SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Suomen Soodakattilayhdistys ry

Soodakattilapäivä 2022

Lapland hotels Arena, Tampere

27.10.2022

Raportti 3/2022

(16A0913-E0217)

Raportti 3/2022, Soodakattilapäivä 2022

SOODAKATTILAPÄIVÄ 27.10.2022 OHJELMA

09.00-09.25	Ilmoittautuminen ja aamukahvi *Kokouskeskus Lumoamo, Lapland Hotels Arena*
09.25-09.30	Tilaisuuden avaus
09.30-10.00	Suomen Soodakattilayhdistys, vuosikatsaus *Sakari Vuorinen, Suomen Soodakattilayhdistys ry*
10.00-10.30	Soodakattilan tietoturva *Henry Haverinen & Suvi Kaartinen, Insta Advance Oy*
10.30-11.00	Kahvitauko
11.00-11.30	Soodakattilatyöntekijän suojavaatetuksen kehittäminen *Susanna Mäki, Työterveyslaitos*
11.30-12.00	Tulipesän keraamiset materiaalit *Saara Söyrinki, Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy*
12.00-13.00	Lounas *Ravintola Saivo, 4. krs*
13.00-13.30	Kiertotalous lisää sellutehtaan strategista omavaraisuutta – Klabin investoi rikkihappolaitokseen Puma-tehtaallaan *Jaakko Martikainen, ANDRITZ*
13.30-14.00	Hajukaasujen käsittely ja NOx-pesurit sellutehtaiden kestävän kehityksen edistäjinä *Pilvi Uurinmäki & Lari-Matti Kuvaja, Valmet Technologies Oy*
14.00-14.30	Kahvitauko
14.30-15.00	Raskaan polttoöljyn korvaaminen, vaihtoehtoja ja markkinakatsaus *Nikita Semkin, AFRY Management Consulting Oy*
15.00-15.30	Vision towards autonomous, optimized mills *Tales Ribeiro, Valmet Technologies Oy*
15.30-16.00	Sisaryhdistysten kuulumiset *The Swedish Norwegian Recovery Boiler Committee (SNRBC), Kristian Rosenqvist* *Brazil and Uruguay Recovery Boiler Safety Committee (CSCRBU)* *American Forest & Paper Association Recovery Boiler Committee (AF&PA)*
16.00-16.30	Yhdistyksen opinnäytetyöpalkinnon esittely: “ The effect of black liquor droplet in-flight time on kraft recovery boiler dust formation” *Johanna Brink, ANDRITZ / Åbo Akademi*
16.30-18.00	Cocktailtilaisuus *Kokouskeskus Lumoamo*
19.30-	Illallinen *Kokouskeskus Lumoamo*

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS, VUOSIKATSAUS

Sakari Vuorinen
Suomen Soodakattilayhdistys ry

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Katsaus Soodakattilayhdistyksen toimintaan 2021-2022

Soodakattilapäivä 2022
27.10.2022

Sakari Vuorinen

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Sisältö

- SKY esittely ja kuulumiset
- Suomen soodakattilat
- Projektikatsaus

Soodakattilayhdistys

- 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

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Yhdistyksen jäsenet

- Soodakattilayhdistyksen jäsenistöön kuuluu mm. suomalaisia sellutehtaita, kattilavalmistajia, vakuutusyhtiöitä, tarkastuslaitoksia sekä yliopistoja

- Yhteensä 30 jäsentä, joista 14 on sellutehtaita
  - Yhdistyksessä äänivaltaa käyttää 25 äänioikeutettua jäsentä
  - Viisi yliopistoa ulkojäsenenä

Soodakattilapäivä 2022

SKY organisaatio 2022

Vuosikokous
25 äänestävää jäsentä

Hallitus
PJ: Kari Saari, UPM Pietarsaari
+ 11 jäsentä + sihteeri

Sihteeristö
Sakari Vuorinen
Emma Kärkkäinen
Päivi Lampinen

Kestoisuustyöryhmä
PJ: Lauri Mattila, UPM
+ 15 jäsentä + sihteeri

Ympäristötyöryhmä
PJ: Anna Riikka Nickull, MF
+ 6 jäsentä + sihteeri

Automaatiotyöryhmä
PJ: Heikki Lappalainen, Andritz
+ 7 jäsentä + sihteeri

Lipeätyöryhmä
PJ: Janne Mäkelä, SE
+ 12 jäsentä + sihteeri

Ohjelmatyöryhmä
PJ: Ari Kankkunen, Aalto
4 jäsentä + 3 sihteeriä

Toiminta viime aikoina

- Työryhmien kanssa on kokoonnuttu kasvotusten sekä Teamsin välityksellä.
- Vuosikokous järjestettiin hybridimuotoisena huhtikuussa.
- Konemestaripäivät järjestettiin huhtikuun alussa Kokkolassa ja perinteinen tehdasvierailu tehtiin UPM Pietarsaaren tehtaalle.
- 60-Vuotisjuhlaseminaarin järjestelyt ovat alkaneet (6/2024).

Tulevia tapahtumia

- Konemestaripäivä
  - To 9.2.2023
  - Kotka / MM Kotkamills
- Soodakattilaoperaattoreiden kokemustenvaihtopäivä
  - Helsingissä maaliskuussa 2022
  - Kohderyhmänä soodakattilan operaattoritason henkilöt
  - Käytännön esimerkkien avulla soodakattiloissa tapahtuneita vaurioita sekä ajossa syntyneitä ongelmatilanteita

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Opinnäytetyöpalkinto

- Jaetaan vuosittain parhaasta maisterivaiheen opinnäytetyöstä (laajuus 30 op) sulfaattisellutehtaan talteenottoalueella
- Palkinto jaettiin ensimmäisen kerran vuonna 2009
- Palkinnon arvo on 2.000 €
- Palkintoa voi hakea Suomessa korkeakoulussa tai yliopistossa tutkintonsa suorittavat opiskelijat, joiden opinnäytetyö liittyy sulfaattisellutehtaan kemikaalien talteenottoon
- Tarkemmat tiedot yhdistyksen nettisivuilta
  - http://www.soodakattilayhdistys.fi/yhdistys/opinnaytetyopalkinto

Soodakattilapäivä 2022

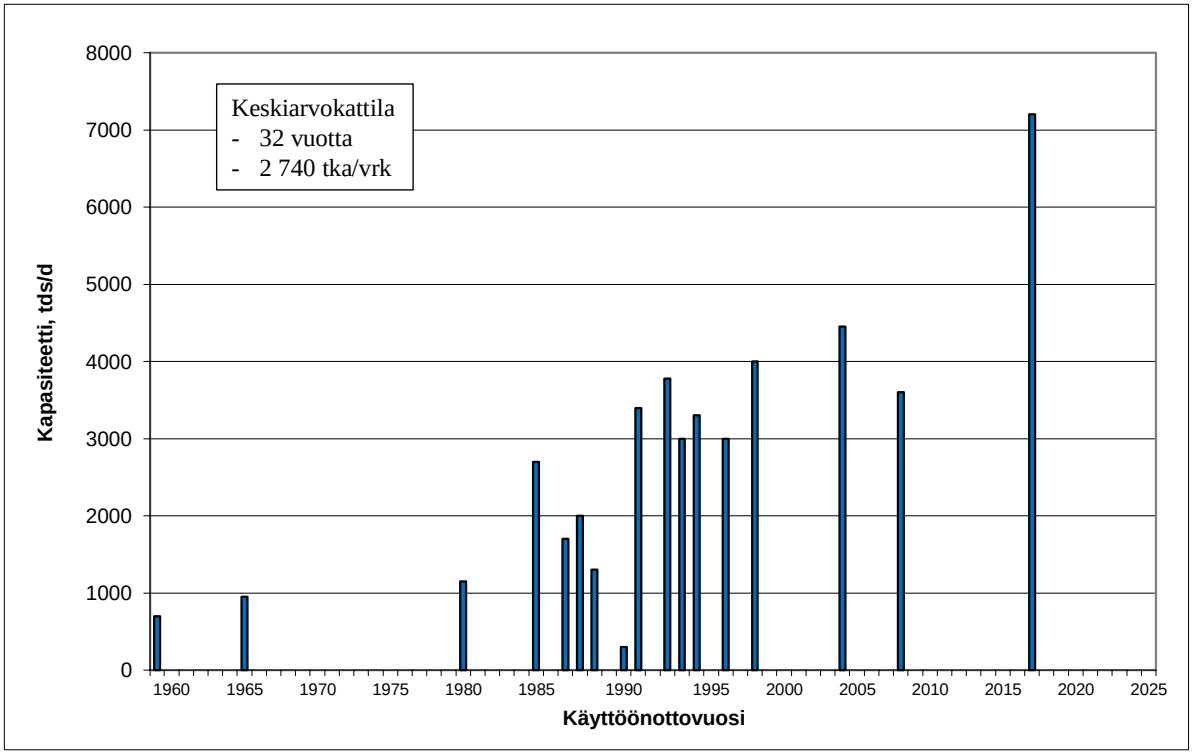
Suomen soodakattilat

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Suomen soodakattilat

- Kattiloita 17 kappaletta
  - Vanhin vuodelta 1959 (63 vuotta)
  - Uusin vuodelta 2017 (5 vuotta)
  - Suurin 7200 tka/vrk
  - Pienin 300 tka/vrk
- Tehtaita 14 kappaletta
- Keskimääräinen kattilan ikä 32 vuotta (1990)
- Keskimääräinen kapasiteetti 2740 tka/vrk
- Yhdistetty kapasiteetti 46 530 tka/vrk

