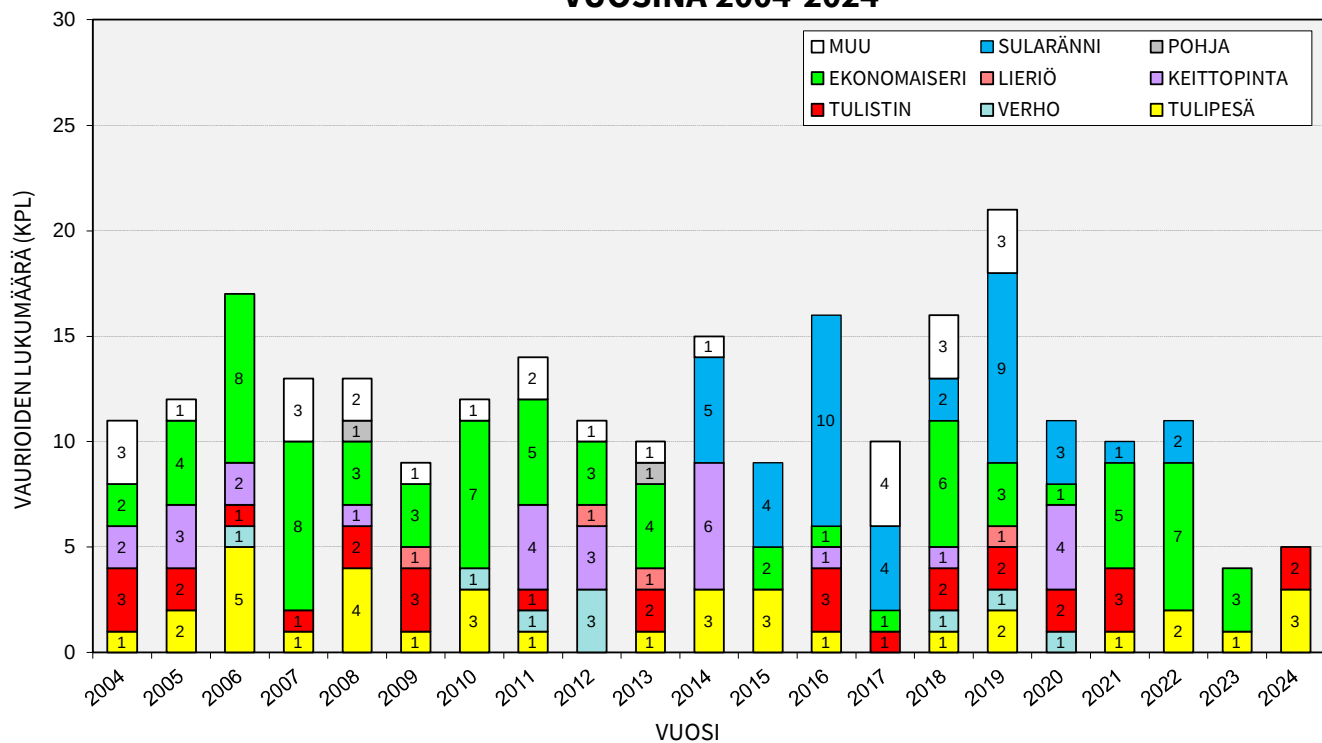
Huom! Vaurioita ja häiriöitä voi ilmoittaa tietokantaan myös jälkikäteen.



23.1.2025

Konemestaripäivä 2025

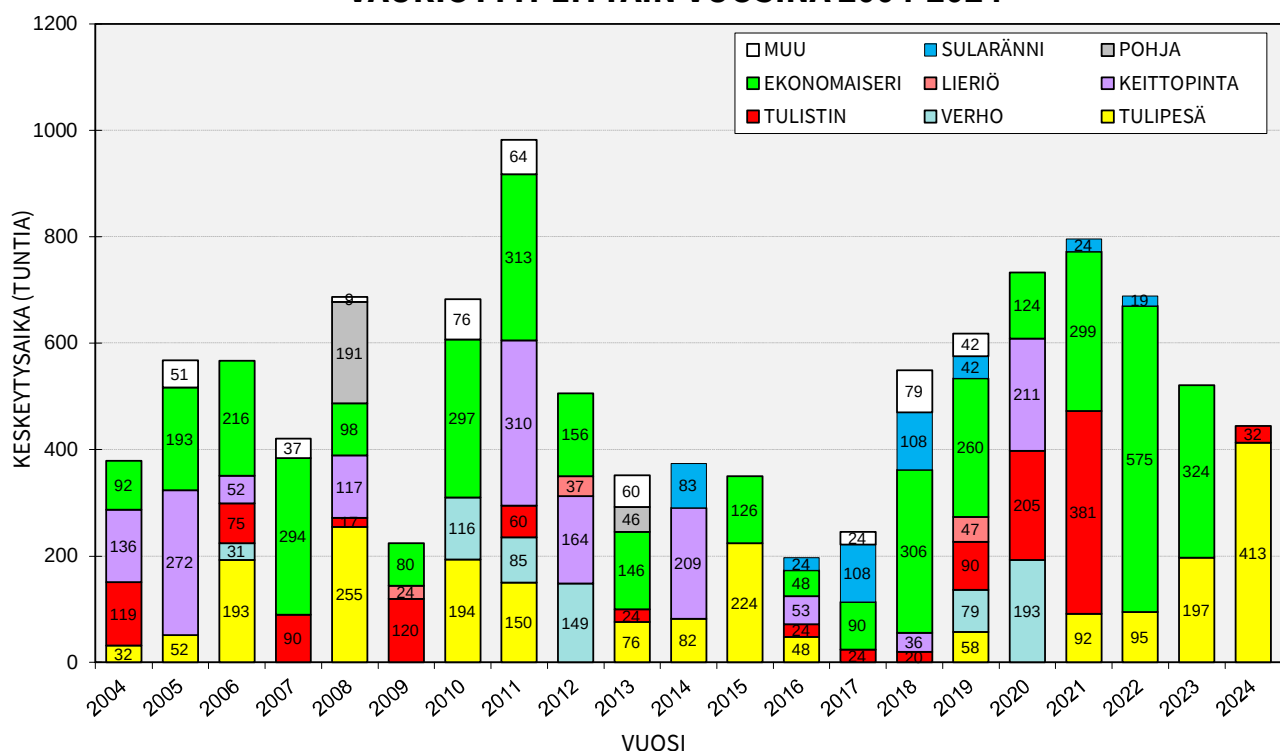
RAPORTOITUJEN VAURIOIDEN LUKUMÄÄRÄ VAURIOTYYPEITTÄIN VUOSINA 2004-2024



23.1.2025

Konemestari päivä 2025

LIPEÄN POLTON KESKEYTYSAIKA VAURIOTYYPEITTÄIN VUOSINA 2004-2024



23.1.2025

Konemestari päivä 2025

Projektit 2023-2024

Kestoisuustyöryhmä

- Internal Deposit Monitoring and Management in Recovery Boiler
- Soodakattiloiden massausten kuivumisaikakoe
- Compound-putkien säröily ja vauriomekanismit
- Pidentyneiden ajojaksojen vaikutus soodakattiloiden käytettävyyteen ja luotettavuuteen (KTR+ATR)
- Soodakattilan keraamiset muuraukset – jatkotyö
- Recommendation for clad welding penetration of wall and floor composite tubes in black liquor recovery boiler furnace (translation into English)

23.1.2025

Konemestaripäivä 2025

Projektit 2023-2024

Lipeätyöryhmä

- Suomen soodakattilat - Tuhkan koostumus ja määrä eri kuormatilanteissa
- Korkean kappaluvun vaikutus mustalipeän ominaisuuksiin
- Tulistimien maksimipintalämpötilalisän muutos kattilan koon funktiona – osat I & II

23.1.2025

Konemestaripäivä 2025

Projektit 2023-2024

Ympäristötyöryhmä

- Viherlipeäsakan kirjallisuuskatsaus
- Soodakattilan tuhkan Kaliumin hyötykäyttö
- [Opinnäytetyölistaus Soodakattilayhdistyksen sivuille](#)
- [Update of NCG handling Recommendations – Translation into English](#)
- [Soodakattilan tuhkan hyötykäyttömahdollisuudet](#)
- [Towards Carbon-Negative Future of the Pulp and Paper Industry \(BECCUS\)](#)
- [Viherlipeäsakan POP-yhdisteet](#)

23.1.2025

Konemestaripäivä 2025

Projektit 2023-2024

Automaatio työryhmä

- Riskinarviointi -esimerkki
- Pidentyneiden ajojaksojen vaikutus soodakattiloiden käytettävyyteen ja luotettavuuteen (KTR+ATR)
- [Järjestelmien välinen tiedonsiirto soodakattilalla – esimerkkinä OPC UA](#)
- [Lipeäkierron jatkuvatoimisten mittalaitteiden luotettavuus](#)
- [Kattilalaitoksen sähkötekniset turvajärjestelmät](#)

23.1.2025

Konemestaripäivä 2025

60-vuotisjuhlaseminaari

- 5.-7.6.2024, Kansainvälinen risteilyseminaari
- Helsinki-Tukholma-Helsinki risteily Tallink-Siljalla
- Noin 120 osallistujaa
- Seminaarien teemana: "Past, Present and Future"
- Sihteeristö valmiina risteilemään ➔



23.1.2025

Konemestaripäivä 2025

60-vuotisjuhlaseminaari

Tarinoita menneestä...



23.1.2025

Konemestaripäivä 2025

60-vuotisjuhlaseminaari

- Esiintyjiä Suomesta, Kanadasta, USA:sta, Brasiliasta ja Ruotsista
- Osallistujia vieläkin useammasta maasta
- Esitysmateriaalit saatavilla jäsenistölle jäsensivuilta
- Kuvassa osallistujia matkalla juhlaillalliselle.

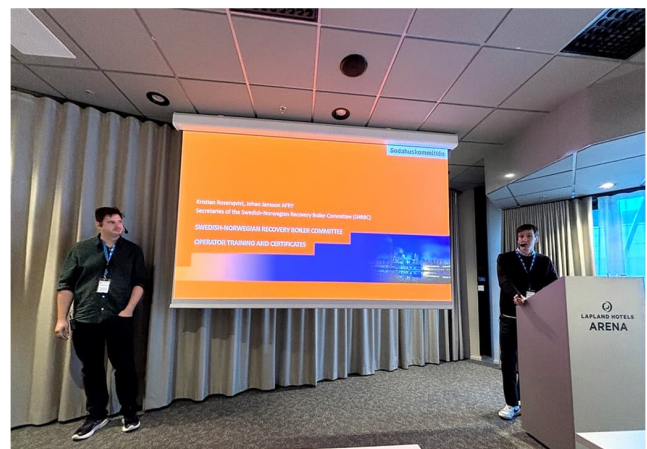


23.1.2025

Konemestaripäivä 2025

Soodakattilapäivät 2024

- 24.10.2024, Lapland Hotels Tampere
- Osallistujia oli 139 hlöä
- Saatiin paljon hyvää palautetta luentojen monipuolisuudesta
- Esitysmateriaalit saatavilla jäsenistölle jäsensivuilta
- Kuvassa SNRBC:n edustajat



23.1.2025

Konemestaripäivä 2025

Lisätietoa yhdistyksen sivuilta

Additional info on the FRBC website

<https://soodakattilayhdistys.fi/frbc-in-brief/>

Kysymykset:

sakari.vuorinen@afry.com

iiris.honkavaara@afry.com

sara.suur-hamari.@afry.com

elina.mikkonen@afry.com



23.1.2025

Konemestaripäivä 2025

Kiitos!

23.1.2025

Konemestaripäivä 2025

Photo ©Metsä Group

KEINOÄLYN KÄYTTÖNÄKYMÄT SOODAKATTILALLA

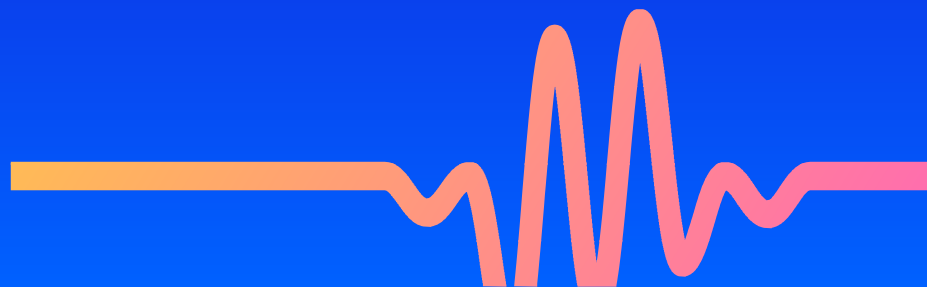
Mikko Kuusisto
Rotomate Oy

Development of AI and condition monitoring

Mikko Kuusisto

CEO, Rotomate

Konemestaripäivät 2025
23/01/2025



Agenda

01. Introduction

Rotomate briefly

02. Condition monitoring

Current working practices

03. AI in 2010's and condition monitoring

The promise and the failure of pattern recognition

04. AI in 2020's and condition monitoring

From pattern recognition to human-like analysis

05. Demo

Human-like vibration analysis performed by modern AI



01. Introduction

Rotomate briefly



Improving
industrial
information flow



Rotomate briefly

Founded in Spring 2024

Focuses on building AI tools to assist factories to gain real time view of their machine and facility health

Pilots with two industrial OEMs in Summer 2024

Soon launching the first version of the product for trial users



Dr. Jesse Miettinen, CTO

Pioneered AI in condition monitoring

Expertise: vibration, AI, signal processing

Ph.D. Mechanical Engineering, Aalto University



Mikko Kuusisto, CEO

Early employee at Swappie; key role in scaling the startup from first \$1M to \$220M revenue

Built data backbone; led teams building scalable optimization products

M.Sc. Industrial Engineering, Aalto university



02. Condition monitoring

Current working practices





Online measurements

For critical machines (incl. wireless and wired sensors)

Automatic alarms (thresholds)

Captures most of the failures

Many alarms do not require action (70%–90%)

RotoMate



Route measurements

For less critical machines

Monthly / quarterly measurements

Up to 50 000 measurement points annually

Most failures are captured

Measure x hours/days, analyse x hours/days

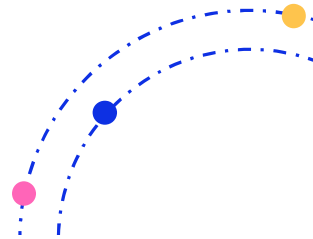


Other

Acceptance tests

Troubleshooting difficult vibration problems

Process monitoring



//

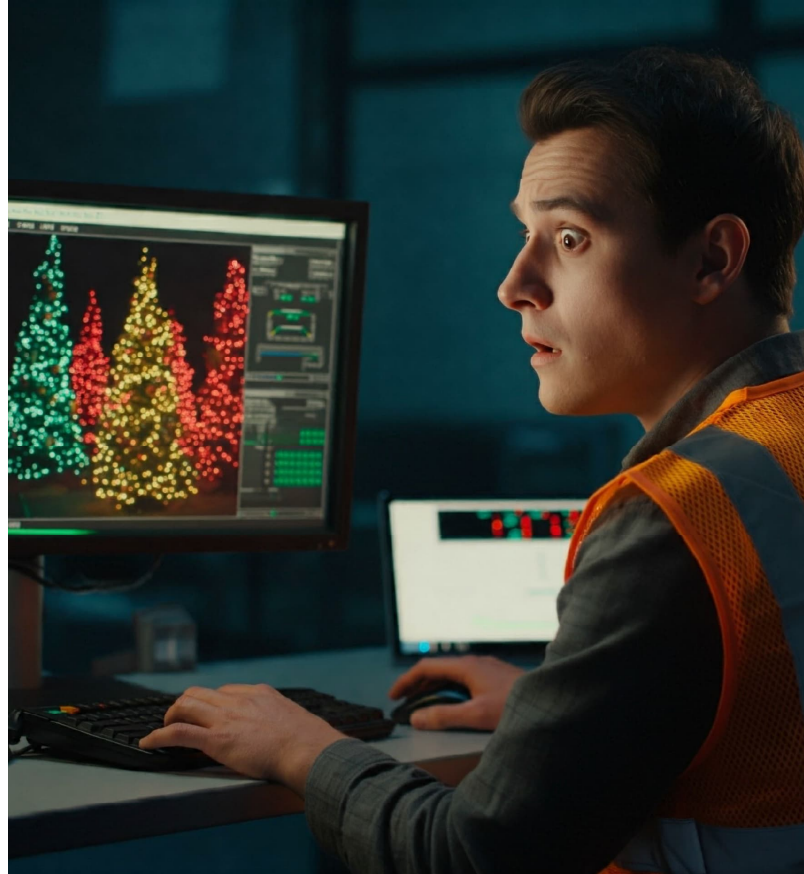
An experienced engineer can navigate all the systems and produce accurate condition assessments, fast.



RotoMate

In a less perfect world

Scarcity of experienced personnel
Alarm management issues
Multiple monitoring systems
Skepticism and decision-making pressure

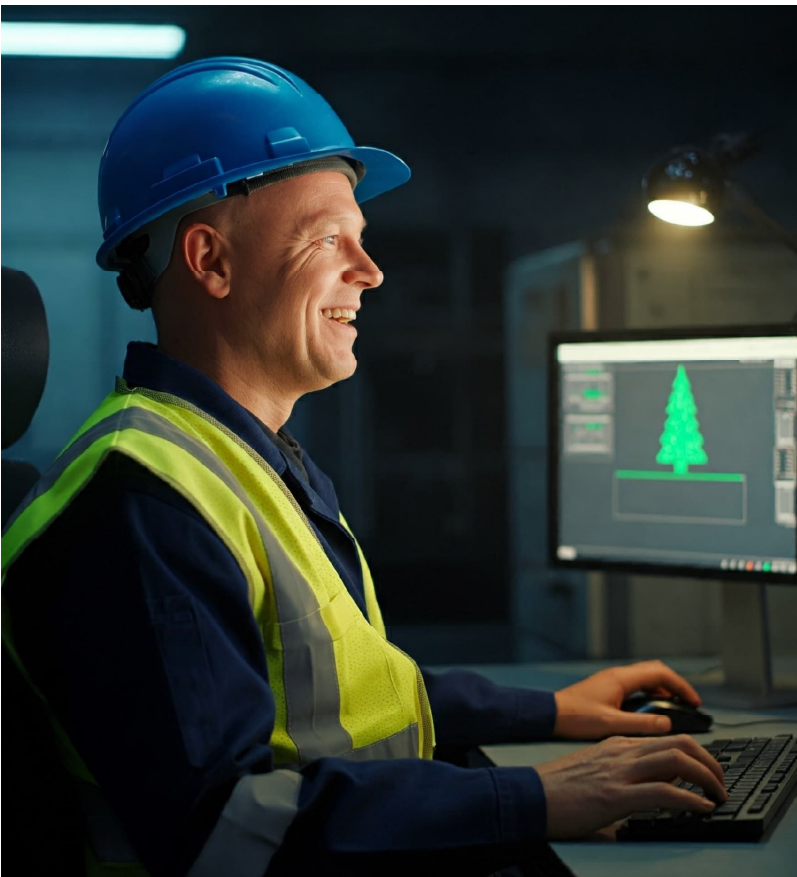


AI could help?

Less false alarms increases trust and engagement from all personnel

Faster analysis leaves more time for measurements and advance planning

Centralised knowledge as AI can utilise various data formats (e.g. vibration, process data, text and images) from different systems



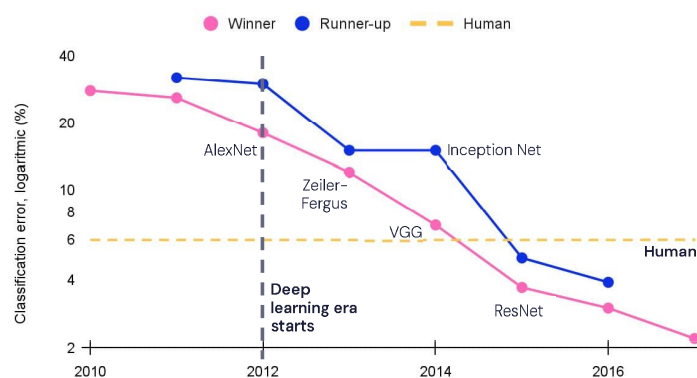
03. AI in 2010's and condition monitoring

The promise and the failure of
pattern recognition



AI for condition monitoring was largely inspired by the AI algorithms for image processing

Image recognition accuracy vs humans



Neural networks, deep learning and improved training algorithms kicked off new era of ML

Deep learning algorithms beat humans the first time in 2015

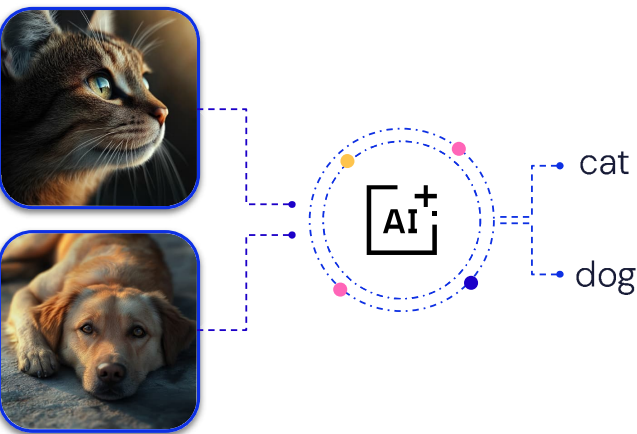
Models have continued improving and are currently better in object recognition than humans with a wide margin

Sources: (Alexander Ilin, ass.prof., 2019, Aalto Uni.,)

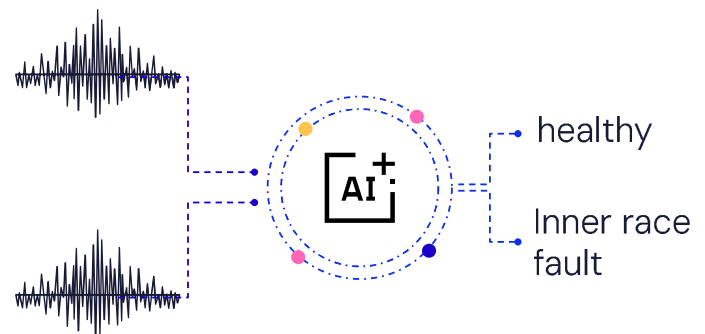


AI for condition monitoring was largely inspired by the AI algorithms for image processing

Image recognition AI

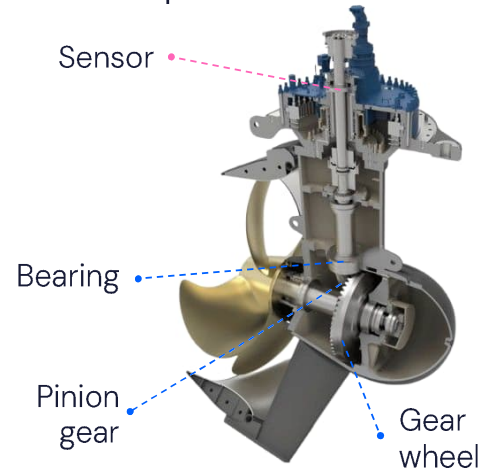


Condition monitoring AI



AI for condition monitoring was largely inspired by the AI algorithms for image processing

Test setup



Sources: (Miettinen, J. et al., 2022)

Best case accuracy

AI classified vibration samples with ~85% accuracy.