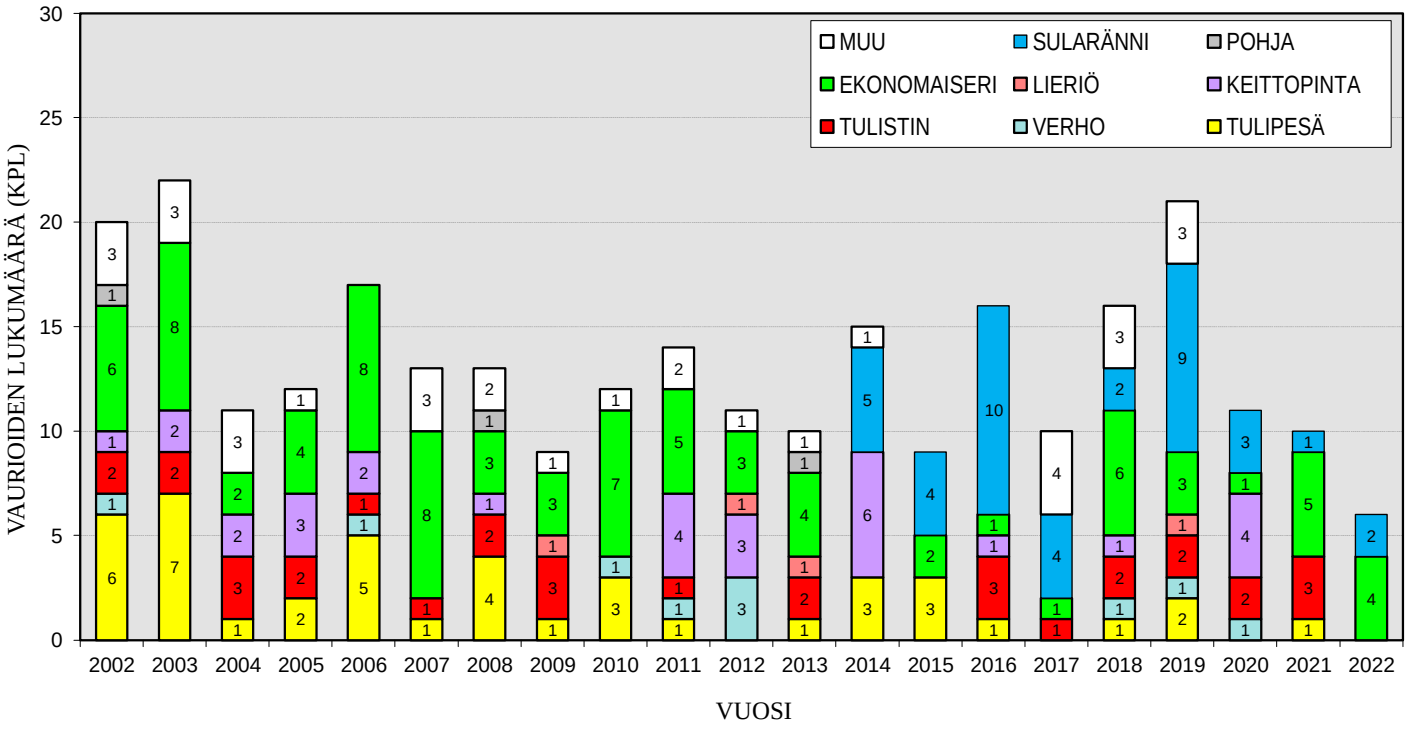
Suomen soodakattilat



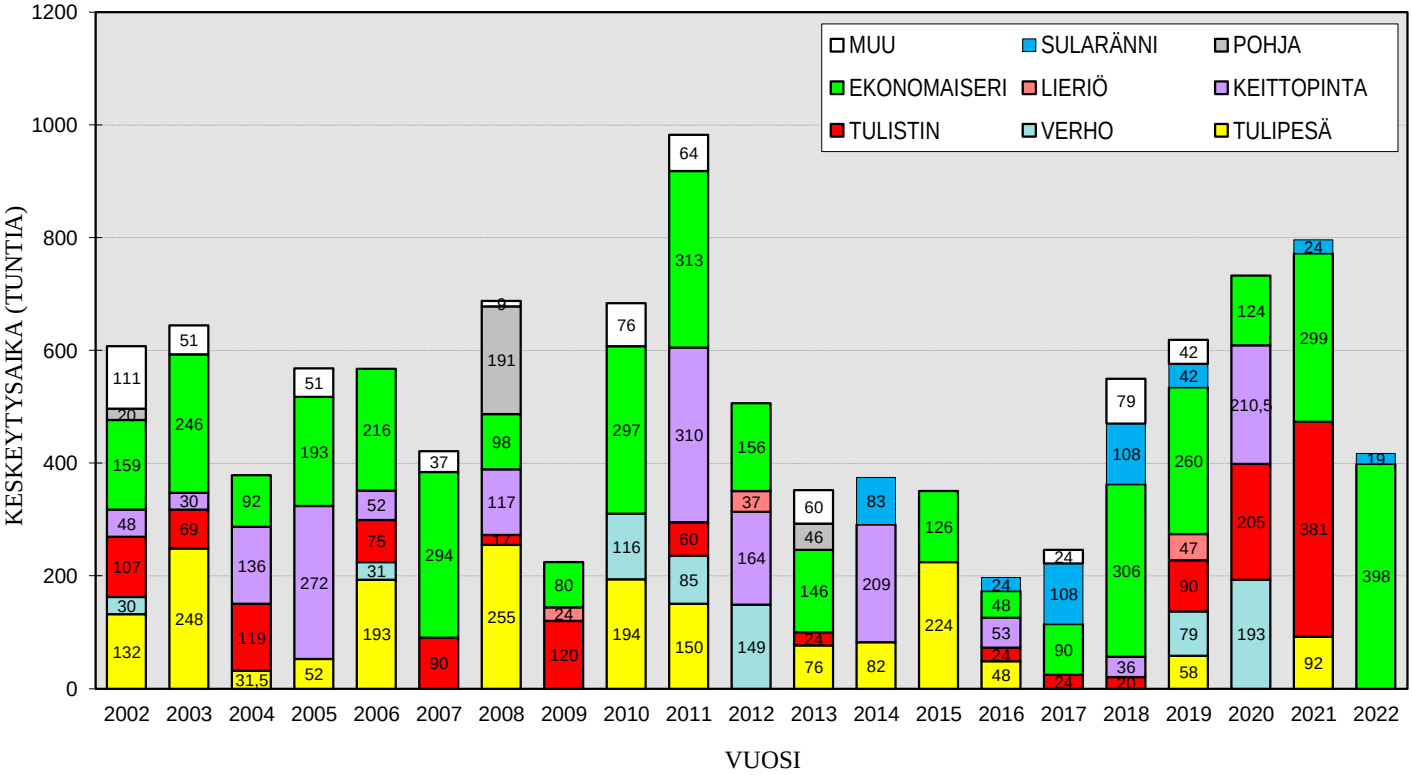
Vauriotietokanta

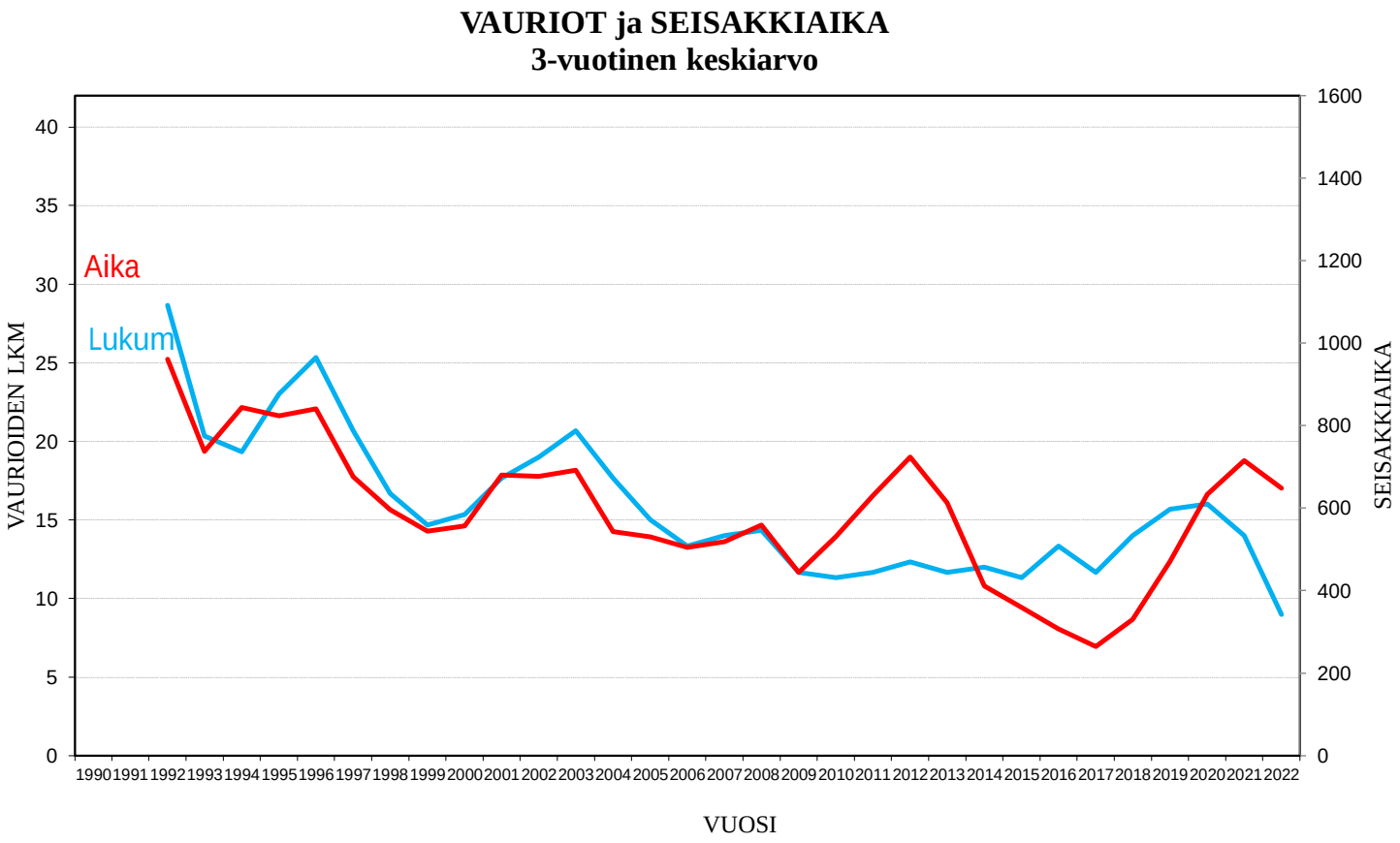
- Kestoisuustyöryhmä ylläpitää vauriotietokantaa raportoiduista soodakattilavaurioista
- Jäsenet ilmoittavat vauriosta tai onnettomuudesta vapaaehtoisesti yhdistykselle.
- Kestoisuustyöryhmä käsittelee kokouksessa ilmoituksen ja laatii tapahtuneesta lausunnon.
- Lausunnoilla pyritään jakamaan tietoa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

YHDISTYKSEN TIETOKANTAAN RAPORTOITUJEN VAURIOIDEN LUKUMÄÄRÄ VAURIOTYYPEITTÄIN VUOSINA 2002-2022



LIPEÄN POLTON KESKEYTYSAIKA VAURIOTYYPEITTÄIN VUOSINA 2002-2022





SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Yhdistyksen projektit

Soodakattilapäivä 2022

Projekteja 2021-2022

- Kestoisuustyöryhmä
  - Materiaalisuosituksen päivitys: Putken kuorinta ja S0-linjaus
  - Soodakattilatyöntekijän suojavaatetuksen kehittäminen
  - Selvitys soodakattiloiden keraamisista rakenteista
  - Ioninvaihto soodakattiloiden lisäveden valmistuksessa – seuranta, hallinta ja toimenpiteet
  - Impact of amount of melt at T0 on corrosion
- Lipeätyöryhmä
  - Tulistimien maksimipintalämpötilan muutos kattilan koon funktiona
  - Pulp mill deposit formation and aging – Phase 2

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Projekteja 2021-2022

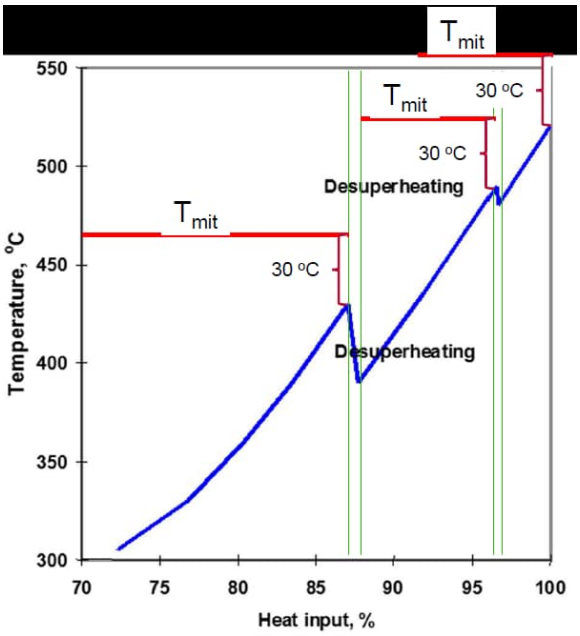
- Ympäristötyöryhmä
  - Hajukaasusuosituksen päivitys ja sen käännös englanniksi
  - Meesauunin päästöt vaihtoehtoisilla polttoaineilla
  - CCUS (hiilidioksidin talteenotto, hyötykäyttö ja varastointi) sellutehtailla
- Automaatiotyöryhmä
  - Tietoturva sellutehtaalla ja soodakattilalla

Materiaalisuosituksen päivitys: Putken kuorinta ja S0-linjaus

- Työn tavoitteena on saada yhteinen linja aikaiseksi kattilanomistajien, kattilanvalmistajien ja tarkastuslaitosten kesken.
- Teoreettiset ja kokeelliset selvitykset standardien täyttymisestä hitsin tunkeutuessa S0-alueelle
- Yhteenveto valmistui toukokuussa 2021
- Yhteinen suositus valmistumassa syksyn 2022 aikana

Tulistimien maksimipintalämpötilan muutos kattilan koon funktiona

- Tulistimien putkipaksuus riippuu paineen lisäksi mitoituslämpötilasta
- Teollisuudessa perinteisesti käytetty +30 °C tulistimen ulostulon keskilämpötilaan
- Toimintalämpötilan ollessa suurempi kuin mitoituslämpötila, tulistinputket viruvat nopeammin
- +30 °C oikea mitoitus kaiken kokoisille kattiloille?



Tulistimien maksimipintalämpötilan muutos kattilan koon funktiona

- Vaihe I – datan keräys suomalaisista kattiloista n. 1 vuosi
  - 2-3 esimerkkitehdasta; ensimmäinen ja viimeinen tulistin
- Vaihe II – rinnakkaisten putkien koon ja lukumäärän vaikutus n. 6 kk
  - Laskelmia siitä miten putkimäärä vaikuttaa, tarvittava ruiskutusmäärä?
- Vaihe III – CFD mallitus pieni ja iso kattila n. 6 kk
  - Virtausmallitus eri kokoisilla kattiloilla
  - Lämpövirrat keskellä ja reunoilla
- Vaihe IV – miten tuloksia hyödynnetään
  - Lämpötilajakauma – miten muutamalla mittauksella arvioida jakaumaa
  - Miten eri ajo- ja ilmamallit voi aiheuttaa eroja materiaalilämpöihin
  - Nuohous- ja ruiskutus yhteistoiminta

Turva-automaation suositus

- Automaatiotyöryhmä on päivittänyt yhdessä MH Safetyn kanssa vuonna 2009 edellisen kerran päivitetyn suosituksen soodakattilan turva-automaatiosta
  - Julkaistiin vuoden 2021 lopulla
- Yleinen päivitys nykyaikaan:
  - Huomioitu päivittyneet standardit, mm. IEC 61508 ja 61511
  - Tekniikan kehitys taajuusmuuntajien osalta
- TAJ:n vaatimusmäärittelyä täydennetty mm. esimerkkidokumentein
- Hajukaasusuosituksen päivityksen mukaiset mallilukitukset

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Lisätietoa toiminnasta yhdistyksen nettisivuilta

www.soodakattilayhdistys.fi

sakari.vuorinen@afry.com
emma.karkkainen@afry.com
paivi.lampinen@afry.com

SOODAKATTILAN TIETOTURVA

Henry Haverinen & Suvi Kaartinen
Insta Advance Oy

KYBERTURVALLISUUDEN PERUSTEET

SOODAKATTILOIDEN AUTOMAATIOJÄRJESTELMISSÄ

INSTA

Suvi Kaartinen & Henry Haverinen, Soodakattilapäivät, 27.10.2022

Agenda

- Miksi kyberturvallisuus on tärkeää?
- Kyberturvallisuuden kokonaisuus
- Projektissa tuotetun aineiston esittely
- 8 käytännön vinkkiä

Huomautus:
Tämä on yhden päättyneen projektin tuotos, jossa huomio on soodakattilan automaatiossa, ei konsernitasossa. Raporttia ei ylläpidetä eikä tarjota jatkuvana palveluna SKY ATR:stä.

Miksi kyberturvallisuus on tärkeää?