Predicted classes:
Healthy, bearing fault, gear fault

//

Poor performance when classifying vibration samples from a new thruster.



Learnings



Vibration patterns are difficult to learn for AI, because:

1. Textbook examples are rare
2. Operating conditions impact vibration (Speed, flow, temperature, load)
3. Machines are unique (manufacturing and assembly inaccuracies)
4. Failures are unique (severe pitting vs light wear, for example)
5. Sometimes different failures cause same symptoms
6. Large failure datasets are difficult to acquire



PSK 5707



//

Fault diagnostics includes various complicated stages and it should not proceed too straightforward from measurement results to a conclusion.



04. AI in 2020's and condition monitoring

From pattern recognition to
human-like analysis



Compared to 2010's AI, engineers are brilliant, since they can assess vibration from



Multiple measurement points

- Motor drive-end
- Motor non drive-end
- Pump bearing housing
- Horizontal, vertical and axial directions



Multiple views

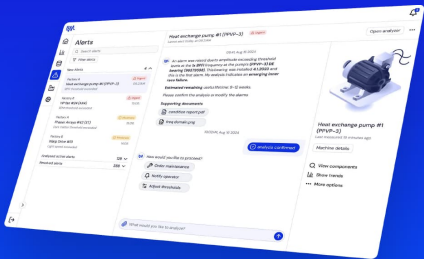
- Time domain
- Acceleration spectrum
- Velocity spectrum
- Envelope spectrum
- Waterfall



Context point-of-view

- Machine type
- Possible failure modes
- Trends
- Maintenance history
- Process state

Rotomate Assistant



The assistant mimics the engineer thought process:

01. Symptoms at harmonic frequencies
02. Symptoms at non-harmonic frequencies
03. Trace the symptoms to measurement points
04. Compare to historical records
05. Summarise likely failures



Meet Rotomate – Virtual assistant for condition monitoring (1/4)



1. Current systems produce an alarm
2. AI recognises and localises symptoms
3. AI considers machine and process specific information and creates initial evaluation
4. A prefilled condition report with key findings is provided for the engineer
5. Engineer can confirm the analysis, provide more information, or modify the analysis
6. After accepting the analysis, a maintenance order can be submitted

Alerts

Filter alerts

New Alerts 4

Factory A

Water Pump #2 (WP-2)

RMS threshold exceeded

09.21AM

Urgent

Factory B

HP fan #24 (HPF-24)

RMS threshold exceeded

15.08.

Urgent

Factory A

Pulper #1 (P-1)

RMS warning threshold exceeded

15.08.

Moderate

Factory B

Process Pump #3 (PP-3)

RMS warning threshold exceeded

14.08.

Moderate

Analysed active alerts 129

Resolved alerts 359

Water Pump #2 (PPVP-3)

Latest alert today at 09.21AM

09.21 Aug, 16th 2024

An alarm was raised due to amplitude exceeding RMS threshold levels at the Water Pump #2 motor drive-end (**WP-2 MOI DE** **DE bearing (96579598)**). This is the 2nd alarm.

My analysis indicates **either a soft foot or extremely severe misalignment** due to increased amplitude at the 2X harmonic.

Recommended action: Measure with higher line resolution, check motor bolt connections.

The report below includes a detailed analysis.

Please confirm or modify the analysis.

Report.pdf

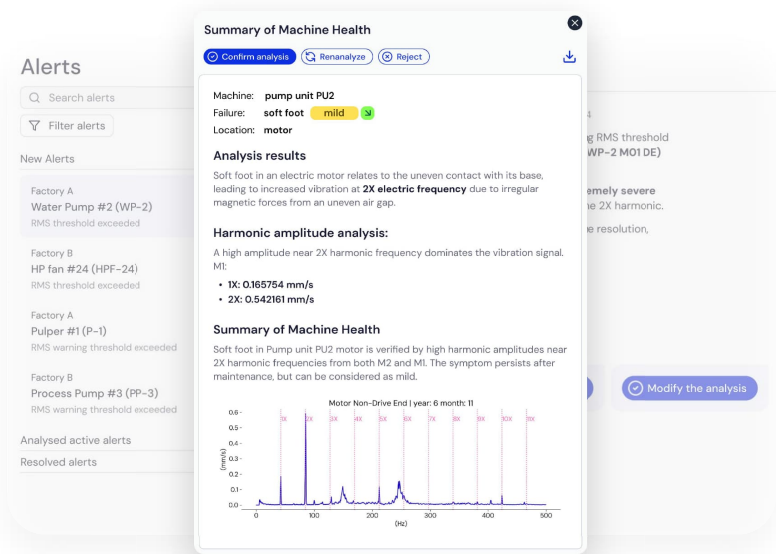
09.21, Aug 16 2024

Confirm analysis

Modify the analysis

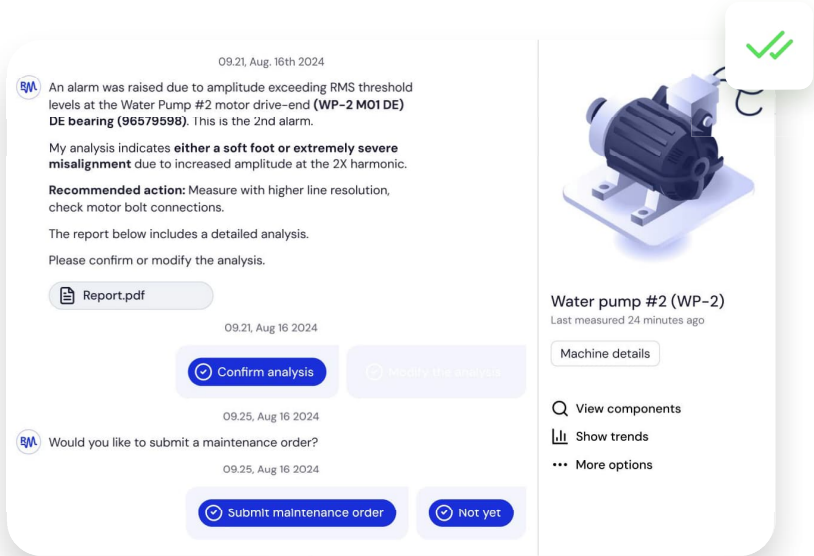


Meet Rotomate – Virtual assistant for condition monitoring (2/4)



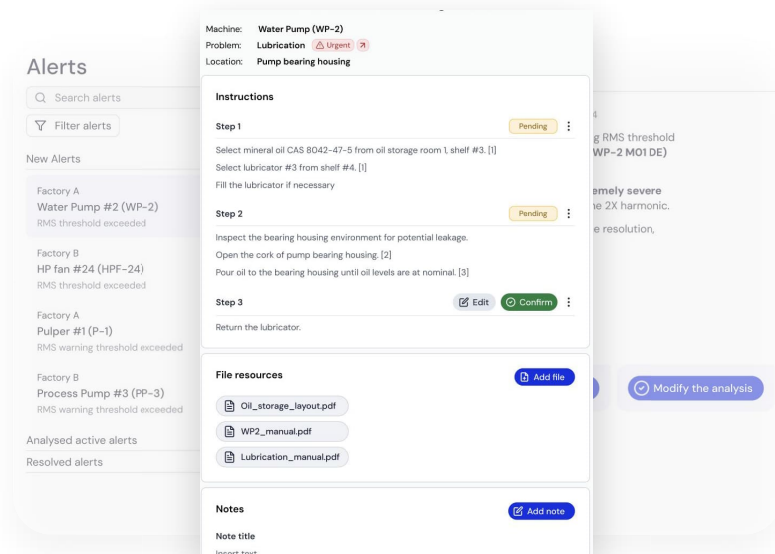
1. Current systems produce an alarm
2. AI recognises and localises symptoms
3. AI considers machine and process specific information and creates initial evaluation
4. A prefilled condition report with key findings is provided for the engineer
5. Engineer can confirm the analysis, provide more information, or modify the analysis
6. After accepting the analysis, a maintenance order can be submitted

Meet Rotomate – Virtual assistant for condition monitoring (3/4)



1. Current systems produce an alarm
2. AI recognises and localises symptoms
3. AI considers machine and process specific information and creates initial evaluation
4. A prefilled condition report with key findings is provided for the engineer
5. Engineer can confirm the analysis, provide more information, or modify the analysis
6. After accepting the analysis, a maintenance order can be submitted

Meet Rotomate – Virtual assistant for condition monitoring (4/4)



1. Current systems produce an alarm
2. AI recognises and localises symptoms
3. AI considers machine and process specific information and creates initial evaluation
4. A prefilled condition report with key findings is provided for the engineer
5. Engineer can confirm the analysis, provide more information, or modify the analysis
6. After accepting the analysis, a maintenance order can be submitted

05. Demo

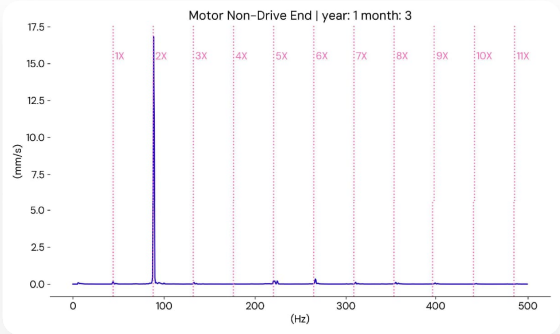
Human-like vibration analysis
performed by modern AI



Case example: Soft foot

Automated report

Velocity spectra from measurement points



Summary of Machine Health

Machine: pump unit PU2

Failure: motor problem Urgent

Location: motor

Symptom description:

Symptoms not verified.

Harmonic amplitude analysis:

A very high amplitude near 2X harmonic frequency dominates the vibration signal.

M2:

1X: 0.155644 mm/s

2X: 16.821039 mm/s

Location of symptom:

Severity-based measurement point ranking

1. Motor drive end - horizontal direction (M2) nearest

2. Motor non-drive end - horizontal direction (M1)

3. Pump motor end - horizontal direction (P3) furthest

Conclusion

Symptom in Pump unit PU2 motor is verified by high harmonic amplitudes near 2X harmonic frequencies from both M2 and M1. A number of motor related problems can exist, such as **soft foot**, **bent shaft** and **misalignment**. A new measurement with higher frequency resolution is recommended to separate amplitudes at 2X harmonic frequency and 2X electric frequency.

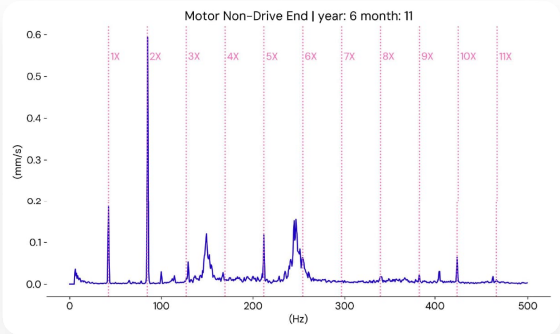
Motor Non-Drive End | year: 1 month: 3



Case example: Soft foot after maintenance

Automated report

Velocity spectra from measurement points



Summary of Machine Health

Machine: pump unit PU2

Failure: soft foot Mild

Location: motor

Symptom description:

Soft foot in an electric motor relates to the uneven contact with its base, leading to increased vibration at 2X electric frequency due to irregular magnetic forces from an uneven air gap.

Harmonic amplitude analysis:

A high amplitude near 2X harmonic frequency dominates the vibration signal.

M1:

1X: 0.165754 mm/s

2X: 0.542161 mm/s

Location of symptom:

Severity-based measurement point ranking

1. Motor non-drive end - horizontal direction (M2) nearest

2. Motor drive end - horizontal direction (M1)

3. Pump motor end - horizontal direction (P3) furthest

Conclusion

Soft foot in Pump unit PU2 motor is verified by high harmonic amplitudes near 2X harmonic frequencies from both M2 and M1. The symptom persists after maintenance, but can be considered as mild.

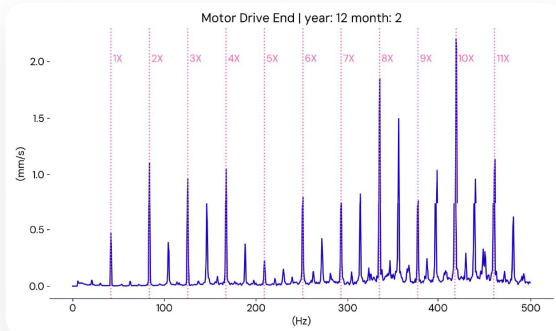
Motor Non-Drive End | year: 6 month: 11



Case example: Mechanical Looseness

Automated report

Velocity spectra from measurement points



Summary of Machine Health

Machine: pump unit PU2
Failure: **mechanical looseness** Urgent X
Location: motor or coupling

Mechanical looseness description:

A long string of rotating frequency harmonics at abnormally high amplitudes.

Note: These harmonics may be random and unorganised. For example, looseness may display peaks at 2x, 3x, 4x, 5x, 6x, etc., or at 3x, 5.5x, 4x, 5.3x, 6x, etc.

Harmonic amplitude analysis:

The following amplitudes are considered to exceed the 1X amplitude significantly

M2:

- 2X: 1.04348 mm/s
- 3X: 0.96896 mm/s
- 4X: 1.05208 mm/s
- 6X: 0.80333 mm/s
- 8X: 1.65033 mm/s
- 8.5X: 1.49464 mm/s
- 10X: 2.39606 mm/s
- 11X: 1.96012 mm/s

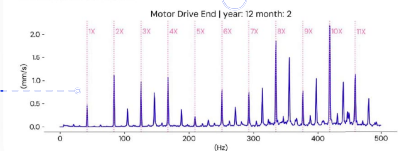
Location of symptom:

Severity-based measurement point ranking

1. Motor drive end - horizontal direction (M2) nearest
2. Motor non-drive end - horizontal direction (M1)
3. Pump motor end - horizontal direction (P3) furthest

Conclusion

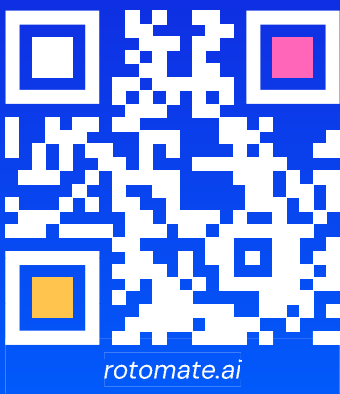
Mechanical looseness in Pump unit PU2 coupling is confirmed by high amplitudes especially at 8X and 10X harmonics. The issue appears closest to the motor drive end (M2) and requires immediate corrective action.



Mikko Kuusisto
CEO | Rotomate
mikko@rotomate.ai



For more info: join waitlist
and visit our website



Thank you

KATTILAITOSTEN VAARAN ARVIOINNIN UUDISTETTU OHJEISTUS

Johanna Soppela
Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes)

Kattilalaitosten vaaran arvioinnin uusi ohjeistus

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes)

Kattilalaitosten vaaran arviointi, taustaa

- Vaaran arvioinneissa paljon vaihtelua
- Entinen ohje vuodelta 2000 todettiin vanhentuneeksi
- Turvallisuusjohtamisen näkökulmaa ei ole erityisesti tuotu esille nykyisissä vaaran arvioinneissa
- Jaksottaista käytönvalvontaa (etävalvonta) ja kyberturvallisuutta ei ole huomioitu vanhassa ohjeistuksessa
 - Nykyinen lainsäädäntö ei anna tarkkoja raja-arvoja jaksottaiselle käytönvalvonnalle
- Ohje toteutettu Gaia Consulting Oy/Sweco toimesta, Tukes ohjausroolissa
 - Ohjausryhmässä mukana Energiateollisuus ry., Metsäteollisuus ry., Konepäällystöliitto ry., tarkastuslaitosten edustajia
- Ohjetta varten pidetty työpajoja toimijoiden kanssa, kenttähaastattelut, kv-benchmark



Mitä uutta?

- Terminologian selkeyttämistä
- Vaaranarviointi on riskinarviointia
- Uutena mukana kyberriskinarviointi
- Minimivaatimukset riskienarvioinnille, jaksottaisen käytönvalvonnan riskilisän huomioiminen
- TLJ-järjestelmän arviointi
- Turvallisuusjohtamisen korostaminen, koko organisaation yhteinen vastuu turvallisuudesta
- Yhteinen katselmointivaatimus, pyritään takamaan käytönvalvojan toimintaedellytykset
 - Vähintään kerran määräaikaistarkastusjakson aikana

Vaaran arvioinnin sisältö

- Oppaassa ohjeistetaan huomioimaan eri riskien vaikutukset kattilalaitoksen toimintaan
- Varautuminen häiriötilanteisiin ja riskeihin
 - Listaus mahdollisista tapahtumista oppaan liitteillä
- Hyödynnetään jo tehtyjä riskiarviointeja
 - Viittaus olemassa oleviin arviointeihin

Vaaran arvioinnin sisältö

Vaaranarvioinnissa tulee esittää seuraavat sisällöt:

1. Johdanto ja vaaranarvioinnin tarkoitus
2. Kattilalaitoksen kuvaus
3. Kattilalaitoksen ympäristön kuvaus
4. Vaaratilanteiden ehkäisemisen periaatteet
 1. Turvallisen toiminnan päämäärät
 2. Organisaatio ja toiminnan ohjaus
 3. Käytön ja kunnossapidon hallinta
 4. Räjähdyssuojaus
 5. Muutosten hallinta
 6. Turvallisuustilanteen seuranta
 7. Suunnittelu hätätilanteiden varalta
5. Laitoksen turva-automaatio ja sen vaatimustenmukaisuus
 1. Automaatiojärjestelmien yleiskuvaus
 2. Automaatiojärjestelmiin liittyvät sopimuksella sovitut kiinteät ja järjestelmään etäyhteydellä pääsevät kumppanuudet ja kumppaneiden keskeiset tehtävät
 3. Turva-automaatiojärjestelmien yleiskuvaus, keskeiset tehtävät ja tekninen toteutus
 4. Järjestelmille asetetut vaatimukset, ja vaatimusten täyttymisen varmistaminen.
6. Tietoturva- ja kyberriskien hallinta

7. Kattilalaitoksen riskinarviointi ja johtopäätökset

1. Riskinarvioinnin toteutus
2. Arvioinnin päivittämisen periaatteet
3. Jaksottaisen käytönvalvonnan riskilisiä
4. Tulokset
5. Riskienhallinnan kehityssuunnitelma

8. Yhteisen katselmoinnin periaatteet

9. Johtopäätökset ja allekirjoitukset

Liitteet laatijan harkinnan mukaan, esimerkiksi

- Prosessiriskinarviointi
- Riskienhallinnan kehittämissuunnitelma
- Turva-automaation vaatimustenmukaisuustarkastelu
- Käyttö- ja turva-automaation kyberriskinarviointi ja kyberturvallisuuden kehittämissuunnitelma.

Vaaran arvioinnin sisältö

- Itse laitoksen ja ympäristön kuvaus (uusi vaatimus)
- Laitoksen osalta:
 - Organisaatio
 - Laitoksella käytettävät kemikaalit
 - Liitynnät prosesseihin ja käyttökohteisiin
- Ympäristön kuvaus
 - Sijainti
 - Vaara-alueet (polttoainevarastot, kemikaalivarastot, heikot nurkat)
 - Jos osa muuta prosessilaitosta niin lähimmät toiminnot
 - Ympäristön infra (koulut, sairaalat, muu teollisuus, vaikeasti evakuoitavat kohteet)

Turva-automaatio

- IEC61511 mukainen turva-automaation toteutus
 - Vaaran arviossa tuodaan esille, miten standardin vaatimukset täyttyvät
 - Voidaan viitata standardin mukaiseen dokumentaatioon, vältetään saman asian tekeminen kahteen kertaan
- Ei-IEC61511 mukainen turva-automaatio
 - Vanhat laitokset
 - Vaaran arvioinnissa sovelletaan periaatetta, jonka mukaan aiemmin hyväksytyt järjestelmät kelpaavat
 - Tuotava esille mahdolliset suunnitelmat turva-automaation päivittämiseksi
 - Suurissa muutoksissa saatettava turva-automaatio standardin tasolle

Kyberturvallisuus

- Jos laitos NIS2/Kyberturvallisuuslain mukainen laitos niin viittaus näiden mukaan tehtyyn dokumentaatioon
 - Ei NIS2-mukainen laitos → kyberriskinarviointi automaatiolle ja turva-automaatiolle
 - Tarkempi ohjeistus ohjeen opastavassa osiossa
1. Kaikki reitit ja tavat, joita kautta laitoksen automaation tai turva-automaatioon voidaan vaikuttaa, mukaan lukien esimerkiksi fyysinen pääsy, automaation päivitysreitit ja -menettelyt ja tietoverkkoon auki olevat yhteydet.
 2. Kunkin reitin osalta aiheutettavissa olevat vaarat automaatiolle ja turva-automaatiolle sekä edelleen laitoksen painelaiteturvallisuudelle
 3. Suojaustoimet, joilla merkittäväksi arvioitujen reittien hyödyntäminen estetään
 4. Toimet, joilla mahdollinen kyberriskin realisoituminen havaitaan
 5. Toimet, joilla automaation turvallisuus pidetään ajan tasalla (esim. päivitykset, haavoittuvuusjulkistusten seuraaminen)
 6. Toimet, joilla henkilöstön kyberturvallisuusosaamista pidetään yllä ja kehitetään
 7. Toimet, joilla kyberturvallisuuden tasoa arvioidaan.