Automaatioympäristössä kyberturvallisuuden pettämisellä voi olla vakavia seurauksia

- Henkilövahingot
- Ympäristövahingot
- Keskeytys- ja omaisuusvahingot

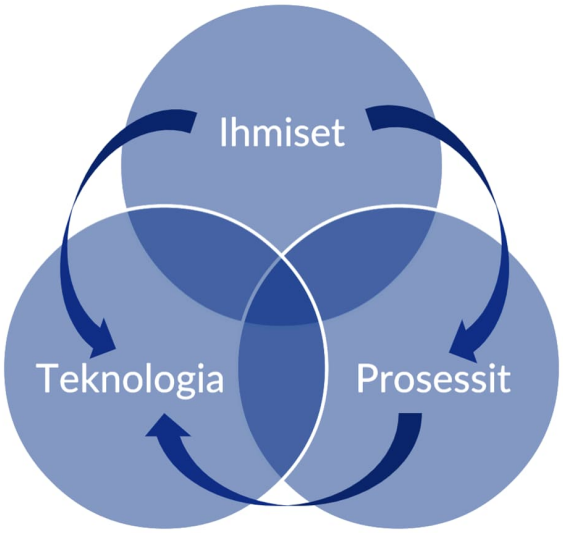
Meneillään olevat kehitystrendit

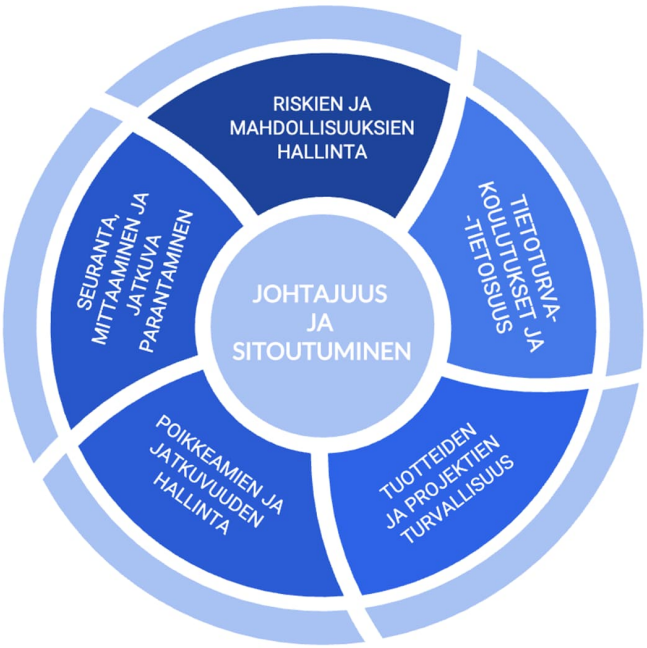
- Uhkaympäristön huononeminen
- Edullisen ja lyhyen elinkaaren teknologian lisääntyminen, IoT-yhteydet, langattomat anturit
- Keskitetysti kerättävän data määrän kasvu
- Kompleksisuuden jatkuva lisääntymien

Erot automaatio- ja toimistoympäristöjen välillä

- Pitkät elinkaaret
- Päivittäminen harvoin toistuvien huoltoikkunoiden välillä voi olla haastavaa

Kyberturvallisuuden hallinta





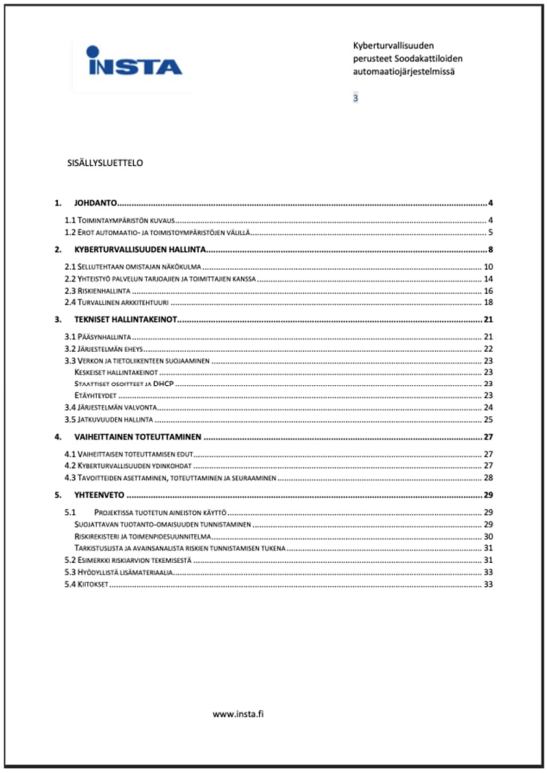
Tekniset hallintakeinot

- Pääsynhallinta
- Järjestelmän eheys
- Verkon ja tietoliikenteen suojaaminen
- Järjestelmän valvonta
- Jatkuvuuden hallinta

Turvallinen arkkitehtuuri

Projektissa tuotettu aineisto

- Raportti, 33 sivua
- Kyberturvallisuuden riskientunnistuspohja (excel)
  - Tuotanto-omaisuuden luettelo
  - Riskirekisteri
  - Toimenpidesuunnitelma
  - Tarkistuslista
  - Avainsanalista
- Esimerkkivideo excelin käytöstä riskin hallinnassa
- Aineisto on saatavilla Soodakattilayhdistyksen jäsenille yhdistyksen jäsensivuilla



INSTA

Kyberturvallisuuden perusteet Soodakattiloiden automaatiojärjestelmissä

3

SISÄLLYSLUETTELO

www.insta.fi

Aloita perusasioista – 8 käytännön vinkkiä

1. Kyberturvallisuuden hallinnan kehittäminen voi onnistua vain, jos johto on siihen sitoutunut, ja jos kehittäminen tukee organisaation tavoitteita.
2. Johda kyberturvallisuutta muutosprojektina.
   Pienissä paloissa, varaa riittävästi voimavaroja ja aikaa.
3. Tunnista suojattavat järjestelmät ja niiden kriittisyys. Aloita kriittisistä.
4. Tunnista henkilöt ja heidän roolinsa. Panosta yhteistyöhön.
5. Tunnista riskit ja suunnittele toimenpiteet niiden hallintaan
6. Valitse luotettavat toimittajat ja kiinnitä huomio myös alihankintaketjuun ja sopimuksiin
7. Panosta koulutuksiin ja tietoisuuden lisäämiseen
8. Aloita hallintakeinojen perusasioista: verkon segmentointi, pääsynhallinta, varmuuskopiointi, ohjelmistopäivitykset, muutostenhallinta

INSTA

insta.fi

LUPA LUOTTAA

SOODAKATTILATYÖNTEKIJÄN SUOJAVAATETUKSEN KEHITTÄMINEN

Susanna Mäki
Työterveyslaitos

Työterveyslaitos

Soodakattilatyöntekijän suojavaatetuksen kehittäminen

27.10.2022

Susanna Mäki, erityisasiantuntija

Tausta

Kuva: Susanna Mäki, Työterveyslaitos

- Palvelun tavoitteena oli selvittää aikaisemmin kehitetyn soodakattilatyöntekijän suojavaatetuksen päivityksen tarpeet, kartoittaa soveltuvat suojavaatemateriaalit, sekä päivittää projektissa kerättyjen tietojen pohjalta soodakattilatyöntekijän suojautumisohjeet.
- Aikataulusuunnitelma: 1.5.2021-1.5.2022.
- Työn tilaaja: Suomen Soodakattilayhdistys ry.
- Työterveyslaitoksen palvelu perustuu aikaisemmin toteutettuun Soodakattilatyöntekijöiden suojautuminen kuuman kemikaalisulan roiskeita vastaan hankkeeseen. Työsuojelurahaston hanke nro: 104375, Mäkinen H., Mäki S., Koskinen H., ym. Työterveyslaitos, 2006.
- Lisätietoa: Mäki Susanna, Työterveyslaitos, susanna.maki@ttl.fi

Projektin toteutus v. 2021-2022

- Osa 1: Suojaustarpeen määritys
  - Kyselyt ja haastattelut, kesäkuu 2021 (kyselyn vastausaika jatkettiin 5.10.2021 asti)
- Osa 2: Materiaalikartoitus ja –mittaukset
  - Materiaaleja 5 + 2 optiota
  - 4 eri valmistajan materiaalit (3 materiaalitoimittajaa)
  - Materiaalien testaus kenttäolosuhteissa
- Osa 3: Suojavaatetuksen vaatimusten asettaminen
- Osa 4: Suositusten ja ohjeistuksen päivitys

Työterveyslaitos

Toteutus 2022

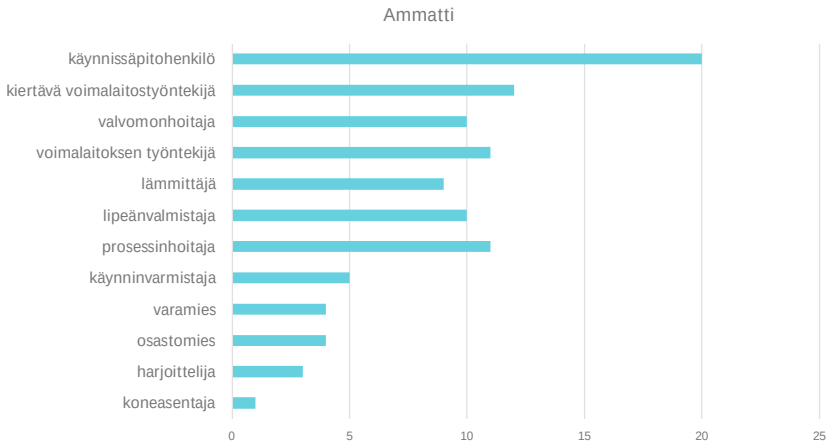
- Testaus ja testausselosteen raportointi
  - Alihankinta SGS Fimko Oy.
  - Materiaalitestit Kotkan tehdas, MM Kotkamills Boards Oy, 15.6.2022.
  - Testausseloste, 16.8.2022.
- Loppuraportti, Soodakattilatyöntekijöiden suojavaatesuositus, Suomen Soodakattilayhdistys ry.
- Projektin tulosten esittely, 27.10.2022, Soodakattilapäivät, Tampere.

Työterveyslaitos

Kyselyn tulokset

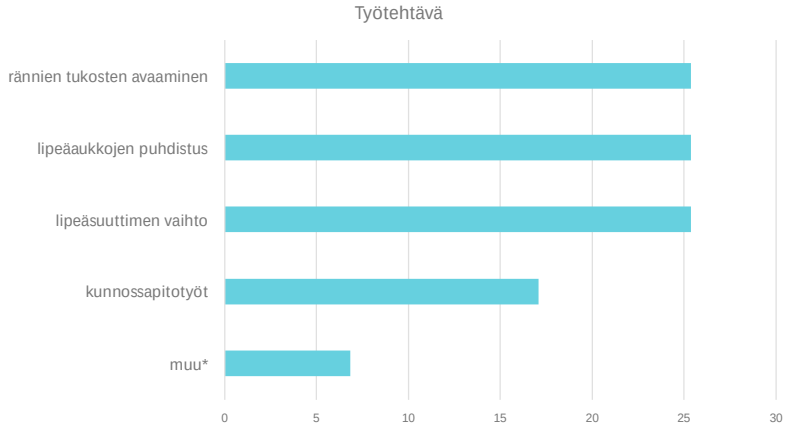
Työterveyslaitos

Vastanneiden työtehtävä



Työterveyslaitos

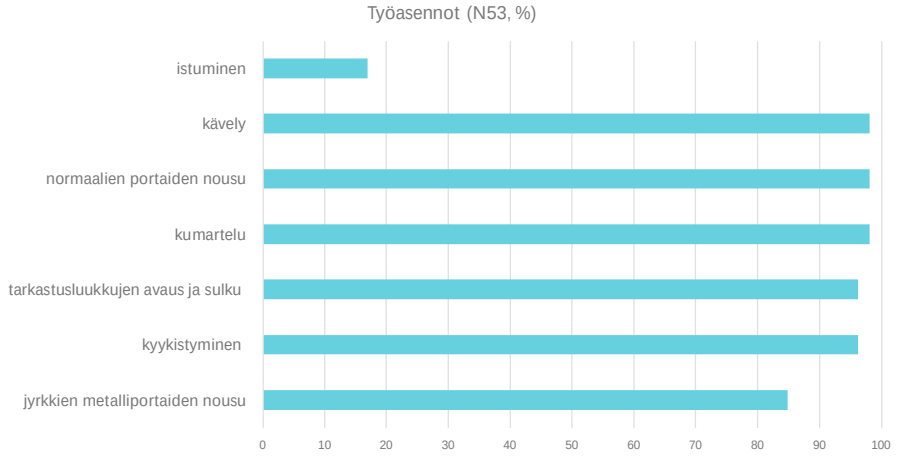
Soodakattilatyöntekijän työtehtävät



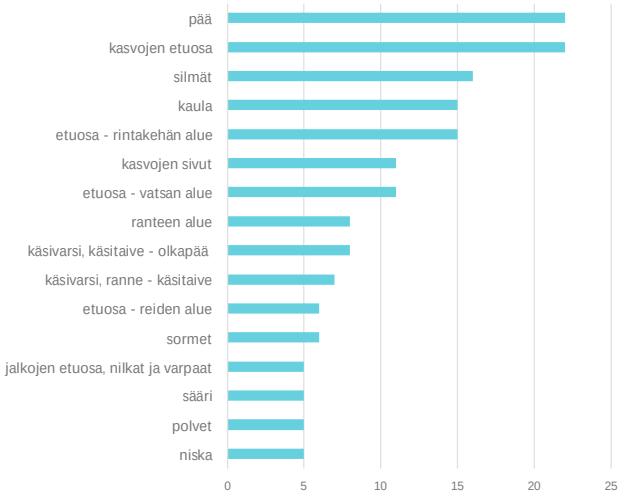
**puhtaanapitotyöt, ilma-aukkojen puhdistus, öljypoltinten sytyttäminen, ilmarekistereiden säädöt kentällä, valvomotyöskentely, näytteiden haku, näytteiden otto, kaikki kunnossapitoon liittyvät työt, hapot, lukitukset ja koeajot, näytteet, EH, valvomo ym. haihduttamon kenttätehtävät, lisäveden valmistus, suola ja kuorikuljetusten tukosten aukaisut, sähkötyöt mahdollisesti, ylös alasajot kenttämiehen töissä*

Työterveyslaitos

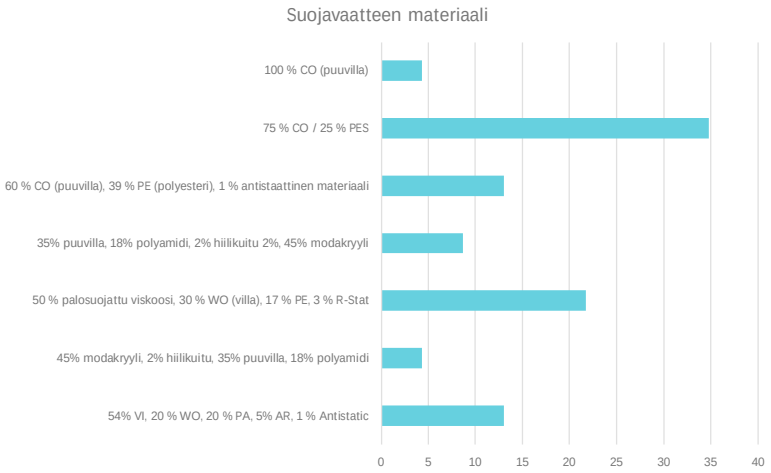
Työasennot ja vaatteen ergonomian vaatimukset



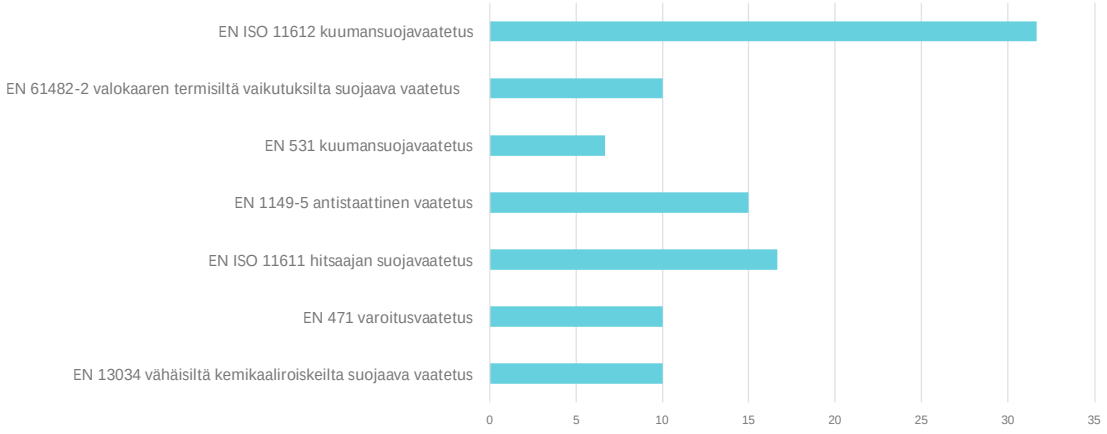
Suojaustarve vartalon alueella (N53, % vastanneista)



Käytössä olevien suojavaatteiden materiaali (tieto tulee löytyä merkinnästä)

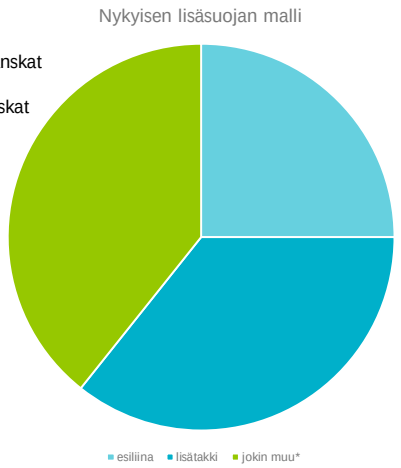


Käytössä olevan suojavaatetuksen standardi

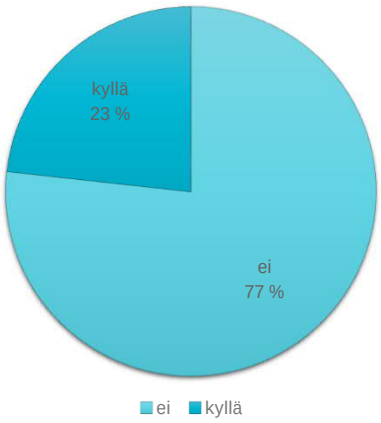


Käytössä olevat lisäsuojat

Jokin muu*:
- haalarit, moottorimaski, saappaat ja hanskat
- visiiri ja lämmönkestävät hanskat
- kypärä visiirillä ja lämmönkestävät hanskat
- suojanaamarilla varustettu kypärä
- hitsaajan suojakäsineet