Jaksottainen käytönvalvonta (etävalvonta)

- Siirtyminen jaksottaiseen käytönvalvontaan edellyttää tarkastuslaitoksen tekemää muutostarkastusta
- Vaaran arvioinnissa arvioitava toiminnallisen ja teknisen turvallisuustason heikennyksen suuruus ja miten sitä voidaan kompensoida automaatiolla. Arvioitava, onko kasvanut riski hyväksyttävällä tasolla
- Varmennettu yhteys, miten suojattu (kyberriskit)

Jaksottainen käytönvalvonta (etävalvonta)

- **Jaksottaisen käytön valvonnan vaikutus turvallisuuteen**
- Arvioitaessa jaksottaisen käytönvalvonnan merkitystä turvallisuuden kannalta on arvioitava ainakin kahta kysymystä:
 - i) **Miten turvallisuustaso heikkenee verrattuna jatkuvaan käytönvalvontaan.**
 - Valvonnan ja kenttäkierrosten väheneminen antaa periaatteessa poikkeamille mahdollisuuden kehittyä huomaamatta vaaratilanteiksi ja mahdollisesti onnettomuuksiksi. Vaara- tai onnettomuustilanteessa vasteet voivat viivästyä
 - ii) **Miten etäohjauspaikan ja -yhteyden kyberturvallisuus järjestetään.** Ohjauspaikan järjestäminen kauas laitoksesta vaatii tietoliikennetähtäisyyttä, joka voi toimia kyberhyökkäyksen kohteena. Myös ohjauspaikka itsessään voi olla haavoittuvampi kuin laitoksella oleva ohjauspaikka.

Voimaantulo

- Lähtökohtaisesti vaaran arviointi tulee olla tehty uuden ohjeen mukaisesti ja se todennetaan seuraavassa määräaikaistarkastuksessa
- Vaatimus voi olla kohtuuton joillekin kohteille
 - Esim. määräaikaistarkastus tai uuden kattilan käyttöönotto heti alkuvuodesta 2025
 - Tukes on määritellyt siirtymäajan. Seuraavan määräaikaistarkastuksen yhteydessä tulee esittää suunnitelma tai arvio, koska vaaran arvio vastaa uutta ohjeistusta. Tämä koskee vuonna 2025 erääntyviä tarkastuksia
- Vuodesta 2026 lähtien vaaran arviot oltava uuden ohjeen mukaisia

Jatkotoimet

- Tukes seuraa vaaran arvioinnin kehitystä
- Palaute kentältä oleellisen tärkeää (omistajat/haltijat, käytönvalvojat, tarkastuslaitokset)
- Vaikuttavuuden arviointi ja ohjeen katselmointi vuoden 2026 aikana
 - Arviointia tehdään muun valvonnan ohessa jo vuonna 2025

tukes

NCG TURVALLISUUS – TURVALLISUUDELLA EI OLE HINTAA

Kirsi S. Hovikorpi
LUT-yliopisto / XAMK / AFRY Finland Oy



NCG turvallisuus - Turvallisuudella ei ole hintaa

Suomen Soodakattilayhdistys
Konemestaripäivät 2025
Scandic Imatran Valtionhotelli

Kirsi S. Hovikorpi



31

NCG turvallisuus – Turvallisuudella ei ole hintaa

- Tämä esitys pohjautuu
 - loppu metreillä olevaan tekniikan tohtorin väitöskirjaan,
 - Suomen Soodakattilayhdistyksen 21.12.2022 julkaisemaan Hajukaasujen polttosuositukseen 16A0913-E0031, rev C., sekä
 - 10.12.2028 tehtyyn NCG-järjestelmien turvallisuusauditointi, (syntyvät hajukaasumäärät ja koostumukset), tyypilliset onnettomuuteen johtavat syyt –prosessikonseptitarkastelut julkaistuun, Raportti 8/2018, 16A0913-E0191.

Henkilöturvallisuus

- On ymmärrettävä, että räjähdysraja-pitoisuudet eivät korreloi kuolemaan johtavan pitoisuuden kanssa.
- Tiedetään jo hyvin, että korkeat rikkivety-pitoisuudet (H_2S), 500 ppm, voivat olla tappavia, ja **tehtaan huoltohenkilöstön tulee aina ottaa tämä huomioon.** (Sarkanen ym. 1970). Tulee **koskea kaikkia tehdasalueella liikkuvia.**
- Metyylimerkaptani (MM, CH_3SH) on akuuteissa myrkytysoireissa hyvin samankaltainen kuin rikkivety. Keskushermosto voi olla halvaantunut, mikä voi aiheuttaa apneaa ja mahdollisesti kuoleman. Muita oireita ovat päänsärky ja pahoinvointi. Vaikutukset eivät yleensä ole pysyviä. (WestRock 2015)

Henkilöturvallisuus

- Tyypillisesti henkilökohtainen kaasumittari hälyttää H_2S -pitoisuudessa 5 ppm, jolloin alueelta tulee poistua. Aina mukana tehdasalueella liikuttaessa.
- Vuodon aiheuttaja tulee selvittää. Hajukaasut ovat tietyissä pitoisuuksissa myrkyllisiä ja ärsyttävät hengitysteitä ja limakalvoja. Turvalliseen poistumiseen alueelta tulee käyttää hengityssuojainta joka on varustettu vähintään B2-suotimella. Tarpeen vaatiessa, kuten vuotokohdan korjaamisen yhteydessä, tulee käyttää raitisilma- tai paineilmanaamaria.



Henkilöturvallisuus

- H_2S :
 - 50 - 100 ppm. ärsyttää silmiä ja hengitystiehyeitä, yskää ja päänsärkyä noin tunnin päästä altistumisesta.
 - 200 - 300 ppm. Voimakasta silmien ja hengitystiehyeiden ärsytystä tunnin päästä altistumisesta.
 - 500 - 700 ppm. Huimausta, päänsärkyä ja pahoinvointia 15 minuutin päästä altistumisesta.
 - Tajuttomuus ja hengityksen lamaantumista 30-60 minuutin päästä.
 - 700 - 900 ppm. Pikainen tajuttomuus (yksi hengenveto rikkivetyä) ja muutaman minuutin päästä hengityksen pysähtyminen.
 - 1000 - 2000 ppm. Hengitys lakkaa välittömästi.

Henkilöturvallisuus

- Esim. Mäntyöljylaitoksen höngät
 - H_2S muodostuminen suovan palstoituksen yhteydessä rikkihapolla (H_2SO_4) → pitoisuudet 3 000 ... 9 000 ppm, jopa 12 000 ppm.
 - H_2S -pitoisuudessa 1000 ... 2000 ppm → hengitys lakkaa välittömästi, ei pystytä elvyttämään enää.
 - Tarvitaan alkalipesuri hönkäkaasujen rikin pesuun ennen johtamista muualle DNCG keräilyyn. Pitoisuudet ennen alkalipesuria ovat tappavia, mutta ei räjähtäviä. Tehokkain alkali on NaOH, jolla saadaan yli 95% rikin talteenotto rikkivedystä.

KAASUN SYTTYMINEN JA RÄJÄHDYS

- Jotta ymmärrämme sellutehtaan NCG hajukaasujen syttymisen ja räjähdysten, on tärkeää ymmärtää niihin vaikuttavat tekijät ja niiden muodostumiseen vaikuttavat tekijät.
- Itsesyttymislämpötilojen tunteminen → Käytetään vain matalapaineista höyryä NCG-järjestelmissä, ei mahdollisteta itsesyttymislämpötilaa.
- Väkevien (CNCG) ja laimeiden (DNCG) kaasujen pitäminen turvallisella pitoisuusalueella kaikissa olosuhteissa on tärkein asia, jotta vältetään räjähtävän kaasuseoksen muodostuminen.
- CNCG yli UEL (ylempi räjähdysraja) ja DNCG alle LEL (alempi räjähdysraja).

KAASUN SYTTYMINEN JA RÄJÄHDYS

	yksikkö	Rikkivety	Metyyli- merkaptani	Dimetyyli- sulfidi	Dimetyyli- disulfidi	Tärpähti	Metanoli
Kaava		H ₂ S	CH ₃ SH	(CH ₃) ₂ SH	(CH ₃) ₂ S ₂	C ₁₀ H ₁₆	CH ₃ OH
Moolimassa	g/mol	34	48	62	94	132	32
LEL (alempi räjähdysraja)	%, v/v	4,3	3,9	2,2	1,1	0,8	5,5
UEL (ylempi räjähdysraja)	%, v/v	45,0	21,8	19,7	16,1	6,0	36,5
Itsesyttymis- lämpötila	°C	260	197	206	300	255	385
Kaasun tiheys	kg/m ³	1,19	1,66	2,14	3,24	4,7	1,11

Sula-vesi-räjähdys

- Kun yksi litra nestemäistä vettä haihdutetaan, muodostuu siitä 1673 litraa vesihöyryä.
- Nopean höyrystymisen aiheuttama iskuaalto voi vaurioittaa kattilaa ja aiheuttaa savukaasu-/vesi-/höyryvuodon kattilahuoneeseen. (FRBC 2023)
- NCG-putkistoon kondensoitunut nestemäinen vesi voi päätyä kattilaan ja aiheuttaa sulat-vesi-räjähdysen.
- Veden tulon estämiseksi DNCG ja liuotinsäiliön höngät lämmitetään riittävästi (yli 30 °C), jotta nestemäinen vesi on kattilaan mentäessä ainoastaan höyrymuodossa
- Kaikki NCG-linjat tulee rakentaa riittävillä lauhteenpoistojärjestelmillä ja kaadoilla. Lauhteenpoistolinjojen koko ja sijainnit tulee ottaa huomioon todellisessa lay-outissa ja putkistototeutuksessa.

Turvallisuuskohtia tarkasteltavaksi

- CNCG vs. DNCG
- Kaadot
- Maadoitukset ja potentiaalin tasaukset
- Riittävä lauhteiden poisto ja vesitystaskut
- Höyrylinjat
- Mustalipeän paisunta
- Seisakin aikaiset kunnossapito- ja tulityöt

Opittuja asioita – päivänselviä?

CNCG vs. DNCG

- Väkevät (CNCG) ja laimeat (DNCG) hajukaasut käsitteenä, ja että niin kaasu- kuin nestejakeina nämä pidettävä AINA erillään.
- CNCG keräily täysin suljetuista keräilykohteista, vuotoilma ei sallittua, tilavuusvirrat (Nm^3/s) pieniä vs. DNCG hajukaasut.
- CNCG hajukaasujen pitoisuudet (TRS, tärpätti, MeOH) ovat korkeita (kymmeniä ... satoja tuhansia ppm) vs. laimeat kaasut (n. nolla ... pari tuhatta ppm).
- DNCG keräily "ei-paineellisista", avoimista/osittain avoimista keräilykohteista, vuotoilma sallittua, tilavuusvirrat suuria vs. väkevät, mutta pitoisuudet (TRS, tärpätti, MeOH) alhaiset vs. väkevät.
- Erityisesti, laimeat hajukaasut voivat väkevoitua räjähdysalueelle, eivät ole tällöin vielä väkeviä hajukaasuja mutta pitoisuudet ovat yli LEL:n.

Opittuja asioita – päivänselviä?

Lyhenteitä:

NCG = non-condensable, lauhtumaton

CNCG = concentrated NCG, väkevät hajukaasut

DNCG = diluted NCG, laimeat hajukaasut

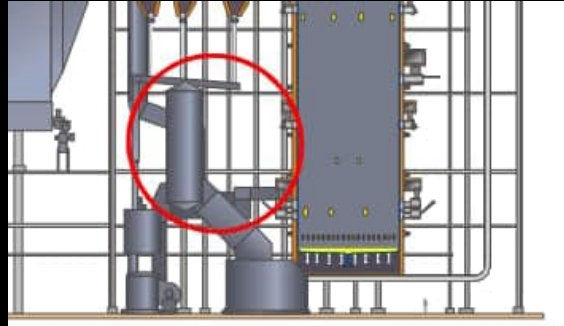
LVHC = low volume high concentrated, alhainen tilavuus korkea pitoisuus = CNCG

HVLC = high volume low concentrated, suuri tilavuus alhainen pitoisuus = DNCG

Opittuja asioita – päivänselviä?

Kaadot

Riittävästi kaatoa tehokkaaseen lauhteen poistoon. Kaasun ja lauhteen virtaussuunnat mieluiten samaan suuntaan, yritettävä välttää vastavirtaa.



Case Skoghall:

- Liuottajan hönkäpesurin pisaranerotinelementin pesuvedet kantautuivat soodakattilaan ja aiheutti sula-vesi-räjähdyksen soodakattilassa.
- Hönkäsystemin tasosijainti vs. ilma-aukkojen korko
- Puutteelliset vesitykset kanavistossa, vesityksiä ei saa yhdistää.

Opittuja asioita – päivänselviä?

Maadoitukset ja potentiaalin tasaukset

Oikein tehty ja kytketty, ja että kaikki potentiaalin tasauskaapelit on kytketty takaisin irrotuksen jälkeen (seisakkihuolto, uusi putkistoasennus).



Case SE Veitsiluoto:

- Työntekijöiden altistuminen hengenvaarallisesti CNCG hajukaasuille keräilyjärjestelmän putkistossa tapahtuneen räjähdysten jälkeisten murtolevyjen vaihtotöiden yhteydessä.



Opittuja asioita – päivänselviä?

Riittävä lauhteiden poisto ja vesitystaskut

- ovat oikeassa paikassa, oikein tehty (riittävän iso tasku) ja lauhteenpoistolinjat ovat riittävän suuria (minimi DN50) tehokkaaseen lauhteenpoistoon
- toimivat riittävän tehokkaasti erilaisissa prosessitilanteissa, varsinkin jos voi muodostua suuria lauhdemääriä.
- varustettu tarvittavilla pintakytkimillä tai –mittauksilla ja lauhteet johdetaan oikeaan paikkaan.
- järjestelmä on suunniteltu siten, että myös ympäröivän ympäristön lämpötilavaihtelut otettu huomioon (tarve saattolämmitykselle ja riittävälle prosessieristykselle)

Case Skoghall

Opittuja asioita – päivänselviä?

Höyrylinjat

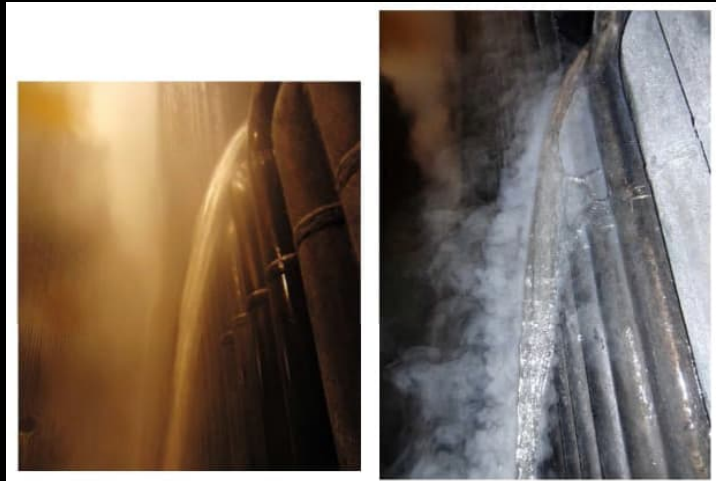
- höyryn oikeaoppinen otto päähöyrylinjasta CNCG polttojärjestelmään, erityisesti polttolinjan paineenpito höyry (paineensäätö, PIC).
- vältettävä väärän veden olomuodon käyttäminen paineensäätöön → höyry vs. höyrynlauhde.
- säännölliset tarkastukset ja poikkeamailmoitukset
- prosessin layout ja oikea prosessieristys
- oikeat instrumentit ja sijainnit itse höyrylinjassa osoittamaan höyryn ajopaineen ja ajolämpötilan CNCG polttojärjestelmään.

Case Södra Värö, SE Veitsiluoto Case Södra Värö, SE Veitsiluoto

Opittuja asioita – päivänselviä?

Case Södra Värö:

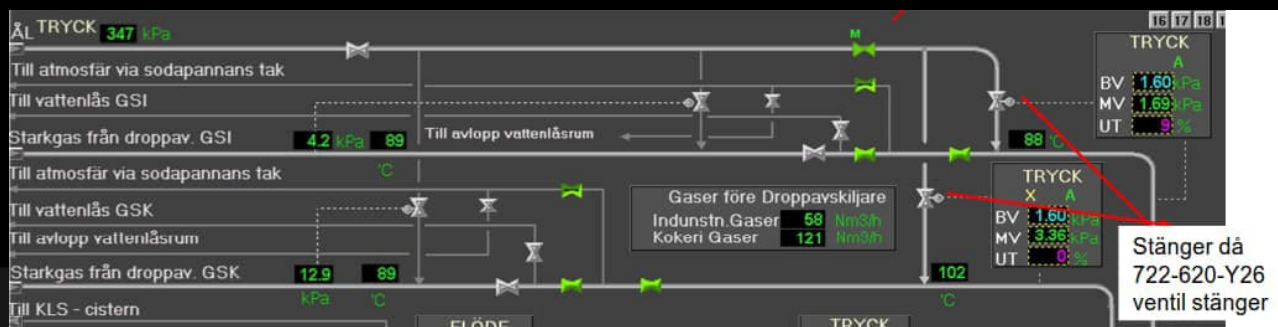
- SULA-VESI räjähdys soodakattilassa.
- Lauhdetta/syöttövettä matalapainehöyrylinjan kautta CNCG linjojen polttopään paineenpito höyrylinjoja pitkin soodakattilaan arviolta 40-50 l/min (1 litra → 1674 litraa höyryä).



Opittuja asioita – päivänselviä?

Case Södra Värö:

- CNCG linjojen paineenpito höyrylinjan pääsulkuventtiilin lukitus ei toiminut alentuneesta höyrylinjan paineesta.
- Soodakattilan CNCG polttimen ajossa tarvittiin tuolloin paineenpito höyryä, joka ei ollutkaan "höyry" faasissa vaan "neste" faasissa.



Opittuja asioita – päivänselviä?

Mustalipeän paisunta väärässä paikassa:

- Esim. haihduttamon vahvamustalipeäsäiliöt, jos säiliöön tulevan mustalipeän lämpötila on liian korkea (ei riittävää paisuntaa haihdutinyksikön paisunnassa, energiahäviöt) tapahtuu paisunta väärässä paikassa eli ilmakehänpaineisessa lipeäsäiliössä.
- Vahvamustalipeäsäiliö on DNCG keräilyssä → TRS-pitoisuudet voivat nousta yli LEL:n ja aiheuttaa räjähdysriskin.

Opittuja asioita – päivänselviä?

Keittimeltä tulevan mustalipeän paisuntahöngät

Case SE Sunila:

- Laimeiden hajukaasujen keräilyputkistossa tapahtunut räjähdys johdettaessa DNCG kaasut varapolttopaikalle soihduun.
- Laimeiden väkevöitymisen yli LEL:n johtui keittämön hakesiilolle johdettavasta paisuntahöyrystä, jossa on korkeat TRS pitoisuudet.
- Hakkeen pasutukseen tulisi käyttää vain ja ainoastaan tuorehöyryä ja tällöin hakesiilon höngät voidaan johdetaan ulos ilman erillistä käsittelyä ja DNCG keräilyyn ottamista. Ei enää keittimen mustalipeän paisunnan hönkiä hakesiiloon → Turvallisuusriski.



Opittuja asioita – päivänselviä?

Keittimeltä tulevan mustalipeän paisuntahöngät

Case MF Joutseno:

- Hakesiilolle johdettiin paisuntahöyryjä.
- Hakesiilolla oli häiriöitä, jolloin hönkien määrä ja pitoisuus nousivat voimakkaasti (TRS, tärpähti, metanoli), joka johti laimeiden hajukaasujen väkevöitymiseen yli LEL:n ja räjähdykseen soodakattilan tertiääri-ilmajärjestelmässä.
- Hakesiilon höngät kytkettiin pois laimeiden keräilystä.

Opittuja asioita – päivänselviä?

Seisakin aikaiset kunnossapito- ja tulityöt

Kuka kokonaisvaltaisesti vastaa tehtaalla:

- CNCG keräilystä, käsittelystä ja polttojärjestelmistä
- DNCG keräilystä, käsittelystä ja polttojärjestelmistä

Tärkeää ennen kunnossapito- ja tulitöiden aloitusta:

Huuhtelut, tuuletukset, tyhjennykset, kaasumittaukset ennen töiden aloitusta, lukot, tarkistuslistat jne.