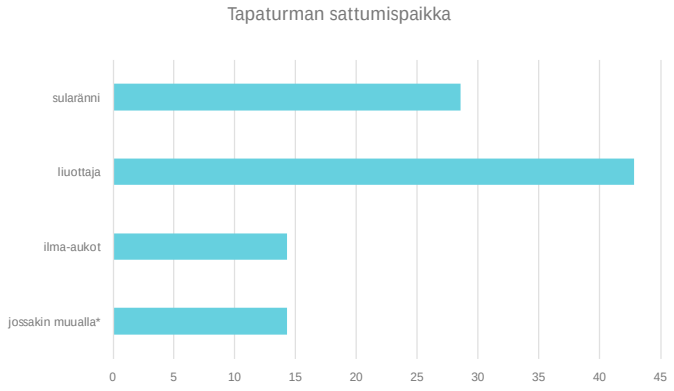
Sattuneet kuumien roiskeiden tai pintojen aiheuttamat työtapaturmat (N43)



Tapaturmakuvauksia

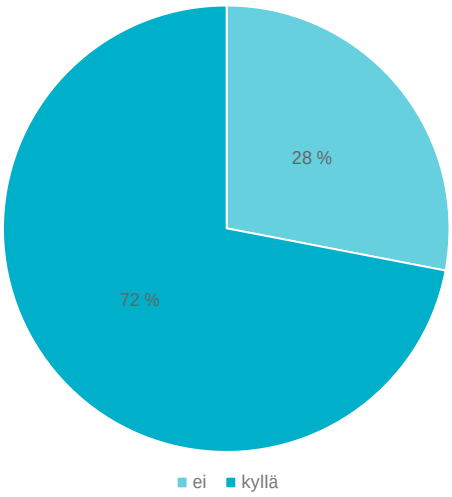
- Sularännejä puhdistaessa sularoiskeita iholle: Sularännin puhdistustyössä työntekijä oli puhdistanut viimeistä ränniä ja oli sulkemassa luukkua ja kääntynyt viimeiseltä ränniltä poispäin. Sularoiskeita lensi korvan taakse iholle.
- Vahingoittunut henkilö oli soodakattilan lipeäruiskuaukoilla. Puhdistaessaan ruiskutusaukkoa, kattila puhalsi voimakkaasti ulos. Henkilö sai lipeänöölin suuhunsa.
- Henkilö oli seuraamassa sularännien putkilinjoja. Putkien välistä tippui kuivunut sulamöntti silmäkulmaan. Silmä huuhdottiin heti tapahtuman jälkeen ja lähdetty työterveyteen tarkistamaan silmä.
- Sulakourun ja liottajan välistä tuli paineella henkilön jaloille polvista alaspäin. Poikkeama: Aineen valuminen, purkautuminen, vuotaminen höyrystyminen tai pölyäminen. Vahingoittumistapa: Vaaralliset aineet iholle tai silmiin. Alue: Lahkeet ja kengät. Syy: Puutteelliset työolosuhteet. Muut kommentit: Starttisermit puuttuivat tässä vaiheessa. Henkilö ei päässyt suojaan.

Tapaturma



- Polttolipeää tuli päälle.
- Palovamma niskaan.
- Sääreen palovamma.

Läheltä piti –tilanteet (N50)



Työntekijöiden raportoimat läheltä piti -tilanteet

- Kuumaa sulaa maskille, poltti takkiin reiät ja housuihin.
- Ränneiltä roiskeita, kypärän tuuletusaukoista päähän. Primääri-ilma-aukoista kameja niskaan. Aukon putsausasento paljastaa kaulan ja niskan.
- Sularoiskeita niskaan.
- Välillä sula roiskuu. Suojavaatteet ja välineet suojaavat hyvin.
- Sularänniroiske rutiinikierroksella.
- Sularännejä puhdistaessa sulaa lentänyt kattilasta tasolle.
- Lipeäruiskujen puhdistuksen aikana viereisen ruiskun letku alkoi vuotamaan ja sai roiskeita päälle. Tukkeutuneen sularännin puhdistuksessa, joka oli tukkeutunut palamattomasta lipeästä.
- Aukaisun yhteydessä tulipesästä tuleva kuumasula "poksahti" osuessaan palamattomaan lipeään.
- Sularänneillä tuli sulasyöksy, jolloin sulaa roiskui päälle.
- Sularännin räjähdys muutama vuosi sitten. Sulaa syöksyy rännejä rassatessa.
- Sulaa tuli hetkellisesti reilusti. Ränneiltä kamien puhdistus aiheutti sysäyksen liottajassa.
- Sula- ja lipeäroiskeita kasvomaskiin ja vaatteille.
- Yllättävä sulasyöksy.

Käytössä olevan suojavaatteen ja lisäsuojan valmistaja

Suojavaatteet on hankittu pääsääntöisesti kolmelta eri suojavaatevalmistajalta ja yhdeltä teknisten lisäsuojien valmistajalta. Valmistajat ja suojavaatteiden materiaalit:

Lindström
- 21.7%: 50 % palosuojattu viskoosi, 30 % villa, 17 % polyesteri, 3 % R-Stat. Malli: LO239.
- 13%: 54 % viskoosi, 20 % villa, 20 % polyamidi, 5 % AR, 1 % antistaattinen materiaali. Malli: LO212.
- 4.3%:100 % puuvilla.

Tranemo
- 13%: 160 % puuvilla, 39 % polyesteri, 1 % antistaattinen materiaali.

Atex-ammattiasut
- 34.8%: 75 % puuvilla/ 25 % polyesteri.

Kokemukset käytössä olevista alus- ja välivaatteista ja asusteista

Alus- ja välivaatetus – mukavat käyttää
Mallit: Pitkähihaiset paidat, t-paidat, bokserit ja pitkät alushousut.
Valmistaja: Tranemo Workwear.

Putkihuivi – positiivisia käyttökokemuksia
Kaulan alueen suojaus haastava.

Materiaalitestien tuloksia

Testin kulku

- Näytteet testattiin uutena ja soveltuvin osin esikäsittelypestyinä.
- Ennen testausta näytteitä säilytettiin vähintään 24 tuntia vakio-olosuhteessa: lämpötila (20 ± 2) °C ja suhteellinen kosteus RH (65 ± 5) %.
- Grafiittiupokkaita esilämmitettiin uunissa (900 °C) ja prosessista otettu kemikaalisula (noin 50 g) kaadettiin upokkaaseen.
- Upokas nostettiin kaatolaitteistoon ja sula sooda (noin 800 °C) kaadettiin näytteelle.
- Pyrometrilla tarkistettiin ennen kaatoa, että soodan lämpötila on yli 800 °C.

Materiaalit

Suojavaatemateriaalit

1. 375 g. Wooltechs: 54 % Lenzing FR, 20 % WO, 20 % PA, 5 % AR, 1% antistatic. (Wool Techs 375, Textil Santanderina, Lenard).
2. 500 g. Wooltechs: 54 % Lenzing FR, 20 % WO, 20 % PA, 5 % AR, 1% antistatic. (Wool Techs 500 (Textil Santanderina, Lenard).
3. 310 g. Bodyguard 310 Kevlar: 40% Kevlar, 60% Protex. (Gautier Tissus).
4. 360 g. Bodyflex Denim AS Teflon: 53 % Protex, 42 % puuvilla, 3 % EOL, 2 % Negastat. (Gautier Tissus).
5. 360 g. Bodyguard Plus Teflon: 48 % Protex, 30 % puuvilla, PA 20%, 2 % Negastat. (Gautier Tissus).

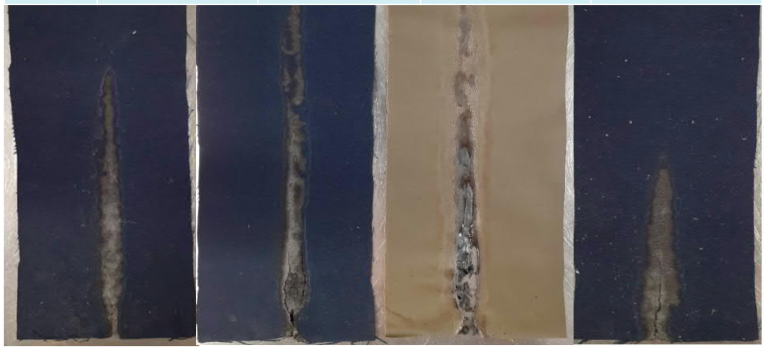
Lisäsuojaimen materiaali, suojavaatteeseen ommeltava ja lisäsuojausta antava materiaali, sekä kalvomateriaali

1. 400 g. 47 % Metalized Siloxane, 38 % Pan Oxidized, 15 % Para-aramid. Erillinen lisäsuojainmateriaali.
2. Gore Pyred®(W. L. Gore & Associates, Inc.) Kalvomateriaali, kertakäyttöisen lisäsuojan materiaali.

1. Materiaali

375 g/m2:
54 % Lenzing FR,
20 % WO,
20 % PA,
5 % AR,
1% antistatic

Näyte	Kaatomäärä g	Sulan tarttuminen	Muutokset tekoiho	Muutokset näyte
1	35	Kyllä	Ei tekoihoa	Palojäljet
2	46	Kyllä	Reikä	Palojäljet
3	63	Kyllä	Ei tehoihoa	Palojäljet



Soodasulaa tarttui materiaalinäytteen pintaan ja kuumuus aiheutti vaurioita tekoihoon.