NCG onnettomuuksia 2000-luvulla

- 2004 Sunila (hakesiilo → DNCG)
- 2004 Joutseno (hakesiilo → DNCG)
- 2005 Veracel (hakesiilo → DNCG)
- 2007 Veracel (paineellisen polttolipeäsäiliön paineistuminen)
- 2008 UPM Pietarsaari (paineellisen polttolipeäsäiliön kaasaus → DNCG)
- 2009 Botnia Uruguay (hakesiilo → DNCG erillispolttokattila)
- 2011 Södra Värö, Ruotsi (lauhdetta, kattilavettä → CNCG)
- 2014 SE Skoghall (vesi → liuottajan hönkäsystemi)
- 2016 SE Veitsiluoto (CNCG murtolevyräjähdykset)
- 2017 SE Imatra (ilma-kaasu-seos palo → huonosti tiivistetty putkilinja)
- 2017 PCA DeRidder Paper Mill, USA (likaislahdesäiliön räjähdys → vuosihoolto)
- 2023 Svetlogorsk, Belarus (ilma-kaasu-seos räjähdys → kunnossapidon tulityöt)
- 2024 MF Kemi (haihduttamo → kunnossapidon tulityöt)
- **Ja paljon raportoimattomia tapahtumia**
- Seuraava??? Milloin ??? Missä ??? MIKSI ???

KIITOS!

Kirsi S. Hovikorpi
Nuorempi tutkija, LUT

kirsi.hovikorpi@apricon.fi / Mob. +358 44 324 9004

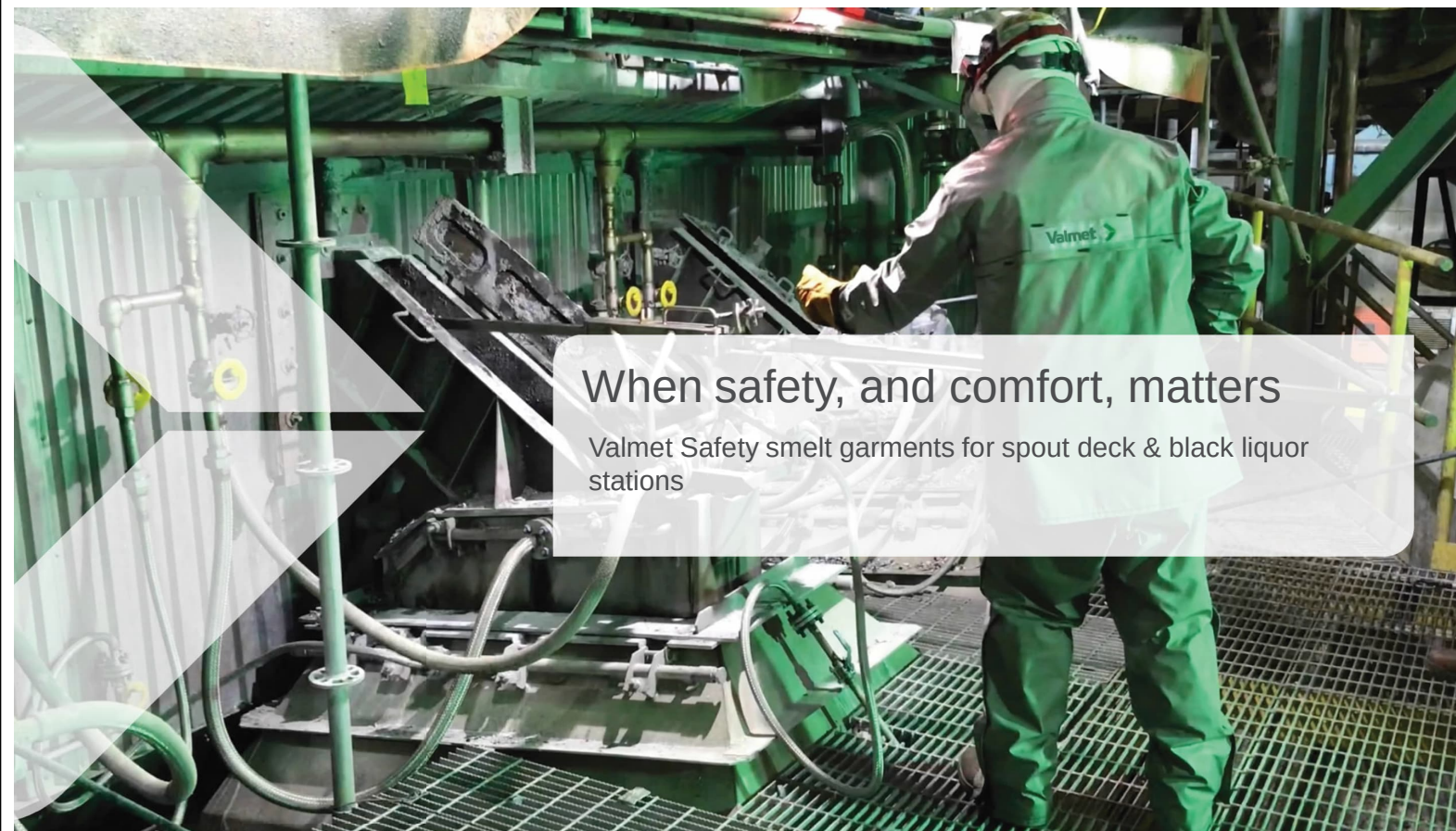
kirsi.hovikorpi@afry.com / Mob. +358 40 668 4304

kirsi.hovikorpi@xamk.fi / Mob. +358 50 452 4448



**SOODAKATTILAYMPÄRISTÖÖN KEHITETYT JA OPTIMOIDUT
HENKILÖSUOJAIMET (SULASUOJAPUKU)**

Jaakko Seppä
Valmet Technologies Oy



When safety, and comfort, matters

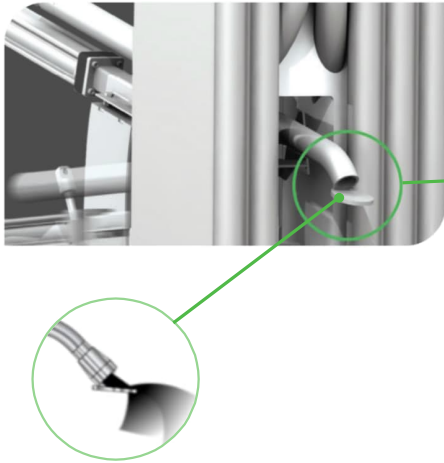
Valmet Safety smelt garments for spout deck & black liquor stations

Introduction

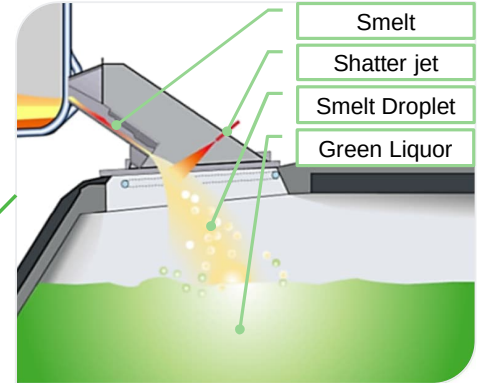
Introduction

Safety conditions at Black Liquor and Green Liquor Systems

Recovery Boiler Black Liquor Firing



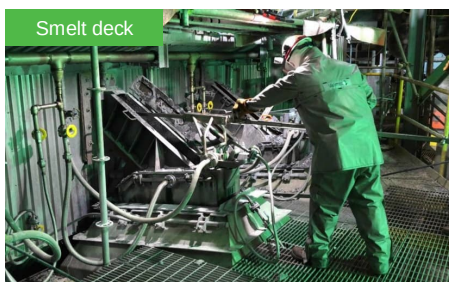
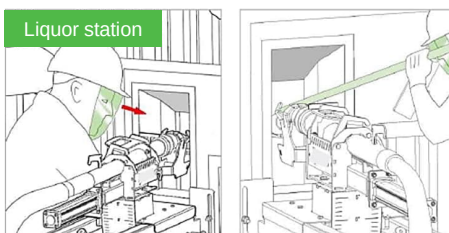
Spout System and Green Liquor Processing



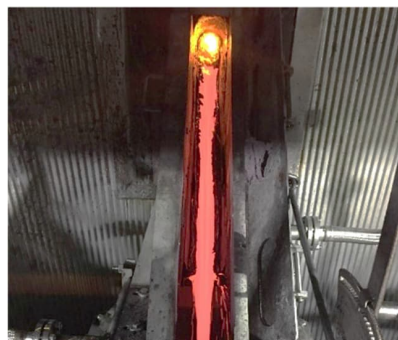
Less worry for daily duties in substantially hazardous areas

Protect the personnel from heat stress and from direct burn or corrosive injuries

Rodding, inspections, sample taking



Smelt deck



- Smelt is a mixture of Sodium carbonate and Sodium Sulfate operating at approx. 850°C discharging from the boiler reactor
- Considered the most dangerous area for operators. There is hot as well.
- Instability of the process or smallest content of moisture cause crackle spattering

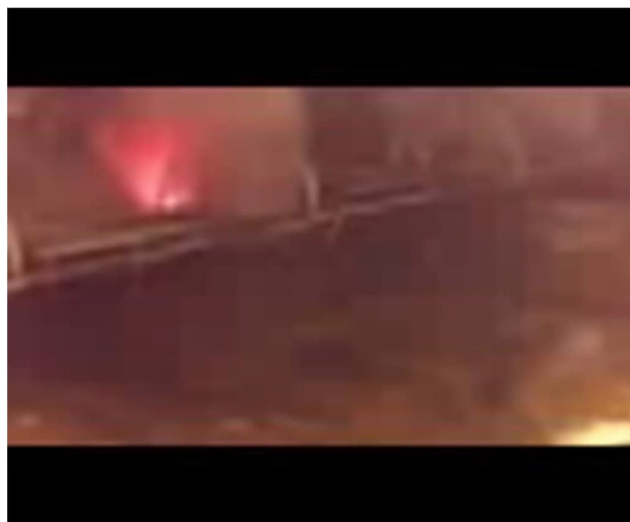
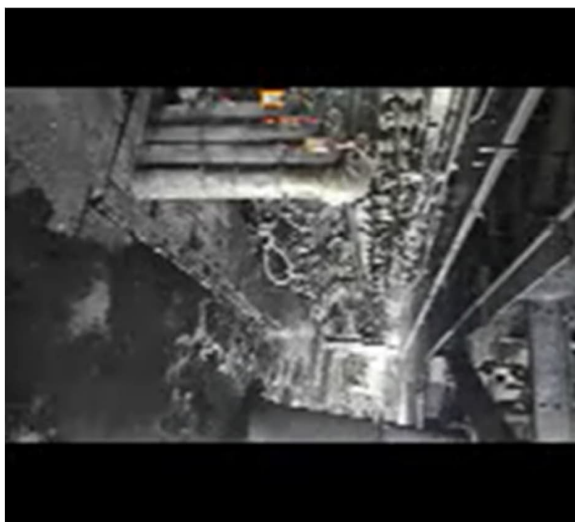
Black liquor firing station



- Liquor (black, white or green) is hot, corrosive liquid to splash and spatter
- Operators are also at risk of injury, working around the liquor guns or taking liquor samples.

Recovery Boiler Hazards

Very unusual but possible upset boiler conditions at smelt deck



Safety first

Valmet Smelt Protective Garments for multi-hazards

Smelt or liquor related injuries are no more a necessary evil

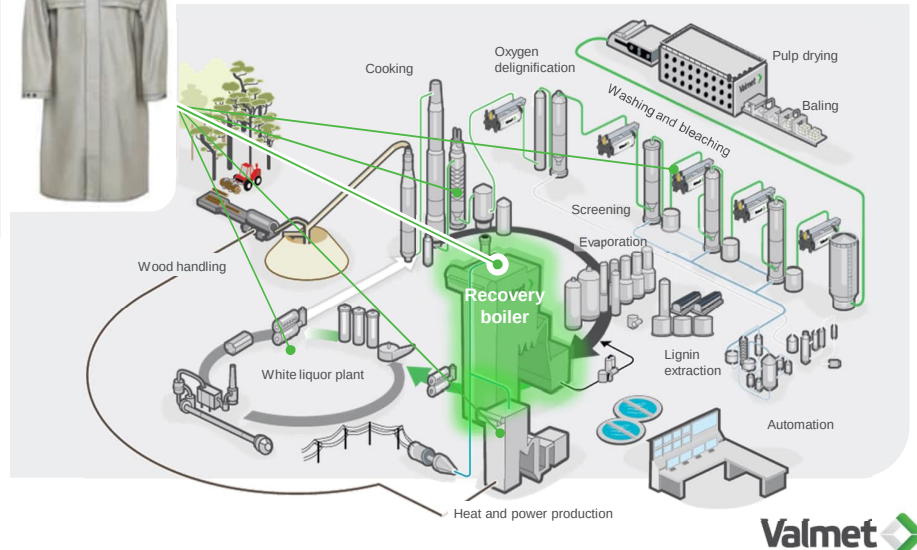
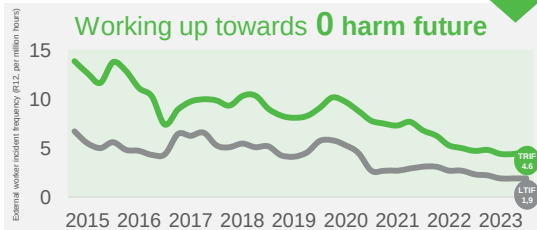
Garment history in brief



- Gore-Tex developed in cooperation with Valmet, associations and customers
- 2017 garment launched by Gore-Tex as Vulcan brand and later Valmet took over developments and distribution
- 4 major product upgrades applied by Valmet since



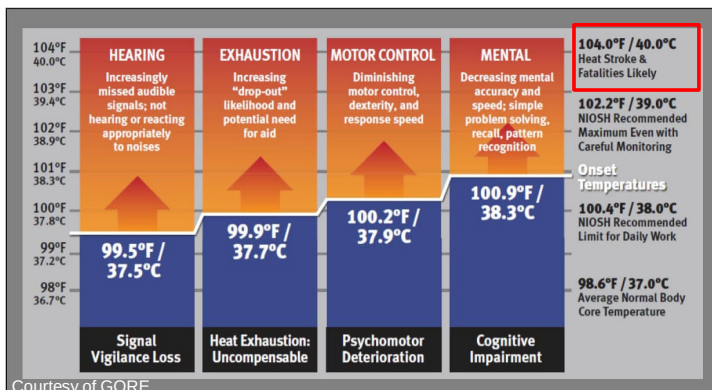
The new garment is specifically developed for recovery boiler workers to protect wearers against molten smelt and corrosive liquors while providing outstanding convenience. Works also for ash, lime and sand.



Background and target setting

Conditions for development analyzed in depth

- Customers had burns and corrosive injuries despite of the PPE used. PPE mis-match the use conditions
- Customers complain inconvenience, heat strain and productivity losses due to PPE → PPE not used !!



Safety targets

- Safe at the minimum one-time worst-case splash of smelt*
- Durable for counts of smaller smelt spatters
- Safe at hot corrosive liquor splash

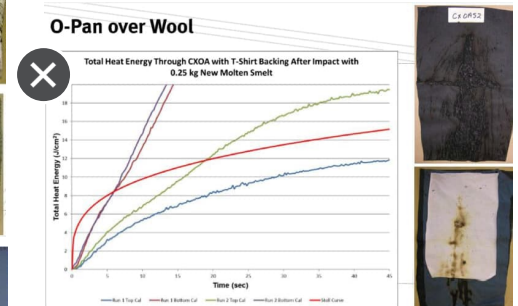
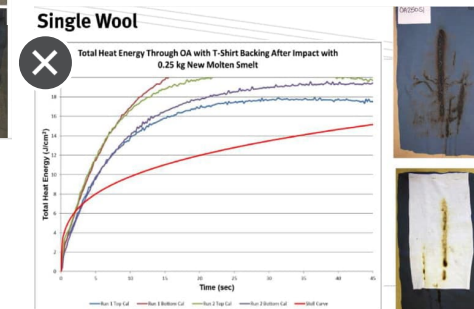
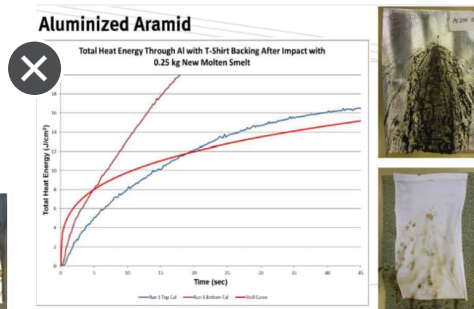
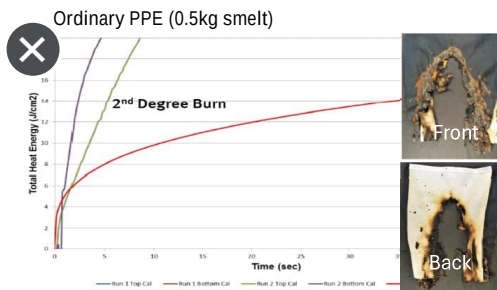
Health & comfort targets

- Heat strain mitigation to reduce health issues and heat strain related performance & comfort issues
- Only one layer of cotton under wear in beneath to be enough of insulation

* Hazard of intentional or continuous exposure to smelt excluded as irrelevant in daily operations

Reference test results examples of other used PPE materials (NA Market)

Available PPE used by customers or applied from another industry tested with smelt



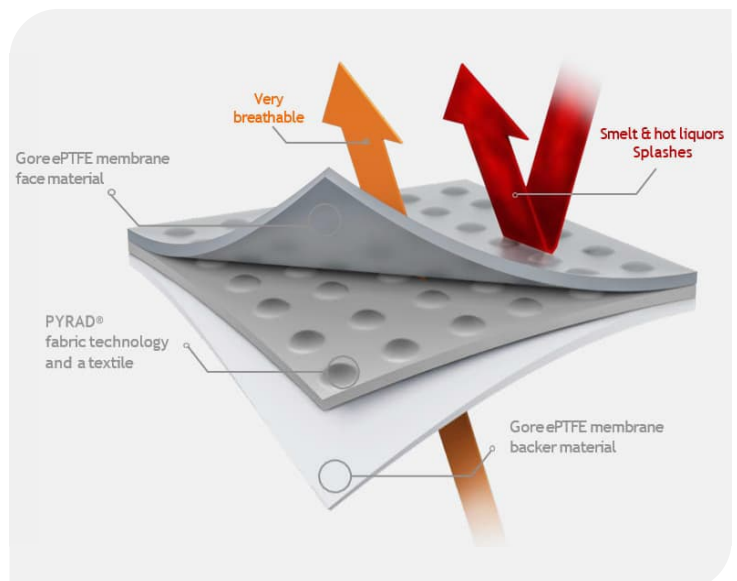
Summary

- Even if the other PPE endure smelt splash there is no integrated insulation → Heat transfer through the material cause burns
- Smelt enduring materials are inconvenient heavy and bulky

NEW material technology

Existing revolutionary technology by Gore further developed to meet the specifications

- Three-layer structure specially developed for black liquor and smelt.
 1. Smelt and liquor splash repelling outer layer made of Gore ePTFE membrane face material
 2. PYRAD® fabric technology and a textile middle layer activate for preventing heat transfer
 3. Another Gore ePTFE membrane backer material foil for securing splash proof
- Quick shedding feature to reduce heat contact area



Worst case smelt exposure protection

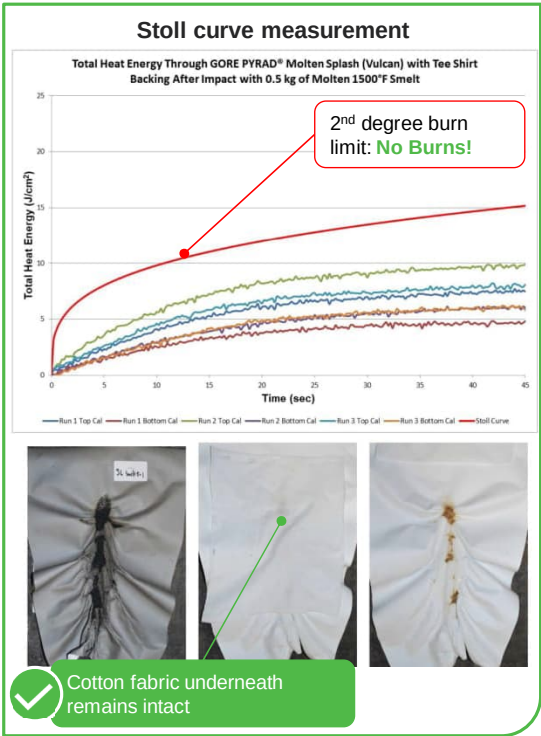
Verified by ASTM F955 - Molten Splash Test

Tests performed with 500g of Smelt at ~850°C by UAB*

- 1. Multilayer fabric, Valmet safety smelt garment is the only material to rapidly shed smelt
- 2. Valmet safety smelt garment chars & expands (up to 10x in volume) to thermally insulate and protect wearer

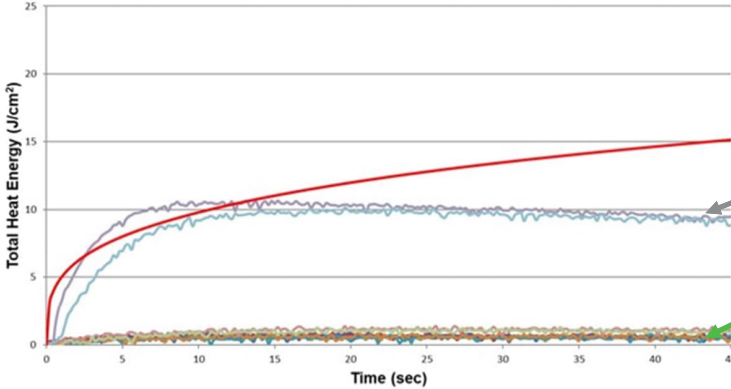
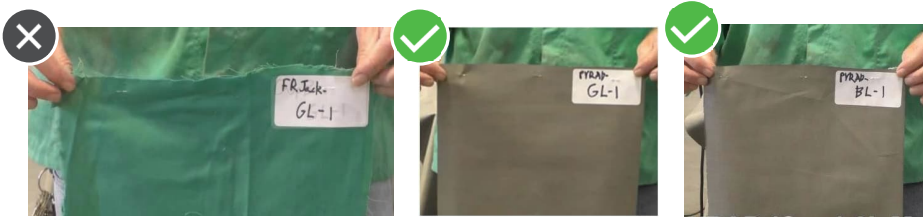