Valokuva: SGS Fimko Oy, Heidi Soili

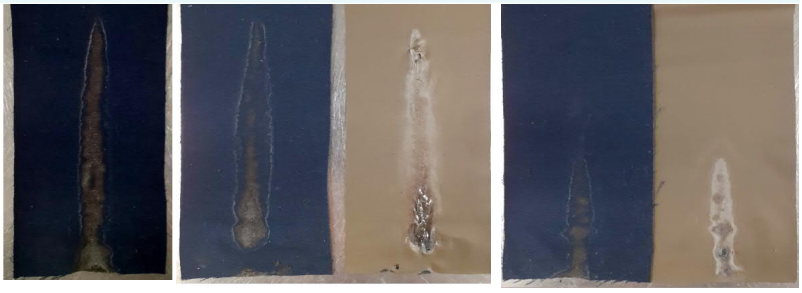
2. Materiaali

500 g/m2:
54 % Lenzing FR*,
20 % WO,
20 % PA,
5 % AR, 1% antistatic

**selluloosamuunto-kuitu, palosuojauttu modaali*

Näyte	Kaatomäärä g	Sulan tarttuminen	Muutokset tekoiho	Muutokset näyte
1	67	kyllä	ei tekoihoa	palojäljet
2	110	kyllä	reikä, vauriot	palojäljet
3	50	kyllä	kuvio sulanut	palojäljet

Sula tarttui materiaalinäytteen pintaan ja kuumuus aiheutti vauriota tekoihoon. Tulos: Tekoihon vaurio vastaa 3. asteen palovamman muodostumista ihossa.

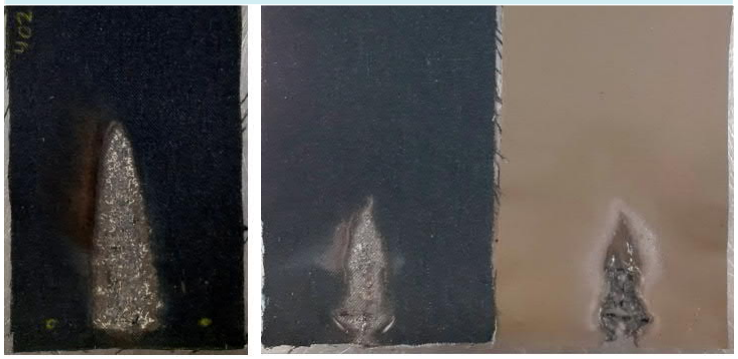


Valokuvat: SGS Fimko Oy, Heidi Soili

3. Materiaali

310 g.
40% Kevlar,
60% Protex.

Näyte	Kaatomäärä g	Sulan tarttuminen	Muutokset tekoiho	Muutokset näyte
1	54	Kyllä	Ei tekoihoa	Palojäljet
2	54	Kyllä	Reikä, kuvio suli	Palojäljet
Soodasula tarttui näytteen pintaan ja kuumuus aiheutti vaurioita tekoihoon.				



Kuva: SGS Fimko Oy, Heidi Soili

4. Materiaali

360 g.

53 % Protex,
42 % puuvilla,
3 % EOL,
2 % Negastat.

Teflon viimeistely.

Näyte	Kaatomäärä g	Sulan tarttuminen	Muutokset tekoiho	Muutokset näyte
1	83	Kyllä	Ei tekoihoa	Palojäljet
2	62	Kyllä	Reikä, kuvio sulanut	Palojäljet
Sula tarttui materiaalinäytteen pintaan ja kuumuus aiheutti vaurioita tekoihoon.				

Kuva: SGS Fimko Oy, Heidi Soili

5. Materiaali

1) Kerros 290 g.
2) 360 g. Teflon plus viimeistely

48 % Protex,
30 % puuvilla,
PA 20%,
2 % Negastat.

Näyte	Kaatomäärä g	Sulan tarttuminen	Muutokset tekoiho	Muutokset näyte
1	75	Kyllä	Ei tekoihoa	Reikä
2	63	Kyllä	Ei tekoihoa	Reikä
Sula tarttui materiaalinäytteen pintaan ja näytteeseen muodostui reikä.				

Kuva: SGS Fimko Oy, Heidi Soili

2. Optio

- Materiaalivalmistaja testannut kalvon 860°C sularoiskeilta
- Testimenetelmä ASTM 955

Näyte	Kaatomäärä g	Sulan tarttuminen	Muutokset tekoiho	Muutokset näyte
1	102	Kyllä	Ei tekoihoa	Reikä
2	51	Kyllä	Ei tekoihoa	Reikä
Sula sulatti materiaalinäytteen reiän heti osuessa materiaaliin.				

Kuva: Susanna Mäki, Työterveyslaitos

Optio 1.

400 g/m^2
lisäsuojamateriaali

47 % Metalized Siloxane,
38 % Pan Oxidized,
15 % Para-aramid

Näyte	Kaatomäärä g	Sulan tarttuminen	Muutokset tekoiho	Muutokset näyte
1	52	kyllä	ei tekoihoa	palojäljet
2	58	kyllä	reikä, kuvio sulanut	palojäljet
Sula tarttui hieman materiaalinäytteen pintaan ja kuumuus vaurioitti tekoihoa näytteen alla. Tulos: 3-asteen palovamma.				

Kuva: SGS Fimko Oy, Heidi Soili

Optio 2. kerrosratkaisu, lisäsuoja + kaksi suojavaatekerrosta

Lisäsuoja 440 g/m^2 ja suojavaatemateriaalit 375 ja 500 g/m^2

3-kerrosratkaisu				
Näyte	Kaatomäärä, g	Sulan tarttuminen	Muutokset tekoiho	Muutokset näyte
1	82	kyllä	vähän kiiltoa	palojäljet
Sula tarttui materiaalinäytteen pintaan. Alla olevien materiaalien vauriot vähäiset. Tekoihon muutos vähäinen.				

Valokuvat: SGS Fimko Oy

Lisätesti 2. kerrosratkaisu: kaksi erillistä suojavaatekerrosta 375 g/m2 ja 500 g/m2

Sula tarttui materiaalinäytteen pintaan.
Tekoihossa väkiiltoa.

Näyte	Kaatomäärä, g	Sulan tarttuminen	Muutokset tekoiho	Muutokset näyte
1	72	kyllä	vähän kiiltoa	palojäljet
Sula tarttui materiaalinäytteen pintaan (375 g/m2) ja alla olevassa tuplamateriaalissa (500 g/m2) oli lievemmät palojäljet. Tekoihon vauriot vähäiset (*kommentti: sula tarttui kiinni kankaan alareunaan. Tekoiho taittunut kenttäolosuhteissa toteutetun testin jälkeisessä kuljetuksessa).*				

Kuva: SGS Fimko Oy, Heidi Soili

Tulosten arviointi

- Tuloksista saatiin suuntaa antavaa tietoa materiaalien suojaavuudesta noin 800°C:n sulaseokselta.
- Kaadetun sulan määrä vaihteli 50-100 g välillä.
- Testaustulosten perusteella kolmikerroksinen materiaaliyhdistelmä antoi testatuista materiaaleista parhaimman suojauksen sularoiskeita vastaan.
- Kuumaa sulaseosta vastaan tarvitaan useampia eristäviä kerroksia.

Tulosten yhteenveto

- Materiaalin terminen siirtyminen tulee estää, jottei käyttäjän iholle synny palovammaa.
- Vaatekerrosten väliin jäävä ilmakerros toimii osaltaan eristeenä ja vähentää palovamman syntyä.
- Valinnassa tulee huomioida eri materiaalien kuidun palokäyttäytyminen (mm. sulamislämpötila) ja lämmönsiirtyminen ihoa vasten.
- Päällyskerroksen tulee olla sulaa hylkivä.