* UAB (The University of Alabama at Birmingham)



Liquor test by ASTM F955

Tested with 0,2kg 190°F (88°C) green and black liquor



- ✗ FR Green Fabric (Ordinary PPE)
- ✓ Valmet Smelt Protective Garments with PYRAD® fabric technology "quick shedding mechanism"

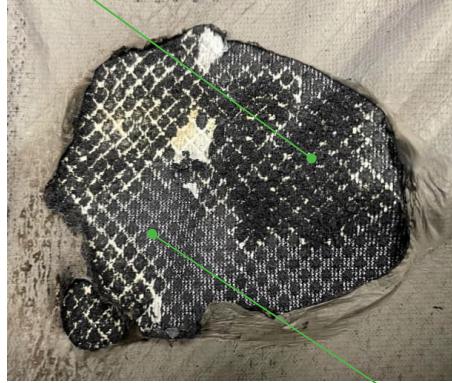


PPE prevent skin burns also with sticky smelt heat transmit

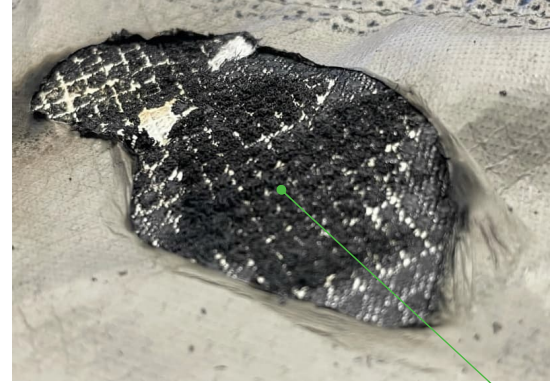
The secret is insulation by rapid 10x thickness expansion

- 'Flame Lighter Test' performed to showcase Pyrad® reaction
- Following exposure to extreme heat (flame) the middle Pyrad® layer rapidly expands up to 10X to thermally insulate the wearer

Pyrad® Exposed to Heat



Unreacted Pyrad®



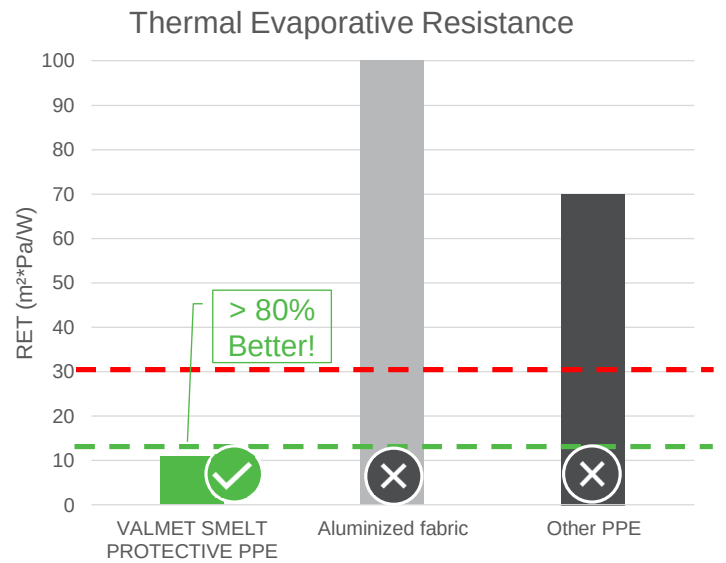
Pyrad® Expansion

Safety + Comfort = Health & Productivity

Valmet Smelt Protective Garments

The most breathable smelt protective PPE

- **Highly breathable** fabrics/garments keep the wearers dry from inside and comfortable while working in highly physical activities
 - Lower body core temperatures during periods of high intensity work
 - Less accumulation of sweat on the skin
- RET value measured with the Skin Model correlates directly with the wearer's skin wetness (comfort) or the garments (ISO 11092 / ASTM F1868)
 - A higher R value means higher hindrance leading to increased thermal burden and higher skin wetness
 - Above Ret 30 is un-comfort in any case
 - Below Ret 13 comfortable in moderate activity



Valmet Smelt Protective Garments

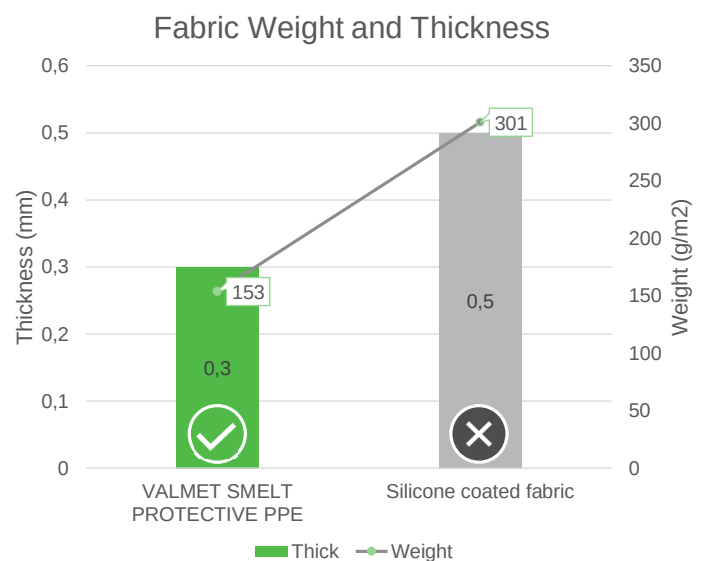
Lightest weight and thin smelt protection

Benefits

- **Up to 55% lighter**
- **60% thinner (less bulky)**

In comparison with PPE used today in P&P mills for smelt protection.

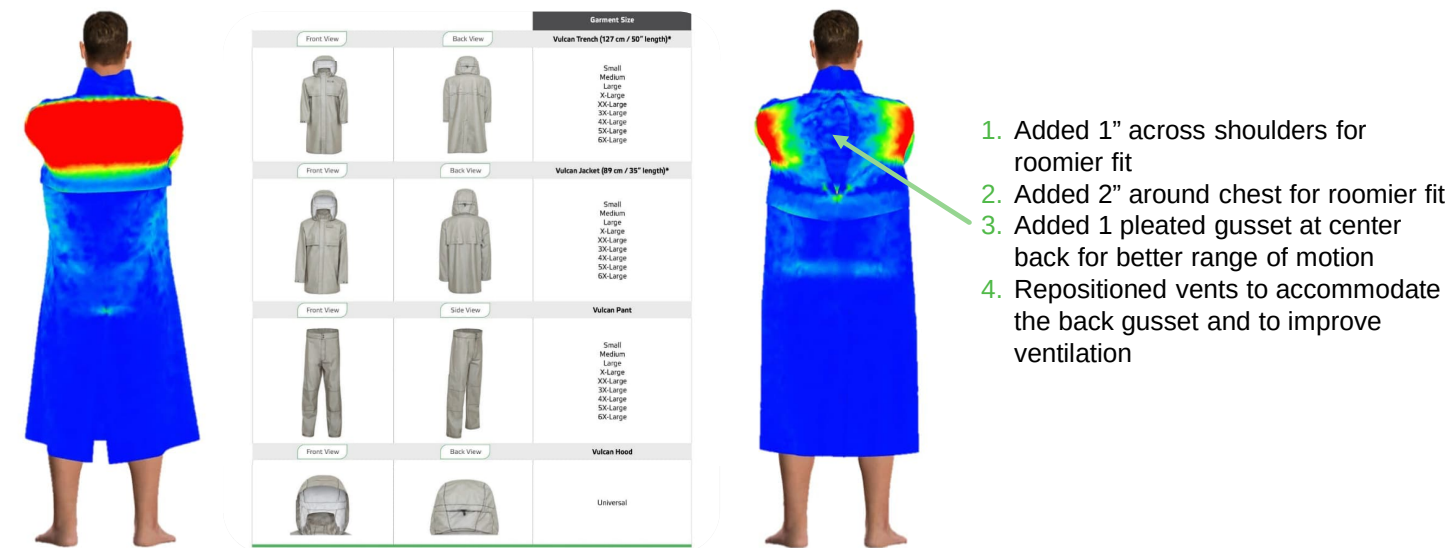
- Enables freedom of movement and light weight garments **reducing fatigue** and **increasing productivity**



Valmet Smelt Protective Garments

Paid attention to fit for all and improved moveability

- ORIGINAL Weft – Stress/Strain
- NEW Weft – Stress/Strain



Movement demonstration

Valmet Safety Smelt Garments

Summary



Valmet Smelt Protective Garments for multi-hazards



- ✓ Increase operator safety, less the fatigue
- ✓ Single garment for multiple mill threats
- ✓ High resistance to wear and tear
- ✓ Ensure strength and a long product lifetime



60% Thinner

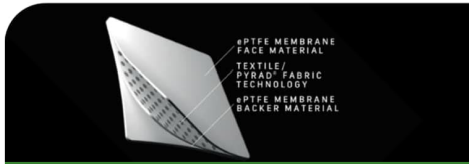
55% Lighter

80% Better Breathability

CE - PPE for P&E smelt & liquors



Key Features Summary



New Material Technology

- Three-layer structure specially developed for black liquor and smelt.
 1. Smelt and liquor splash repelling outer layer made of Gore ePTFE membrane face material
 2. PYRAD® fabric technology and a textile middle layer for preventing heat transfer
 3. Another Gore ePTFE membrane backer material foil for securing splash proof
- Quick shedding feature to reduce heat contact area



Thorough Tested and harmonized

- Tested per ASTM F955 for smelt and liquors.
- Tested per ASTM F1930 (PYROMANTM)
- California Prop 65
- ASTM D6413
 - Flame resistance of textiles
- ASTM F1868 / ISO 11092
 - Evaporative resistance (Ret) – Breathability
- CE marking, Compliant in EN ISO 11612:2015
 - A1 A2 B1 C1 D3 E5 F1
- OEKO-TEX® STANDARD 100
 - Annex 4 product class II certified



Safe, Convenient and Comfort

- Quick shedding and insulative charring feature to prevent burn
- Compared to other PPE used for smelt
 - Heat transfer J/cm2 by time before 2nd degree burn is unlimited
 - Material is Up to 55% lighter and 60% thinner compared to other PPE used for smelt
 - RET (m²*Pa/W) a.k.a breathability is only 11 which is very good and 80% better than e.g. aluminized fabrics
- Safety that won't wash away

Extra footage: Mill tests

Hard splash test / smelt repelling



Smelt spatter caught on



Caught on residues removed



Contact me for more information



MATALAPAINEHÖYRYN KÄYTTÄMINEN NUOHOUKSESSA

Pekka Virtanen
Clyde Industries Europe Oy

Matalapainehöyryn käyttäminen nuohouksessa.

Pekka Virtanen

Sales Manager

Soodakattilayhdistyksen Konemestaripäivät

23.1.2025

Alkusanat



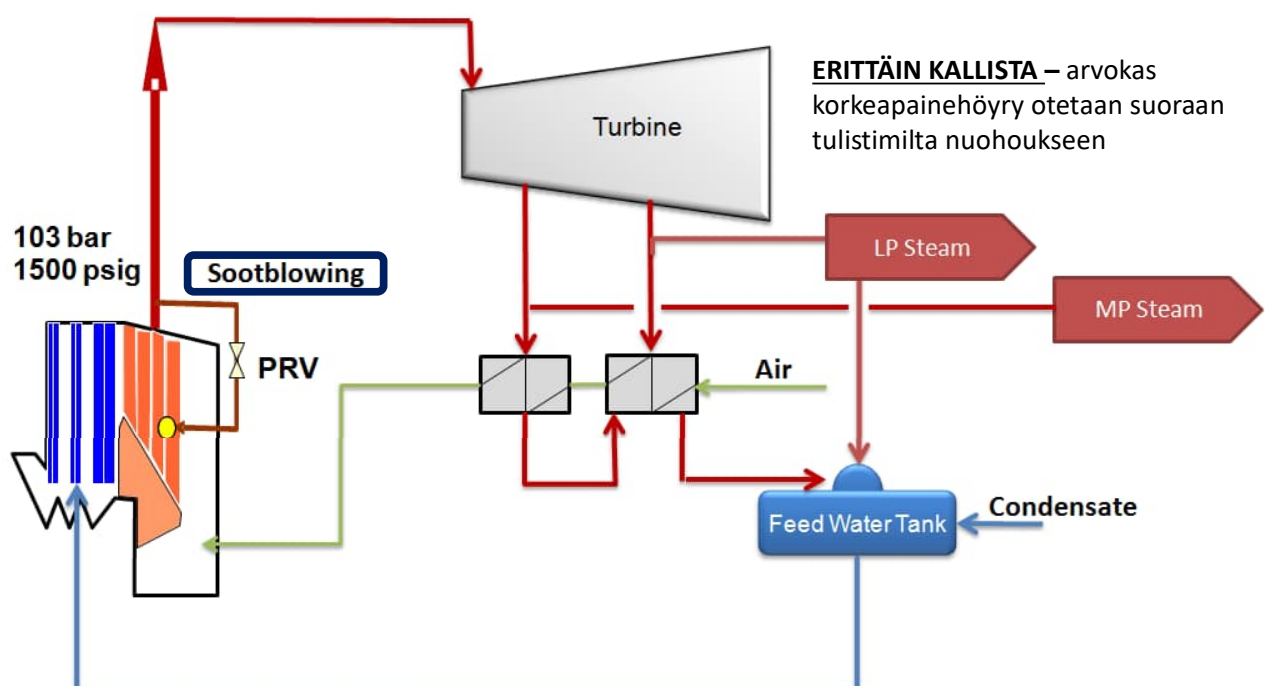
• **Paras saatavilla oleva ratkaisu: 9 – 14 bar -nuohous**

- 9 – 14 bar -matalapainenuohous mahdollistaa lisäenergian tuotannon.
 - Kalliimpi korkeapainehöyryjäe kannattaa käyttää turbiinissa, älä kuluta sitä nuohouksessa painehäviöihin.
 - 9-14 bar g -nuohoushöyry voidaan ottaa turbiinin toisesta välitotosta.
- Paras ROI: Uudessa soodakattilaprojektissa (tai turbiinin uusinnan yhteydessä) matalapainenuohous antaa parhaan sijoitetun pääoman tuoton investoinnille.

9 – 14 bar -nuohous - yleiskatsaus

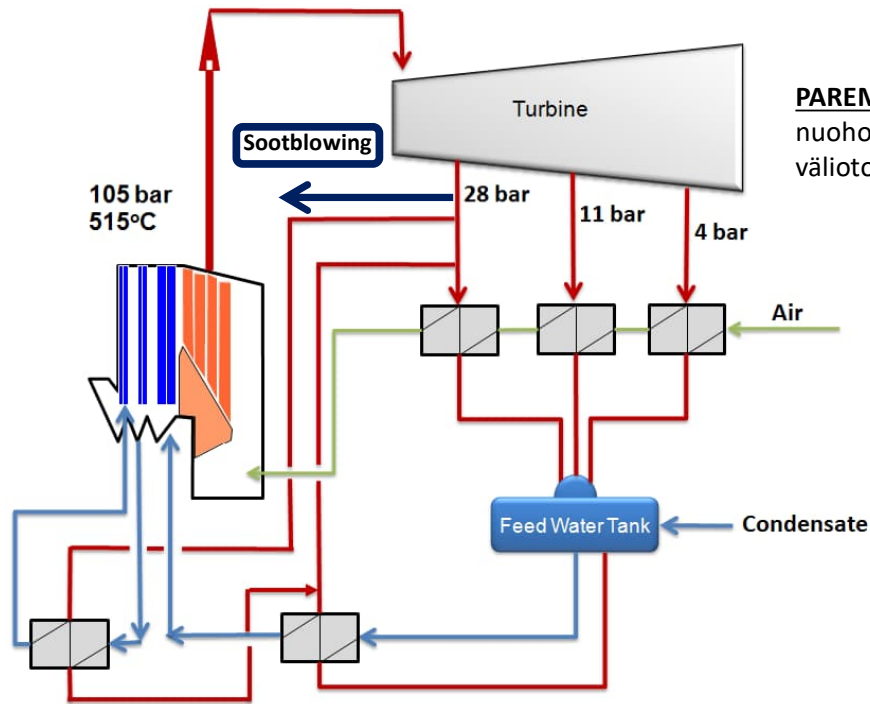
3

Vanha tekniikka: Nuohous 20+ vuotta sitten



4

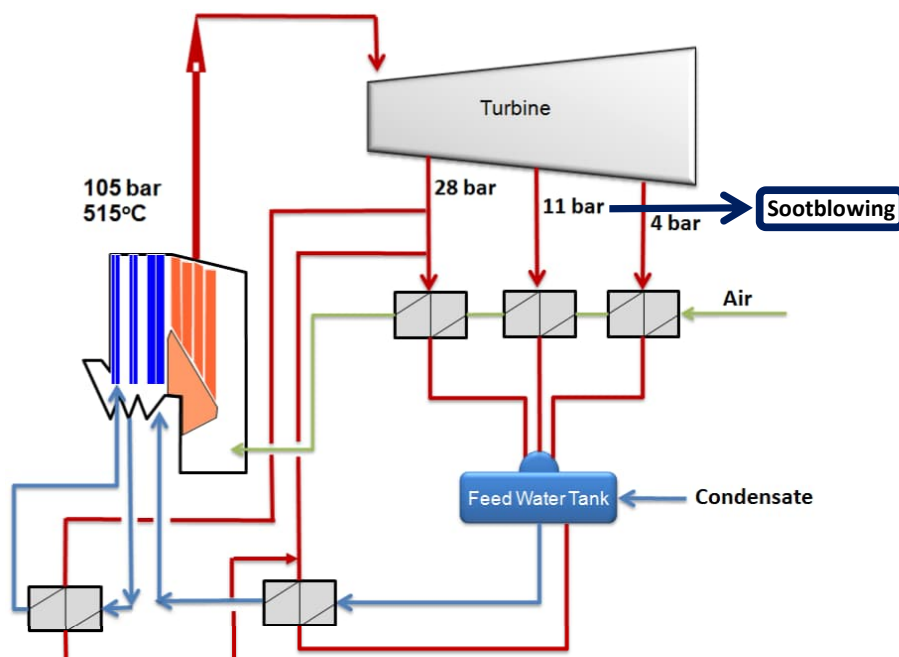
Tavanomainen nuohoustapa



PAREMPI, MUTTA EDELLEEN KALLIS –
nuohoushöyry otetaan turbiinin 28 bar g -
väliotosta.

5

Paras teknologia: 9 – 14 bar -nuohous



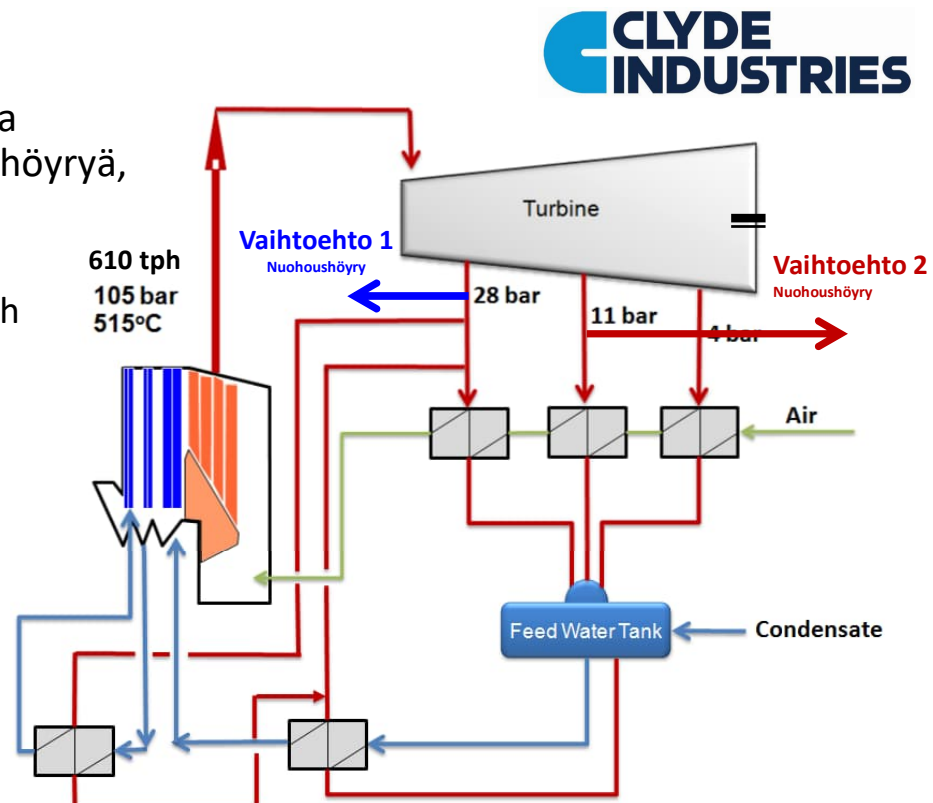
6

Taloudellinen analyysi: Nuohous käyttäen **28 bar (Vaihtoehto 1)** vs **11 bar (Vaihtoehto 2)**

7

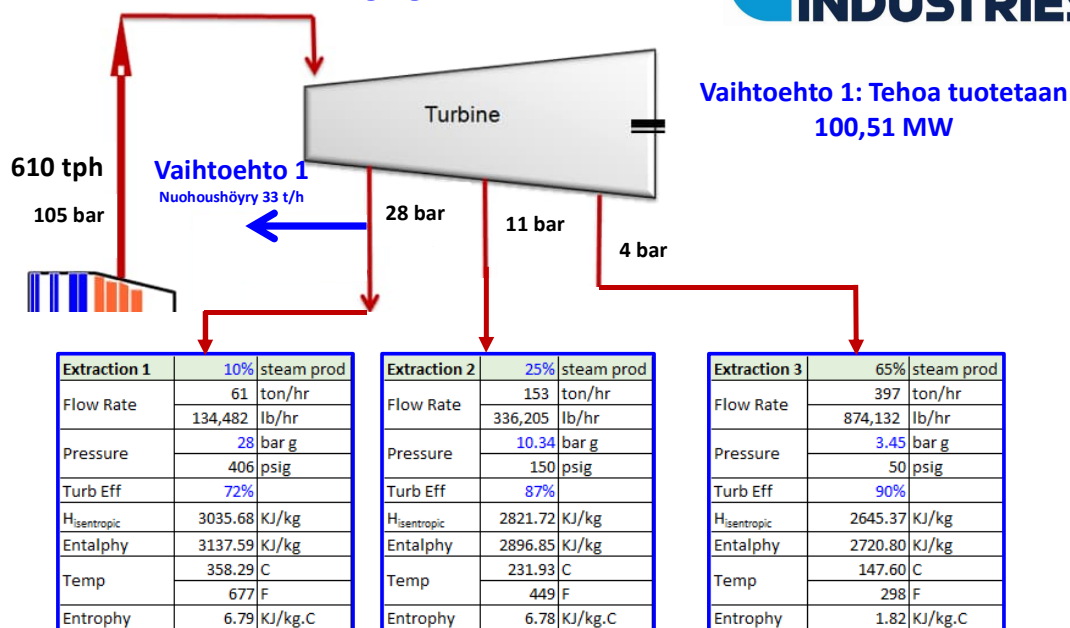
Oletukset

- 4000 ton/day BLDS -soodakattila tuottaa 610 ton/hr korkeapainehöyryä, arvioitu höyrynkulutus on:
 - 7,9 – 10,4 kg/s
 - Keskimäärin 9,15 kg/s = 33 t/h



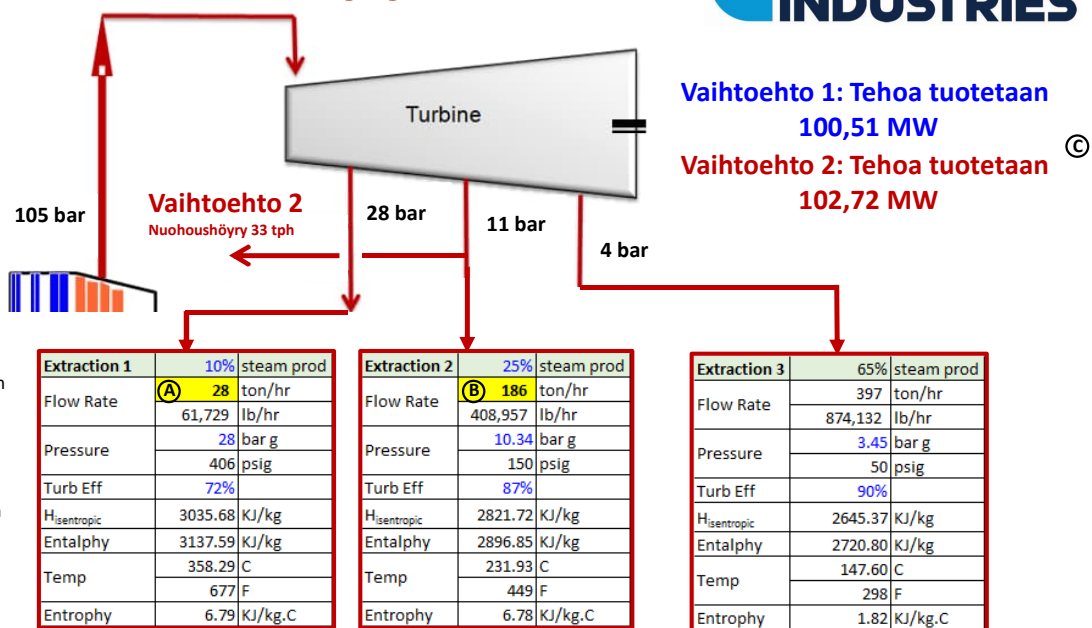
8

Vaihtoehto 1: 28 bar -nuohoushöyry



9

Vaihtoehto 2: 11 bar -nuohoushöyry



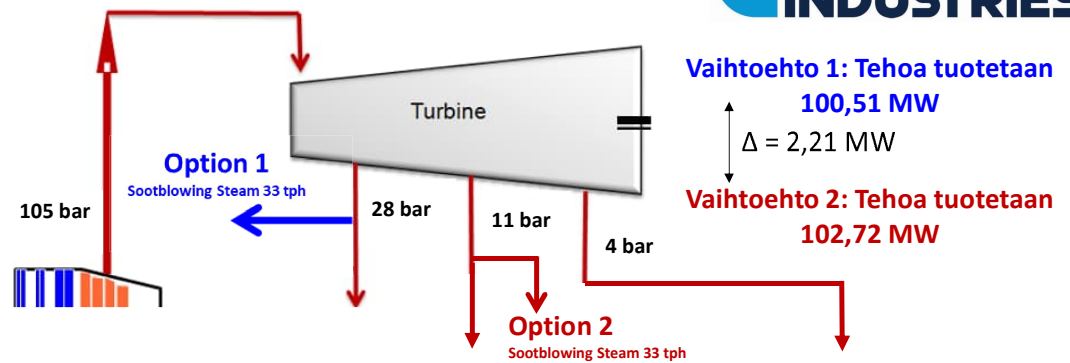
(A) 33 t/h vähemmän 28 bar höyryä, koska höyryä ei oteta ensimmäisestä väliotosta. Tämä 33 t/h otetaan vasta toisesta väliotosta (11 bar) nuohoukseen.
 61 t/h – 33 t/h = 28 t/h

(B) 33 t/h lisää 11 bar väliottoon. Tämä 33 t/h käytetään nuohoukseen.
 • 153 t/h + 33 t/h = 186 t/h

(C) 2.21 MW lisää tuotettua tehoa
 • 102,72 MW – 100,51 MW = 2,21 MW

10

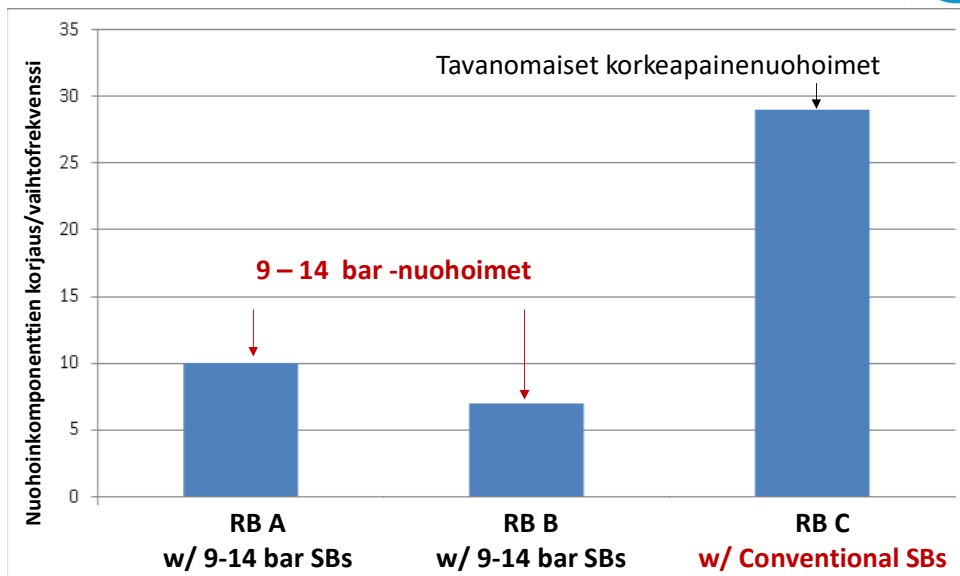
Taloudellinen vertailu



- **Vaihtoehdolla 2** tehdas voi tuottaa lisää 2,21 MW.
- Jos energian kustannus oletetaan tasolle €100 / MWh, vuosittainen säästö on noin 2M€ (oletuksena 355 vrk käyntimäärä vuodessa).

$$2,21 \text{ MW} \frac{\text{€}100}{\text{MWh}} 24 \text{ hr } 355 \text{ days} = \text{€}1,9 \text{ M/yr}$$

Lisähyöty: Alemmat kunnossapitokulut



- Olemme havainneet, että 9-14 bar –matalapainenuohoimilla komponenttien, jotka ovat höyryrajapinnassa (esim. poksitiivistet ja kulmaventtiili) huoltoväli on pidempi kuin vastaavissa tavanomaisissa korkeapainenuohoimissa. Tämä selittyy alemmilla käyttöpaineilla.

Puhdistuskykyvertailu
Nuohous käyttäen 28 bar (Vaihtoehto 1)
vs 11 bar (Vaihtoehto 2)

13

Nuohoinsuunnittelu: Perusperiaatteet

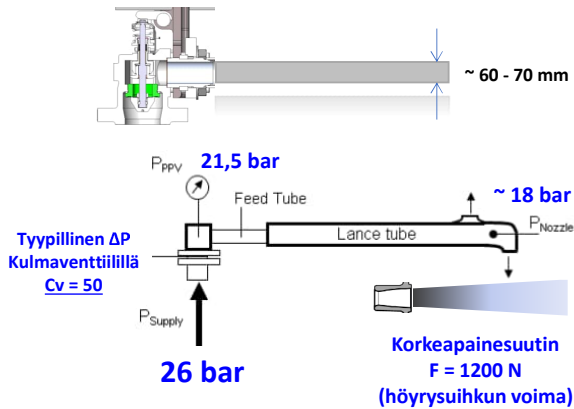
Pitoisuus	%Cl BLDS	% K BLDS	Tarvittava puhdistusvoima
Erittäin pieni	< 0,1	< 0,7	800 N
Pieni	0,1 – 0,3	0,7 – 1	900 N
Tyypillinen	0,3 – 0,7	1 – 2	1050 N
Korkea	0,7 – 2,5	2 – 4	1200 N
Erittäin korkea	> 2,5	>4	1500 N

- Nuohoin tulisi aina suunnitella pahimman mahdollisen skenaarion mukaisesti, jotta sillä on tarvittaessa kyky torjua hankalaa likaantumista.
- Clyde Industries suosittelee suunnittelemaan nuohoimet niin, että niillä on mahdollista nostaa puhdistusvoima 1200 N asti **mikäli kattilan olosuhteet muuttuvat jostain syystä erittäin likaaviksi.**

14

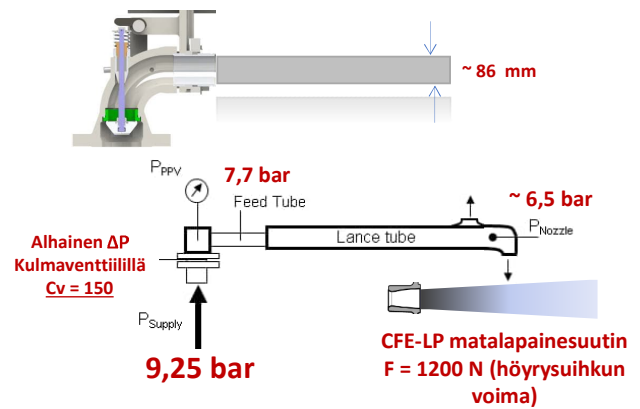
Vertailua

Tavanomaiset korkeapainenuohoimet



- Tarvitaan ~18 bar suuttimilla, jotta saavutetaan 1200 N voima höyrysuihkussa.
- C_v kulmaventtiili = 50. Näissä olosuhteissa $\Delta P = 4,5$ bar kulmaventtiilin yli.

9-14 bar g -nuohoimet

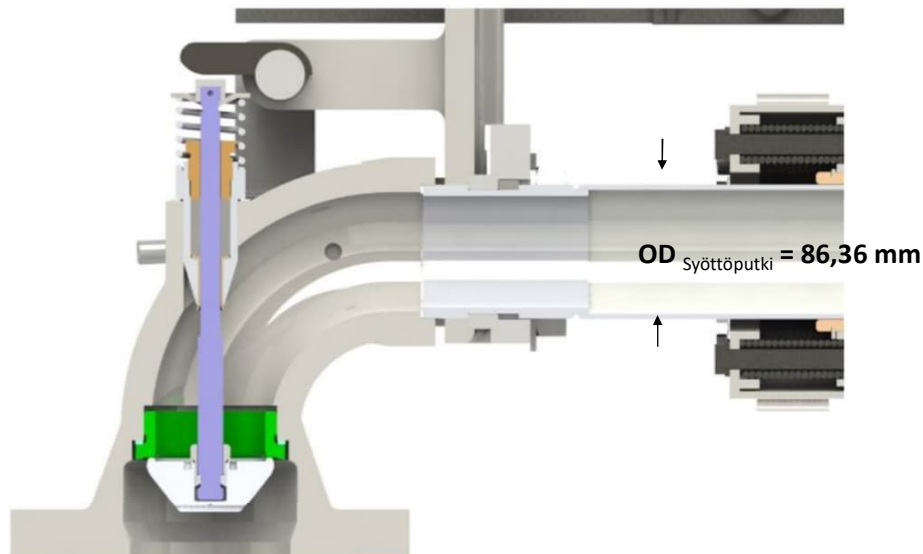


- Tarvitaan ~ 6,5 bar suuttimilla, jotta saavutetaan 1200 N voima höyrysuihkussa.
- C_v kulmaventtiili = 150. Näissä olosuhteissa $\Delta P = 1,55$ bar kulmaventtiilin yli.

15

9 – 14 bar -nuohoin: Kulmaventtiili

- 90° putkikäyrää muistuttava mahdollisimman esteetön kulmaventtiili minimoi paine-eron.



16

- 1. Clyde Industriesin matalapainenuohoin (9-14 bar) on parasta saatavilla olevaa tekniikkaa energian ja kulujen säästämiseksi.**
Todennettua ja toimivaa tekniikkaa yli 11 soodakattilassa ympäri maailman.
- 2. Uuteen soodakattilaprojektiin tämä tarjoaa parhaan sijoitetun pääoman tuoton (ROI, Return On Investment)**
 - Retrofit-projekteissa nuohouksen muuttaminen matalapainenuohoukseen voi olla vähemmän houkutteleva taloudellisesti, koska muutos vaatii nuohointen tai vähintään pääkomponenttien vaihdon, sekä mahdollisesti nuohoushöyryputkiston muuttamisen suurempaan kokoon. Uusissa kattiloissa näillä ei ole suurta kustannusvaikutusta.
- 3. Matalapainenuohoimella on merkittävästi pienemmät käyttökustannukset, mutta silti sama puhdistusteho kuin korkeapainenuohoimella.**

Julkaisut liittyen 9 – 14 bar nuohoukseen

- 1. TAPPI Engineering Conference 2005, Philadelphia, PA, USA**
 - ❖ “Mill trial on LP sootblower performance”
Contributors: [Clyde Bergemann](#), Univ of Toronto, Irving Pulp & Paper
- 2. International Chemical Recovery Conference (ICRC) 2007, Quebec City, QC, CANADA**
 - ❖ “Development of LP sootblowing technology”
Contributors: [Clyde Bergemann](#), Univ of Toronto, International Paper
- 3. TAPPI Engineering conference 2008, Portland, OR, USA**
 - ❖ “Full scale LP sootblowing system implementation”
Contributors: [Clyde Bergemann](#), Weyerhaeuser Company
- 4. TAPPI PEERS conference 2012, Savannah, GA, USA**
 - ❖ “10 – 14 bar Sootblowing – Principles, Current Installations, and Future Directions”
Contributors: [Clyde Bergemann](#), University of Toronto, International Paper
- 5. 8th Black Liquor Colloquium 2013, Brazil**
 - ❖ “Energy Efficiency & Cost Reduction by means of utilizing 9 – 14 bar sootblowing”
Contributors: [Clyde Bergemann](#), Andritz
- 6. International Chemical Recovery Conference (ICRC) 2014, Tampere, FINLAND**
 - ❖ Energy Saving & Cost Reduction through the use of 9 – 14 bar steam from turbine extraction for sootblowing: A Case Study
Contributors: [Clyde Bergemann](#), Andritz

9-14 bar -matalapainenuohousreferenssit



Sellutehdas	# nuohoimet	ton/day BLDS	Remark
International Paper, Valliant, OK, USA	88	2,860	New RB
International Paper, Campti, LA, USA	88	2,724	New RB
PCA Valdosta, GA, USA	76	1,589	New RB
Eldorado, Brazil***	116	6,810	New RB
Suzano Maranhão, Brazil***	120	7,000	New RB
ITC, India	29	450	Retrofit
CMPC Guaiba, Brazil***	124	7,000	New RB
Heinzel Zellstoff Pöls, Austria	86	2,270	New RB
International Paper Portwentworth, GA	68	2,315	Retrofit
Nine Dragon ShengYang	54	700	New RB
New Project in Canada to be delivered in 2026	98	3800	New RB

***In these installations, the sootblowing steam does not come from 9-14 bar medium turbine extraction. Instead, it comes from a more expensive 28 bar steam header where the steam pressure is reduced to 9 – 14 bar with a Pressure Reducing Valve (PRV) before the steam is supplied to the sootblowers. It has no economical benefit (i.e., additional MW generation). However, it gives the pulp mills an easy conversion / opportunity to utilize 9-14 bar g less expensive steam in the future

19



Kiitos! Kysymyksiä?

20

**MÖKÄÄ ILMASSA, KAIKENKATTAVAA TIETOUTTA
SOODAKATTILOIDEN MELUSTA**

Arttu Ruhanen
ANDRITZ Oy



MÖKÄÄ ILMASSA, KAIKENKATTAVAA TIETOUTTA SOODAKATTILOIDEN MELUSTA

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY, KONEMESTARIPÄIVÄ 2025

23.1.2025, ARTTU RUHANEN, ACOUSTIC ENGINEER

ANDRITZ

SISÄLTÖ



01 MITÄS SE MELU ONKAAN?

02 MELURAJAT TYÖPAIKALLA JA
YMPÄRISTÖSSÄ

03 SELVITYSMENETELMÄT

04 SOODAKATTILA MELULÄHTENÄ

05 CASE-ESIMERKKEJÄ

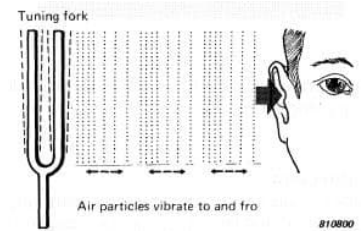
06 TULEVAISUUDEN NÄKymiÄ

01 MITÄS SE MELU ONKAAN?



Mitä melu on?

- Melu on ääntä, joka aiheuttaa terveys- tai viihtyvyshaittaa tai on epämiellyttävä
- Ääni on paineen vaihtelua (ilmassa, vedessä tai muussa väliaineessa) suhteessa staattiseen paineeseen



Lähde: Noise Control, 1986

Miksi melu kiinnostaa?

- Terveys- ja viihtyvyshaitta työpaikalla ja ympäristössä
- Lainsäädännön kehitys ja tiukentuminen sekä ympäristöluvitus eri puolilla maailmaa
- Selvityksiä vaaditaan etukäteispainotteisesti eikä vasta ongelmien ilmaannuttua

3 MÖKÄÄ ILMASSA, KAIKENKATTAVAA TIETOUTTA SOODAKATTILOIDEN MELUSTA / 23.1.2025, A.RUHANEN / ©ANDRITZ

01 MITÄS SE MELU ONKAAN?

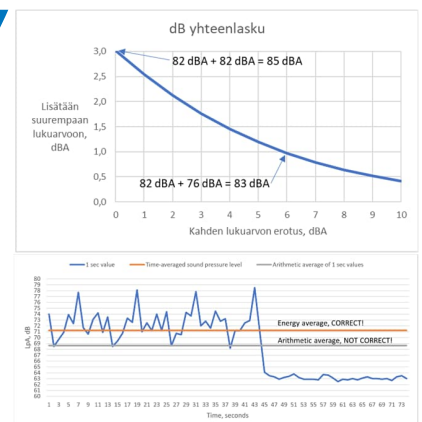


Äänenpainetaso, L_{pA}

- Riippuu etäisyydestä äänilähteeseen ja akustisesta ympäristöstä
- Voidaan mitata melumittarilla ja tulos saadaan desibeleinä
- A-taajuuspainotus on yleisimmin käytössä, koska se on luotu vastaamaan ihmisen kuuloaistia -> dBA tai dB(A)
- Äänenpainetaso, melutaso, äänitaso, keskiäänitaso -> yleensä näillä tarkoitetaan tietyn ajanjakson keskiäänitasoa (kts. kuvaaja) -> L_{pA} / L_{Aeq}

Äänitehotaso, L_{WA}

- Äänilähteen akustinen teho, sijoituspaikasta riippumaton arvo, L_{WA}
- Desibeleinä ja normaalisti A-taajuuspainotettuna
- Käytetään esim. mallinuksissa lähtötietona
- Määritetään äänilähteen ympärillä mitatuista äänenpainetasoista



4 MÖKÄÄ ILMASSA, KAIKENKATTAVAA TIETOUTTA SOODAKATTILOIDEN MELUSTA / 23.1.2025, A.RUHANEN / ©ANDRITZ

02 MELURAJAT TYÖPAIKALLA JA YMPÄRISTÖSSÄ

Lainsäädäntöä ja suosituksia

- Työpaikkamelu
 - Suomi: Vna 85/2006
 - EU: Direktiivi 2003/10/EC
 - Samat kuin Suomessa, koska Suomen lainsäädäntö pohjautuu EU direktiiviin
 - Ruotsi: AFS 2005:16
 - Pääosin samat kuin EU, mutta lisäksi hetkelliselle maksimiäänitasolle A-painotettu arvo 115 dBA
 - Etelä-Amerikka ja Aasia:
 - Lainsäädännöissä rajana pääasiassa 8-tunnin meluallistus 85 dBA tai 80 dBA
 - Suositusarvoja valvomoihin ja taukotiloihin erilaisissa standardeissa (ISO 11690-1, SFS 5907, PSK 4101, SSG 3035)
- Ympäristömelu
 - Suomi: Vnp 993/1992
 - Ruotsi: Vägledning om industribuller och annat verksamhetsbuller
 - Tavoitearvot esim. yöllä klo 22-6: Asuinalueilla sekä hoito- ja oppilaitoksilla LAeq 40 dBA / Virkistysalueilla, joissa tavoitellaan erityistä hiljaisuutta LAeq 35 dBA.
 - Etelä-Amerikka ja Aasia:
 - Esim. Brasilia -> yöaikaiset melurajat maaseudun asutuksella LAeq 35 dBA ja tiheämmällä asutuksella LAeq 50 dBA.
 - Esim. Indonesia -> yöaikainen meluraja asutuksella LAeq 55 dBA

Toiminta- ja raja-arvot Vna 85/2006 (Suomi)	Päivittäinen meluallistus, 8 h	Äänen huipputaso	Ohjearvot ulkona, Vnp 993/1992 (Suomi)	Päiväaika, LAeq 7-22	Yöaika, LAeq 22-7
Alempi toiminta-arvo	80 dBA	135 dBC	Asuinalueet, virkistysalueet taajamissa, hoito- ja oppilaitoksia palvelevat alueet	55 dBA	50 dBA 45 dBA* uudet alueet
Ylempi toiminta-arvo	85 dBA	137 dBC			
Raja-arvo, huomioidaan kuulosuojaimen vaimentava vaikutus	87 dBA	140 dBC	Loma-asuinalueet, leirintäalueilla, virkistysalueet ja luonnonsuojelualueet taajamien ulkopuolella	45 dBA	40 dBA

02 MELURAJAT TYÖPAIKALLA JA YMPÄRISTÖSSÄ

EU:n konedirektiivi ja uusi koneasetus

- Säännöksissä ei aseteta melurajoja, mutta annetaan rajat ilmoitusvelvollisuudelle
 - Seuraavat tiedot ilmassa etenevistä melupäästöistä tulee ilmoittaa:
 - A-painotettu päästöäänepainetaso työskentelypaikoilla, jos se ylittää 70 dB(A); jos tämä taso ei ylitä 70 dB(A) tasoa, siitä on ilmoitettava;
 - C-painotettu äänenpaineen huippuarvo työskentelypaikoilla, jos se ylittää 130 dB(C);
 - koneen tai vastaavan tuotteen synnyttämä A-painotettu äänitehotaso, jos A-painotettu päästöäänepainetaso työskentelypaikoilla ylittää tason 80 dB(A).

03 SELVITYSMENETELMÄT



Mittaukset

- Nykytilanteen selvitys olemassa olevilla kattiloilla ja referenssitietojen keruu
 - Meluannosmittaus lähelle korvaa asennetulla meluannosmittarilla, käytetään usein 8 tunnin meluallistuksen määritykseen (työhygieeniset mittaukset)
 - Kartoitusmittaus äänitasomittarilla sisällä tai ulkona
 - Kun selvitetään yksittäisen laitteen aiheuttamaa ääntä, voidaan käyttää hyödyksi ääni-intensiteetin mittausta tai värähtelymittauksia



- Äänenpainemenetelmiä: ISO 3744, ISO 3746, ISO 11202, ISO 11204
- Ääni-intensiteettimenetelmiä: ISO 9614-1, ISO 9614-2

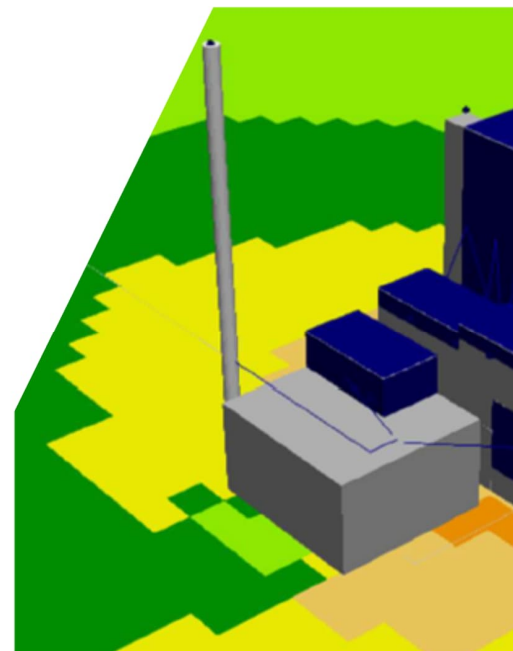


03 SELVITYSMENETELMÄT



Mallinnukset

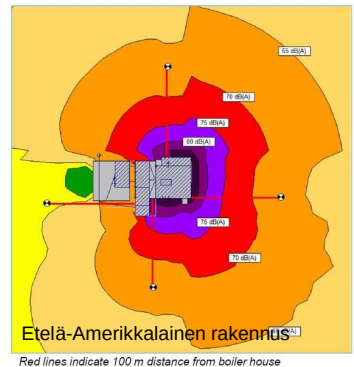
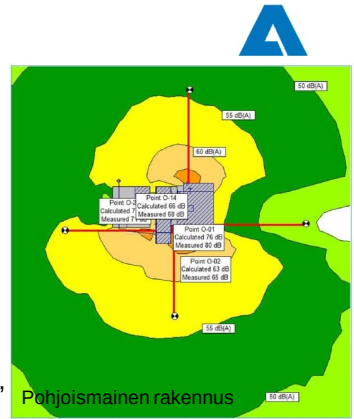
- Ulkomelumallinnusten lisäksi sisätilojen mallinnuksia voidaan tehdä huoneakustisilla malleilla
- Meluennuste uudelle kattilalle tai muutosten vaikutus
- Meluntorjunnan suunnittelu
 - Melulähdekohtainen melutasolistaus tarkastelupisteistä -> nähdään mikä on todellisuudessa merkittävin melulähde ja kohdistetaan toimet siihen
- Melulähdetietoina referenssikohteista mitattuja tietoja
 - Kun lähtötiedot kunnossa, niin mallinnus antaa tarkan tiedot todellisesta tilanteesta
- Yksittäisten laitteiden tai komponenttien akustisissa mallinnoissa voidaan hyödyntää yleisiä laskentakaavoja, mutta myös edistyneitä analyysityökaluja esim. FEM ja CFD



04 SOODAKATTILA MELULÄHTENÄ

Yleisesti

- Sijoittuminen
 - Kaupungissa / maaseudulla -> taustamelu / ympäristön asukkaiden lukumäärä / odotus hiljaisesta ympäristöstä
 - Tasamaalla / vuorien juurella -> piippumelu
- Sisämelussa keskimäärin referenssimittausten perusteella ei eroa juurikaan laitospuolelta riippuen, mittausta tehty 2 000 tds/d...13 000 tds/d kattiloille
- Ympäristömelutaso on riippuvainen rakennuksen seinä- ja kattorakenteesta sekä savukaasupiipun päästä purkautuvasta äänestä.
 - Melutaso soodakattilan ympärillä noin 15-20 dBA voimakkaampaa, jos alhaalta avoin rakennus ja seinärakenne profiilipeltiä versus betonisokkeli ja sandwich-paneeliseinä
 - Piippumelu alkaa olla vaikuttava muutamien satojen metrien päässä -> ääniaalto ei taivu helposti piipun juurelle. Oikein mitoitettulla äänenvaimentimella savukaasukanavassa iso merkitys.



04 SOODAKATTILA MELULÄHTENÄ

Merkittävimpiä yksittäisiä melulähteitä, sisällä (pohjoismainen rakennus)

- Liuotinsäiliö ja höyryhajotus
- Puhaltimet ja niiden käytöt. Jos puhaltimessa eristys, niin kaavun läpi tuleva ääni usein merkityksetön ja käyttö on tällöin hallitseva.
- Syöttovesipumput
- Nuohoimet
- Palamisilmanotot, vaimentimilla...ilman vaimentimia
- Tiivistysilmapuhaltimen ilmanotto, huomio vaimennin mitoitus
- Lipeäruiskut
- Polttimet esim. CNCG
- CNCG ejektori
- HVAC, riippuu kojeiden tyypistä



04 SOODAKATTILA MELULÄHTENÄ



Merkittävimpiä yksittäisiä melulähteitä, ulkona (pohjoismainen rakennus)

- Savukaasupuhaltimien melu piipun päästä
- Liuotinsäiliön paineentasauskanava
- Palamisilmanotot, vaimentimilla... ilman vaimentimia
- Sisämelun siirtyminen seinärakenteen / ovien / ikkunoiden kautta ulos. Laaja ääntä säteilevä pinta-ala, vaikka lähietäisyydellä suhteellisen hiljainen.
- Savukaasukanavistot. Laaja ääntä säteilevä pinta-ala, vaikka lähietäisyydellä suhteellisen hiljainen.
- FGC nuohoimet, jos ulkona
- Soihdu, melutaso riippuu tyypistä. Ajoittain käytössä.
- Sähkösuotimet, pohjakuljettimet. Merkityksetön ulkona, jos laitteet rakennuksen sisällä.
- HVAC, riippuen kojeiden tyypistä

11 MÖKÄÄ ILMASSA, KAIKENKATTAVAA TIETOUTTA SOODAKATTILOIDEN MELUSTA / 23.1.2025, A.RUHANEN / ©ANDRITZ



04 SOODAKATTILA MELULÄHTENÄ



Meluntorjuntatoimia, yleisesti

- Layout
 - Laitteiden sijoittelu suhteessa kulkureitteihin tai ympäristöön leviävään meluun
 - Meluavat laitteet meluhuoneisiin
 - Melusuojarakenteet sekä sujuvat virtausolosuhteet putkistoissa tai kanavissa vaativat tilaa
- Meluntorjuntatekniikoita
 - Melukotelot, eristys+suojapellitys, vaimentimet (reaktiiviset: tietty taajuus / absorptio: laaja taajuusalue), venttiilien sisälmykset (useita portteja), tärinävaimennus, meluseinät ja –sermit, akustiset säleiköt, laitemodifikaatiot, etäkäytön lisääminen (vähentää altistusta)
- Jäykät liitokset laitteiden ja perustusten/rakenteiden välillä
 - Joustava liitos vähentää värähtelyn/runkoäänen etenemistä, joka muuttuu jossain vaiheessa kuultavaksi ilmaääneksi
 - Betoniperusta vaimentaa paremmin kuin teräspierusta
- Rakenteiden ääneneristävyys
 - Sandwich-paneelin eristävyys ($R_w + C_{tr}$) n. 25 dBA
 - Betonin (100...300 mm) eristävyys ($R_w + C_{tr}$) n. 45...65 dBA
 - Aukot ja raot heikentävät eristävyttä
- Akustointi
 - Absorptiomateriaalit rakennuksissa tai laitteiden pinnassa. Absorptiomateriaalien suojaus reikälevyillä.
 - Mitä enemmän absorptiota, sitä vähemmän äänen heijastuksia ja kaiunnasta aiheutuva äänen yleinen voimistuminen vähenee. 3...6 dBA saavutettavissa laitehuoneissa suhteellisen helposti.
- Huolto / korjaus
 - Laitteen aiheuttama ääni kertoo usein paljonkin kunnosta

12 MÖKÄÄ ILMASSA, KAIKENKATTAVAA TIETOUTTA SOODAKATTILOIDEN MELUSTA / 23.1.2025, A.RUHANEN / ©ANDRITZ



04 SOODAKATTILA MELULÄHTEENÄ



Meluntorjuntatoimia, esimerkkejä

Ulkona	
Savukaasupiipun pää	Äänenvaimennin savukaasukanavaan Savukaasupesuri
Liuotinsäiliön paineentasauskanava	Muutokset laitteeseen (melulähteen poisto/siirto) Äänenvaimennin
Palamisilmanotto	Äänenvaimennin
Savukaasukanavisto	Äänieristys Vaimentimen sijoittelu lähemmäs melulähdettä, (melu kanavan sisällä vaimenee puhaltimet – piippu välillä)
HVAC	Äänenvaimennin Akustinen säleikkö / seinäke
Sisämelun siirtyminen seinärakenteen / ovien / ikkunoiden kautta ulos	Rakenneosien vaihto Sisämelutason vaimentaminen Läpivientien/ovien/ikkunoiden tiivistys

Sisällä	
Liuotinsäiliö / minihuuvut	Sermi, tietty suunta Melukoppi, kulkureiteille Hyörynhajotuksen säätö
Puhaltimet ja niiden käytöt	Puhaltimen lämpö/äänieristys Puhaltimen juoksupyörän ja kaavun muutokset, vähäinen vaikutus kokonaistasoon + lapataajuuden poisto Moottorityypin valinta Kierrosnopeus Sermi, tietty suunta Moottorin kotelointi
Nuohoimet	Tiivistys höyryvuotojen estämiseksi
Palamisilmanotot	Äänenvaimennin

13 MÖKÄÄ ILMASSA, KAIKENKATTAVAA TIETOUTTA SOODAKATTILOIDEN MELUSTA / 23.1.2025, A.RUHANEN / ©ANDRITZ

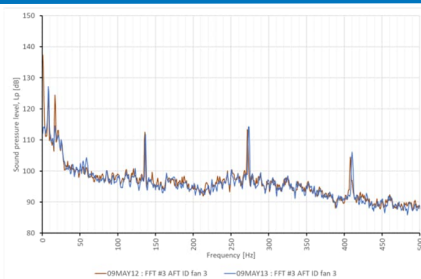


05 CASE-ESIMERKKEJÄ



Savukaasupuhaltimen melun mittaussäilyminen kanavasta sisällä

FFT taajuusanalyysi



Menetelmä ja löydökset

- Puhaltimen melu kanavassa ennen äänenvaimenninta
- Osoittaa puhaltimen herkkyyden lapataajuudelle (blade by-pass):
perustaajuus ja kerrannaiset näkyvät datassa hienosti
- Vaaditaan hyvä vaimennin ettei taajuudet erotu piipun päästä tulevasta
melusta häiritsevästi

14 MÖKÄÄ ILMASSA, KAIKENKATTAVAA TIETOUTTA SOODAKATTILOIDEN MELUSTA / 23.1.2025, A.RUHANEN /



05 CASE-ESIMERKKEJÄ

Piippumelun vaimennus

- Melutilanne ennen modifikaatioita
 - Voimakasta savukaasupuhaltimien melua piipun päästä + kapeakaistainen ääni (n. 400 Hz), joka havaittiin myös tehtaan ympäristössä
- Mitä tehtiin?
 - Kanavien uudelleenreititys, tehokkaat uudet vaimentimet, puhaltimien kaapujen modifikaatiot, ulkona olevien savukaasukanavistoille erityiset meluvaatimukset täyttävä eristys
- Melutilanne modifikaatioiden jälkeen
 - Saavutettiin noin 30 dBA vaimennus piipun päästä purkautuvalle melulle ja merkittävä kapeakaistaisuus saatiin myös poistettua

15 MÖKÄÄ ILMASSA, KAIKENKATTAVAA TIETOUTTA SOODAKATTILOIDEN MELUSTA / 23.1.2025, A.RUHANEN / ©ANDRITZ

05 CASE-ESIMERKKEJÄ

Melututkimus kattilan ja ekonomaisereiden sisältä

Tulipesä ja tulistinalue

- Ei akustisia moodeja tai muita erityisiä ominaisuuksia, kuten useissa muissa kattilatyypeissä

Ekonomaisereiden alueella

- Suurelta osin virtausmelua ja ns. pseudo-ääntä eli turbulentsuudesta johtuvaa paineen vaihtelua, jonka mittausmikrofoni tulkitsee virheellisesti ääneksi

16 MÖKÄÄ ILMASSA, KAIKENKATTAVAA TIETOUTTA SOODAKATTILOIDEN MELUSTA / 23.1.2025, A.RUHANEN / ©ANDRITZ



silencer

silencer
connections



06 TULEVAISUUDEN NÄKYMÄ

Yleisesti

- Melu entistä tärkeämmässä roolissa muutoshankkeissa ja uusissa kattiloissa
- Lainsäädännön ja toimijoiden tiukentuvat vaatimukset sekä maankäytön suunnitelmat tehtaiden ympärillä
- Pyritään löytämään aktiivisesti vaimennuskeinoja jo itse laitteessa/prosessissa syntyvään meluun
- Mitä ääni voisi kertoakaan laitoksen toiminnasta?
- Melutilanteen ja meluntorjuntatoimien ennakoiminen laskelmilla tai mallinnuksilla on hyvin koeteltua menettelyä, joten kannattaa hyödyntää ennakoivasti
 - Hyödynnetään melu- ja akustiikkaosaamista

CREATING GROWTH THAT MATTERS

ANDRITZ TARJOAA LAADUKASTA
OSAAMISTA JA LAADUKKAITA
RATKAISUJA MELUNTORJUNTAAN
JA MELUN ANALYSOINTIIN
OLEMASSA OLEVILLE JA UUSILLE
TEHTAILLE

LEGAL DISCLAIMER



© ANDRITZ AG 2024

This presentation contains valuable, proprietary property belonging to ANDRITZ AG or its affiliates ("the ANDRITZ GROUP"), and no licenses or other intellectual property rights are granted herein, nor shall the contents of this presentation form part of any sales contracts which may be concluded between the ANDRITZ GROUP companies and purchasers of any equipment and/or systems referenced herein. Please be aware that the ANDRITZ GROUP actively and aggressively enforces its intellectual property rights to the fullest extent of applicable law. Any information contained herein (other than publicly available information) shall not be disclosed or reproduced, in whole or in part, electronically or in hard copy, to third parties. No information contained herein shall be used in any way either commercially or for any purpose other than internal viewing, reading, or evaluation of its contents by recipient and the ANDRITZ GROUP disclaims all liability arising from recipient's use or reliance upon such information. Title in and to all intellectual property rights embodied in this presentation, and all information contained therein, is and shall remain with the ANDRITZ GROUP. None of the information contained herein shall be construed as legal, tax, or investment advice, and private counsel, accountants, or other professional advisers should be consulted and relied upon for any such advice.

All copyrightable text and graphics, the selection, arrangement, and presentation of all materials, and the overall design of this presentation are © ANDRITZ GROUP 2024. All rights reserved. No part of this information or materials may be reproduced, retransmitted, displayed, distributed, or modified without the prior written approval of Owner. All trademarks and other names, logos, and icons identifying Owner's goods and services are proprietary marks belonging to the ANDRITZ GROUP. If recipient is in doubt whether permission is needed for any type of use of the contents of this presentation, please contact the ANDRITZ GROUP at welcome@andritz.com.

STORA ENSO IMATRAN TEHTAAT, TEHDASESITTELY

Janne Mäkelä
Stora Enso Oyj, Imatran tehtaat

Missä luonnonvoimat kohtaavat

Tervetuloa Imatran tehtaille

The renewable materials company

Ratkaisumme korvaavat fossiilisia materiaaleja

Uusiutuvat pakkaukset



Laajin tuotevalikoima, joka vastaa nykypäivän ympäristötietoisien kuluttajan tarpeisiin.

Vastuulliset rakennusratkaisut



Puurakentamisen konseptit ja perinteiset puutuotteet, jotka tukevat vähähiilistä rakentamista.

Biopohjaiset innovaatiot

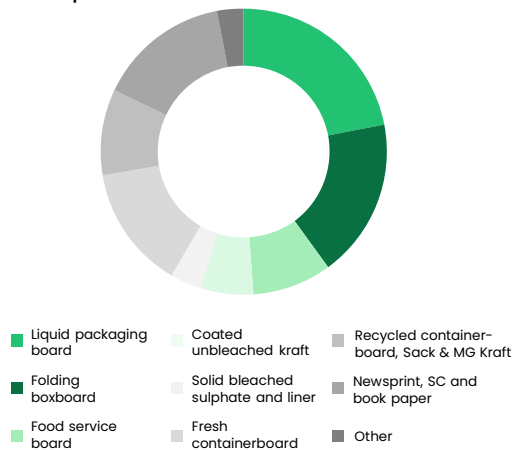


Tuotevalikoima ja maailmanluokan asiantuntemus, joiden avulla löydämme biopohjaiset ratkaisut.

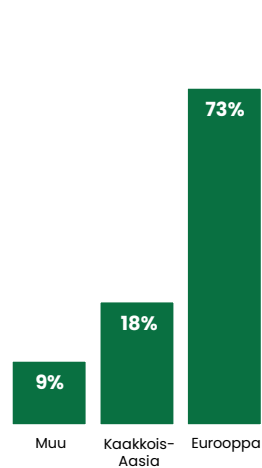
Packaging Materials

Packaging Materials lyhyesti

Myynti tuoteperheittäin



Myynti alueittain



4.6

Bn EUR
Liikevaihto 2023

7000+
Työntekijät

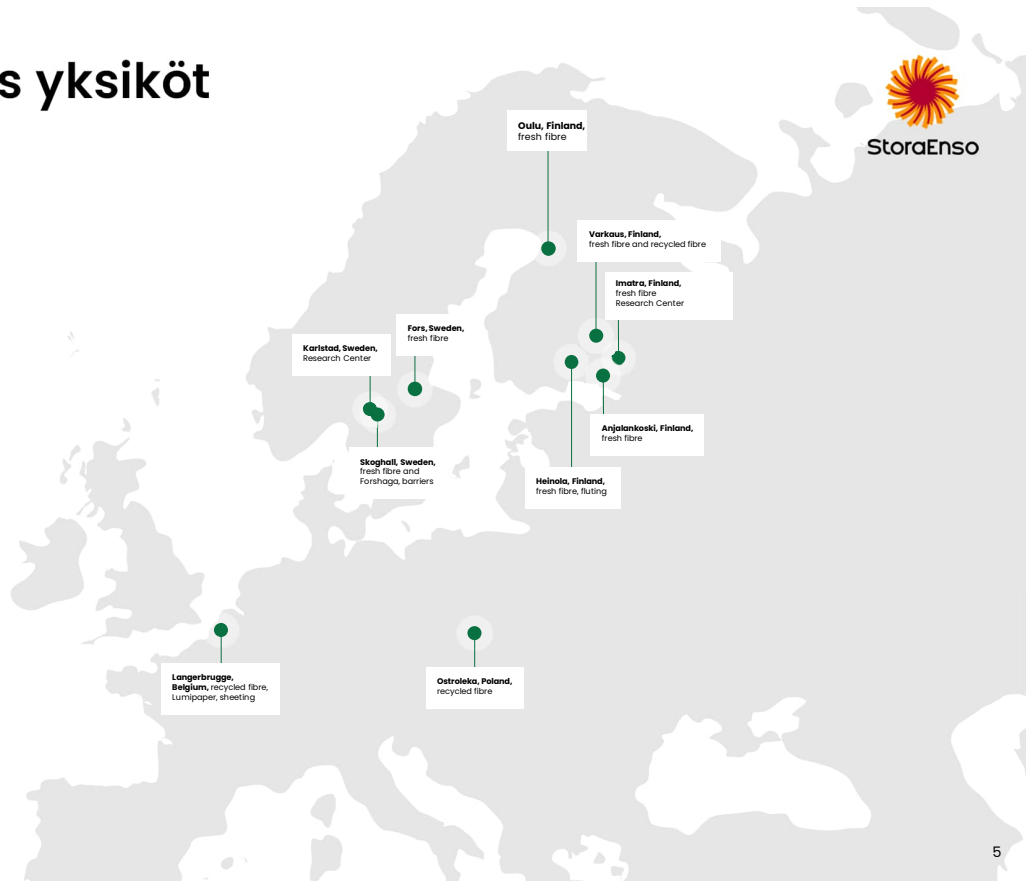
11 tehdasta

5 maassa:
Suomi, Belgia,
Ruotsi, Puola &
Kiina

Sales excluding Beihai/BU China



Packaging Materials yksiköt



5

Laaja valikoima kartonki- ja paperituotteita, jotka vastaavat erilaisiin pakkaustarpeisiin



Kuluttajapakkauskartongit



Nestepakkauskartonki
#1 globally



Elintarvikekartonki
#1 in Europe



CKB Carrier
#1 in Europe



Kotelokartonki
#2 in Europe



Graafinen kartonki
#2 in Europe

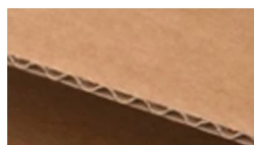
Aaltopahvikartongit



Kraftliner
#3 in Europe
Premium niche player



Testliner
#4 in Eastern Europe



Semi-chemical fluting
#3 in Europe
Premium niche player



Voimapaperi
#8 in Europe



Paperituotteet;
kirja, lehdet, SC

6

Autamme asiakkaita vastuullisuudessa



Autoimme Paper Lid –yritystä löytämään sopivan kierrätettävän kannen kartonkikuppeihin.

Cupforma Natura Aqua+ on eniten käytetty materiaali kartonkikuppien valmistuksessa.



Autamme asiakkaita vastuullisuudessa



Trayforma BarrPeel

Iso-Britanniassa iso supermarket -kauppaketju vähensi muovin käyttöä ja paransi kuluttajien tuntemusta tyhjiöpakkauksista.

Trayforma BarrPeelissä on 10%:a muovia, minkä ansiosta sillä on alhaisempi hiilijalanjälki. Pakkaus on helppo avata ja siinä on hyvä painatusjälki.



Autamme asiakkaita vastuullisuudessa



Yves Rocher halusi löytää pakkausmateriaalin, joka on kevyempi, ilmastoystävällisempi ja joka tukee yrityksen vastuullisuusperiaatteita ja brändin tunnettuutta.

Uusi pakkauksen muotoilu, jossa kaksi sivua on poistettu eikä PP-kalvoa enää tarvita, pienensi käytetyn kartongin määrää pakkauksessa 40 %. **Performa Brilliance™** vastasi vaatimuksiin täydellisesti.

Autamme asiakkaita vastuullisuudessa



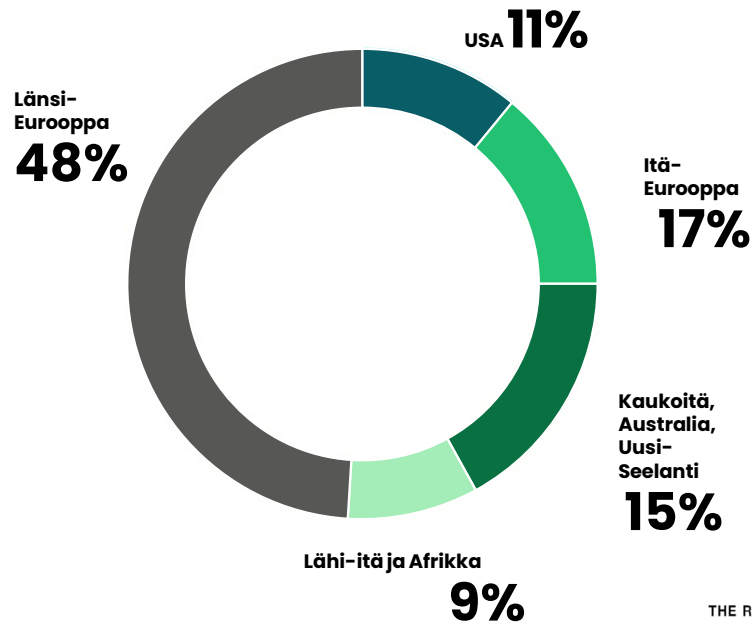
Natura Shape™

Innovatiivinen puukuitupohjainen konsepti auttaa brändinomistajia lisäämään uusiutuvan materiaalin osuutta tuotteissaan.

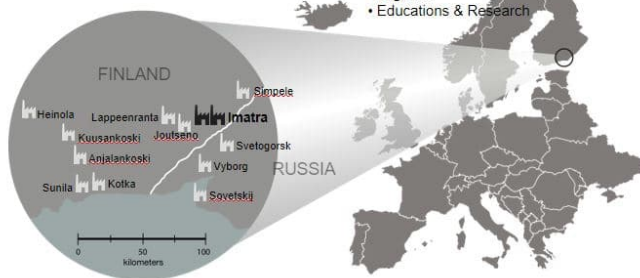
Materiaalina **Natura Shape™** ja kierrekorkki, jonka suunnittelimme yhdessä Blue Ocean Closures -yrityksen kanssa. Tuubin raaka-aineesta on yli 85 %:a kuitua, joka on suurin määrä saatavilla olevissa tuubituotteissa. Kaikki osat ovat kierrätettäviä.



Päämarkkinat ovat Euroopassa (2023)



- Mechanical Wood Processing
- Packaging
- Consumable suppliers
- Machinery & Equipment
- Services
- Logistics
- Educations & Research



Imatra – in the centre of forest industry

- Around **25,000 inhabitants** in Imatra.
- Imatra Mills is **located 8 kilometres from the Imatra city centre** on the shores of lake Saimaa.
- **Imatra is located in southeastern Finland**, 256 km from our capital Helsinki.
- **Imatra Mills is the biggest employer in Imatra city.**

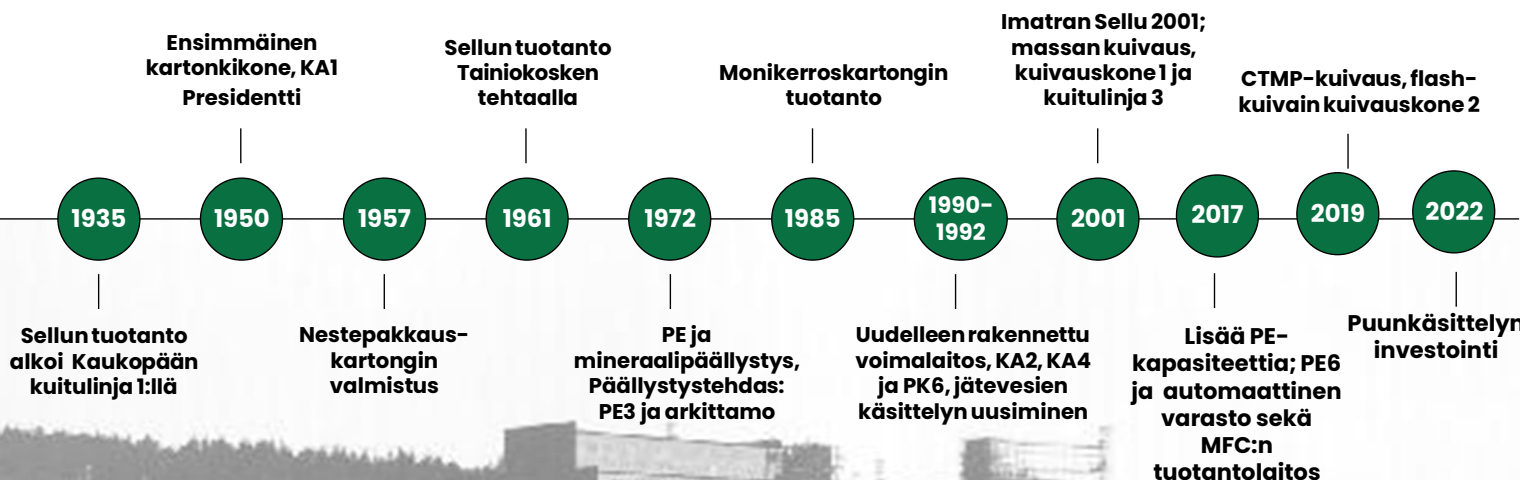
Imatran tehtaisiin kuuluu kaksi tuotantoyksikköä: Kaukopää ja Tainio

Faktat

- Divisioona: Packaging Materials
- Maa: Suomi
- Tuotteet: Nestepakkauskartonki, elintarvikepakkauskartonki, graafiset kartongit
- Vuosikapasiteetti: 1 230 000
- Työntekijöitä tehtaalla: 1 000
- Perustettu: 1935



Sellusta, paperista ja kartongista pakkausmateriaaleihin – Imatran tehtaiden historia alkaa vuodesta 1935



THE RENEWABLE MATERIALS COMPANY



StoraEnso

Kaukopää

Puunkäsittely

- 1 Puunkäsittely
- 2 Hakekasat

Sellutehdas

- 3 Kuivauskone1
- 4 Kuivauskone2
- 5 Veden puhdistamo
- 6 Kuitulinja2
- 7 Kuitulinja3

Energia

- 8 Voimalaitos: SK5 ja SK6

Tuotanto

- 9 Kartonkitehdas: KA1, KA2, KA4 ja PE2
- 10 Päällystystehdas: PE3 ja PE5
- 11 PE6 ja ARW

Logistiikka

- 12 Tuotevarasto
- 13 Vuoksen Satama

Muut

- 14 Rantaportti
- 15 Pääportti ja Resurssipalvelut (Vieraiden vastaanotto)



StoraEnso

Tainio

Puunkäsittely

- 1 Hakekasat ja -siilot

Sellutehdas

- 2 Tainion sellutehdas

Koneet

- 3 Kartonkikone5
- 4 Paperikone7

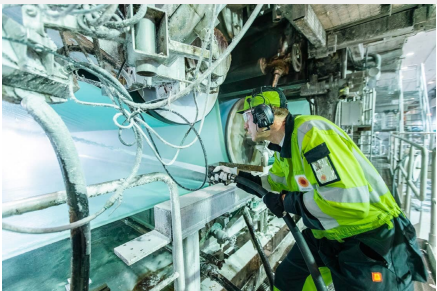
Logistiikka

- 5 Tuotevarasto
- 6 Vuoksen Satama

Turvallisuusmatkamme



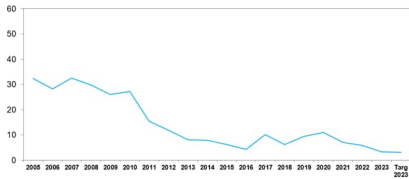
Yli
18 573
ennakoivaa
turvallisuusraporttia
ja -havaintoa
vuonna 2023



TRI-taajuus
3,3
vuonna 2023



TRI 2005-2023



23 Ennakoiva turvallisuusraportti = Ilmoitus, havainto, idea jne. Proaktiivisesti tehty turvallisuusilmoitus
TRI = Total recordable incident, kaikki kirjattavat tapaturmat LTI = Lost time incident, poissaoloon
johtanut tapaturma

THE RENEWABLE MATERIALS COMPANY

Sellua ja kartonkia yli miljoona tonnia

Tuotantokapasiteetti	t/v
Lehtisellu	650 000
Havusellu	250 000
Valkaistu sellu yht.	900 000
Valkaisematon sellu	200 000
CTMP	200 000
Massat yhteensä	1 300 000
Paperi	20 000
Kartonki	1 210 000
Paperi ja kartonki yhteensä	1 230 000
Ekstruusiopäällystys	460 000



Kartonkia ja paperia valmistetaan viidellä koneella

- **KA1** kuppikartonki
- **KA2** graafiset-, pakkaus- ja tupakkakartongit
- **KA4** vuoka-, kuppi- ja nestepakkauskartongit
- **KA5** ruskearunkoiset nestepakkauskartongit, päällystetyt ruskearunkoiset voimakartongit CUK
- **PK7** sähkötekniset paperit, paperipussipaperit

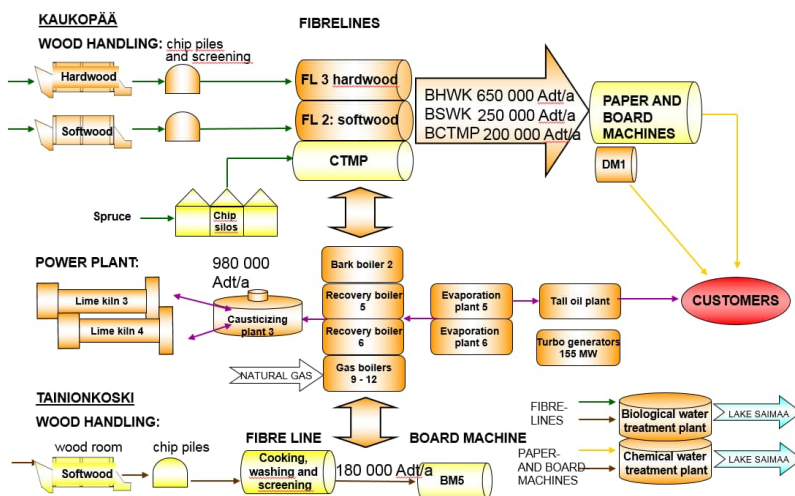
41

Kartonkia päällystetään neljällä koneella

- **PE2:** PE
- **PE3:** PE, PET, BIO
- **PE5:** PE, Barr, PE Green
- **PE6:** PE

THE RENEWABLE MATERIALS COMPANY

Imatra Pulp Mill



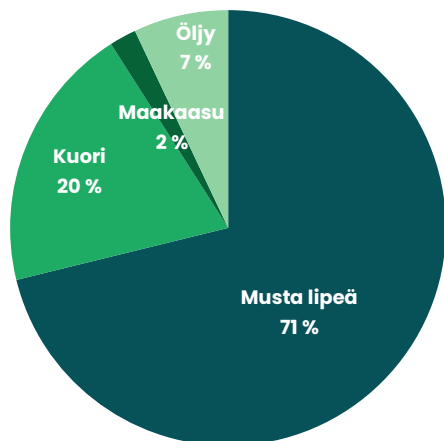
Imatra pulp mill is pretty complex:

- 3 Debarking lines
- 3 Fiber lines + CTMP
- 2 Recovery lines
- 1 Bark boiler
- 4 Gas boilers
- 2 Odorous gas boilers & reserve burner
- 2 Back pressure turbines
- Biological and chemical effluent treatment plants

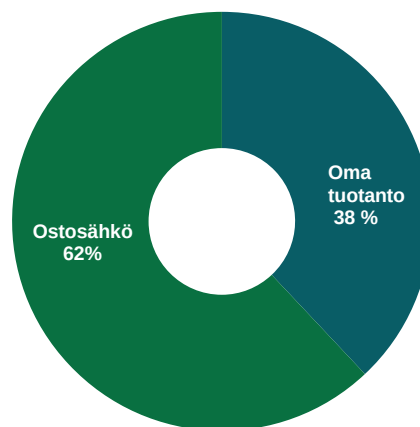
Imatran tehtaiden energiatalous 2023



Polttoaineet



Sähkö



**Vierailijan
turvallisuuSPerehdytys**



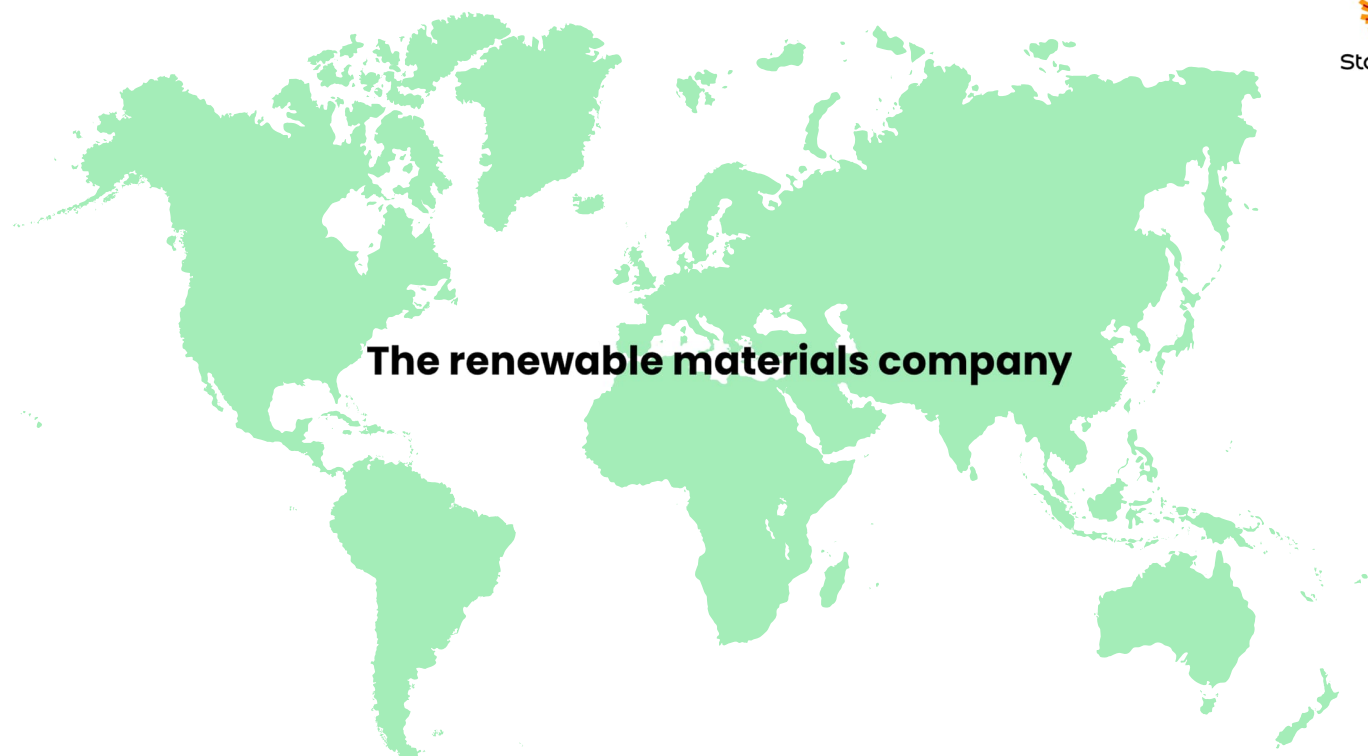
Turvallisuusohjeet vierailijoille

- Pidä vierailijakortti näkyvillä koko vierailun ajan. Palauta kortti lähtiessäsi portille.
- Poista näkyvillä olevat korut ja kello tuotantoalueilla vieraillessasi.
- Käytä vierailijatakkia, korvatulppia, suojakypärää ja suojalaseja. Melutaso saattaa ylittää 80dB. Suojamyssyn käyttäminen kypärän alla on pakollinen vieraillessasi jalostuksen alueella.
- Kulje vain merkattuja reittejä ja pidä kiinni kaiteesta portaissa.
- Älä kävele tai seiso liikkuvien rullien, koneiden, kuljettimien tai trukkien läheisyydessä
- Palon, kaasuvuodon tai muun hädän sattuessa:
 - Noudata isännän tai muun pelastustoimen antamia ohjeita
 - Älä käytä hissejä
 - Älä poistu yksin osastolta, jossa olet vieraana
- **Valokuvaus ja videointi tehdasalueella on kielletty ilman erillistä lupaa**

THE RENEWABLE MATERIALS COMPANY

Henkilönsuojaimet





SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY, RAPORTTISARJA

- 1/2024 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 25.1.2024, esitelmät
Hotelli Oscar Varkaus / Stora Enso Oyj, Varkauden tehdas
(16A0913-E0233) 25.1.2024
- 2/2024 -
(16A0913-E0234)
- 3/2024 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Selvitys soodakattiloiden tulenkestävien massausten kuivumisajoista
Verner Nurmi, Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy
(16A0913-E0235) 15.4.2024
- 4/2024 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Toimintakertomus 2023
(16A0913-E0236) 18.4.2024
- 5/2024 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Korkean kappaluvun vaikutus mustalipeän ominaisuuksiin
Antti Kähäri, Savonia-ammattikorkeakoulu
(16A0913-E0237) 6.5.2024
- 6/2024 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilapäivä 24.10.2024
Lapland hotels Arena, Tampere
(16A0913-E0238) 24.10.2024
- 7/2024 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Suomen soodakattilat, tuhkan koostumus ja määrä eri kuormatilanteissa
Markus Nieminen, Jaakko Tiainen, AFRY Finland Oy
(16A0913-E0239) 30.10.2024

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY, RAPORTTISARJA

1/2025 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 23.1.2025, esitelmät
Scandic Imatran Valtionhotelli / Stora Enso Oyj, Imatran tehtaat
(16A0913-E0240) 23.1.2025