Työterveyslaitos

KIITOS!

ttl.fi

@tyoterveys
@fioh

tyoterveyslaitos

tyoterveys

Tyoterveyslaitos

TULIPESÄN KERAAMISET MATERIAALIT

Saara Söyrinki
Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy

Tulipesän keraamiset materiaalit

Saara Söyrinki, Pekka Pohjanne, Pertti Lintunen

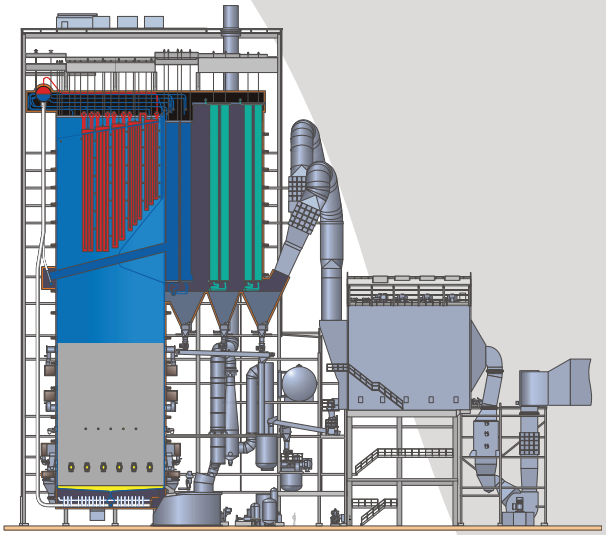
SOODAKATTILAPÄIVÄ
27.10.2022
Tampere

Sisällys

- Tulipesän keraamiset materiaalit
- Keraamisten materiaalien ongelmia tulipesässä
- Eri materiaalien kestävyys mustalipeässä
- Massausprosessi
- Yhteenveto

Tulipesän keraamiset materiaalit

Starttipolttimet, aukot ja läpiviennit (sularännit, sekundääri-ilma-aukot, pohjan oja, poltinaukot, lipeäruiskujen aukot, miesluukkujen aukot, nuohoinaukot ja tulipesän mittausaukot, …)



Kuva: Valmetin luvalla

Typical Refractories for Black Liquor Recovery Boilers (Mark Reid, BLRBAC meeting, Oct 2010)		
Kauppanimi	Tyyppi	Koostumus
Kattilan alaosa		
D59A	Matalasementtinen valu, • Andalusiitti, Mulliitti	62%Al_2O_3-33%SiO_2-1.1%Fe_2O_3-1.4%CaO
D65TA	Matalasementtinen valu, • Andalusiitti, Korundi	65%Al_2O_3-30%SiO_2-1.4%Fe_2O_3-1.6%CaO
D66	Matalasementtinen valu • Bauksiitti	66%Al_2O_3-29%SiO_2-1.4%Fe_2O_3-1.6%CaO
D55A-EF	Matalasementtinen valu, helposti virtaava • Samotti, Korundi	55%Al_2O_3-40%SiO_2-0.8%Fe_2O_3-1.9%CaO
D59A-EF	Matalasementtinen valu, helposti virtaava • Andalusiitti, Mulliitti	62%Al_2O_3-33%SiO_2-1.1%Fe_2O_3-1.4%CaO

Typical Refractories for Black Liquor Recovery Boilers (Mark Reid, BLRBAC meeting, Oct 2010)		
Kauppanimi	Tyyppi	Koostumus
Kattilan yläosa		
Kaocrete B	Kiteinen piidioksidi ja Portlandin sementti	48%Al_2O_3-41%SiO_2-1%Fe_2O_3-7.8%CaO-1.7%TiO_2-0.2MgO
Moldit D	Valettava	38%Al_2O_3-48.8%SiO_2-3%Fe_2O_3-8.3%CaO-0.4%TiO_2-0.2MgO
Tuff Shot LI	Mulliitti, kristobaliitti, kaoliini	46.5%Al_2O_3-38.8%SiO_2-1.7%Fe_2O_3-0.2%CaO-1.6%TiO_2-0.2%MgO
KS 4V		46.5%Al_2O_3-39.4%SiO_2-1.5%Fe_2O_3-8.9%CaO-2.6%TiO_2-0.4%MgO
Blu Ram	Mulliittipohjainen, fosfaatti sidottu	73.8%Al_2O_3-20%SiO_2-0.9%Fe_2O_3
90 Ram HS	Korkea alumiinioksidipitoisuus, fosfaatti sidottu	93%Al_2O_3-2.7%SiO_2-0.5%Fe_2O_3
Plastech 90P	Alumiinioksidi, fosfaatti sidottu	Al_2O_3-SiO_2-P_2O_5

Soodakattilan alaosassa käytettävien materiaalien tulisi täyttää seuraavia vaatimuksia

- Kestävyys suolasulan komponentteja, Na_2CO_3, Na_2S, NaOH ja pienemmissä määrin SiO_2, NaCl ja KCl vastaan
- Kestävyys kaasumaisia reaktiotuotteita, kuten H_2, CO, CO_2, H_2O, H_2S, NH_3, HCN, HCl, COS, Na, NaOH kaasuja vastaan
- Korkean lämpötilan (800–850 °C) ja lämpöshokin kestävyys
- Kattilan alaosassa suolasulan kanssa kontaktissa olevien keraamimateriaalien tulisi olla mahdollisimman reagoimattomia ympäröivissä olosuhteissa
- Pieni suolasulan tunkeumasyvyys materiaaliin

Keraamisten materiaalien ongelmia tulipesässä

- Tulipesässä ongelmia enemmän kuin kattilan yläosassa
- Massaukset vaativat vuosittaista huoltoa
- Eri materiaalien välillä ei ole havaittu suuria eroja

Keraamisten materiaalien ongelmia tulipesässä

- Massausten toimittajien ohjeita ei aina pystytä noudattamaan
- Materiaalien kuivumisaika ei aina tarpeeksi pitkä
- Sulan kanssa tapahtuvat kemialliset reaktiot osasyynä ongelmiin

Kestävyys mustalipeässä - alumiinisilikaatit ja alumiinioksidi

- Perinteinen $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ alumiinisilikaattivuoraus ei kestä mustalipeää n. 950-1000°C lämpötilassa
- Mulliitti reagoi korkeassa lämpötilassa suolasulan kanssa
- Sulavaletun α/β alumiinioksidin (45% α / 53% β) kestävyys on parempi kuin perinteisen alumiinisilikaatin tai mulliitin

Kestävyys mustalipeässä - alumiinisilikaatit ja alumiinioksidi

- Alumiinisilikaattien kestävyyttä alkalisia suolasulia vastaan voidaan parantaa seosaineilla tai pintakäsittelyillä, jotka muodostavat pinnalle paremmin korroosiota kestävän kerroksen

Kestävyys mustalipeässä - magnesiumoksidi ja Mg-spinellit

- Magnesiumoksidin (MgO) ei ole todettu reagoivan natriumkarbonaatti- (Na_2CO_3) tai kaliumkarbonaatti- (K_2CO_3) sulien kanssa 1000 °C:ssa
- MgO ei korrodoidu NaCl, Na_2CO_3 ja Na_2SO_4 suolaseoksissa lämpötilavälillä 600–1200 °C
- MgO:lla hyvä kestävyys myös mustalipeäsulassa lämpötilassa 1000 °C
- Kalliita, huono saatavuus

Kestävyys mustalipeässä - magnesiumoksidi ja Mg-spinellit

- $MgO\text{-}Al_2O_3$ ja $MgAl_2O_4$ sekä vastaavan tyyppisillä materiaaleilla kohtalainen tai hyvä kestävyys mustalipeäsulassa
- Sulavaletulla $MgAl_2O_4$ spinellillä on havaittu olevan mustalipeässä parempi kestävyys kuin vastaavalla sideaineellisella spinellillä (vähäisempi tunkeutuminen rakenteeseen)

Kestävyys mustalipeässä - zirkoniumoksidi

- Korkeassa lämpötilassa ZrO_2 muodosti natriumkarbonaatin kanssa natriumzirkonaattia (Na_2ZrO_3)
- Pieni tunkeumasyvyys
- ZrO_2-pinnoite voisi parantaa muiden refraktorimateriaalien korroosionkestävyyttä

Massausprosessi

Tulenkestävien massauksien oikea asennus sisältää sekoittamisen, paikalleen asennuksen, kovetuksen ja kuivauksen

Massausprosessi

Väärin käytetty vesimäärä sekoituksessa tai huono tiivistys asennuksen aikana voivat johtaa suurempaan huokoisuuteen, pienempään tiheyteen ja heikentyneeseen lujuuteen.

Massausprosessi

Valettavien keraamimassojen kuivauksessa on tärkeää saada kemiallisesti sitoutunut ja vapaa vesi poistumaan massasta

Massausprosessi

Valettavien keraamimassojen asennuksen yhteydessä voidaan käyttää lisäaineita

- Dispergointiaineet
- Kovettumista nopeuttavat lisäaineet

Dispergointiaineet

- Pienempi veden määrä, lyhyempi kuivumisaika
- Mikrosilika, reaktiivinen alumiinioksidi, jauhemainen polymeeri

Kovettumista nopeuttavat lisäaineet

- Esimerkiksi litium kiihdyttää kalsiumaluminaattisementin asettumista ja hydratoitumista

Yhteenveto

- Tulipesän nykyiset keraamiset rakenteet kestävät suhteellisen huonosti, joudutaan uusimaan vuosittain
- Huono kestävyys johtuu ainakin osittain reaktioista suolasulan kanssa
- Sulan tunkeumasyvyydellä vaikutus kestävyyteen, vähäinen huokoisuus eduksi
- Rakenteisiin jääneellä vedellä myös vaikutus kestävyyteen

Yhteenveto

- Käytössä alumiinioksidi- ja alumiinisilikaattipohjaisia materiaaleja
- MgO kestää hyvin mustalipeää korkeassa lämpötilassa, mutta kallista
- $MgO\text{-}Al_2O_3$ spinellillä myös suhteellisen hyvä kestävyys mustalipeässä

KIERTOTALOUS LISÄÄ SELLUTEHTAAN STRATEGISTA OMAVARAISUUTTA – KLABIN INVESTOI RIKKIHAPPOLAITOKSEEN PUMA-TEHTAALLAAN

Jaakko Martikainen
ANDRITZ

CIRCULAR ECONOMY FOR STRATEGIC SELF-SUFFICIENCY IN A PULP MILL

KLABIN INVESTED IN SULFURIC ACID PLANT IN THE PUMA MILL

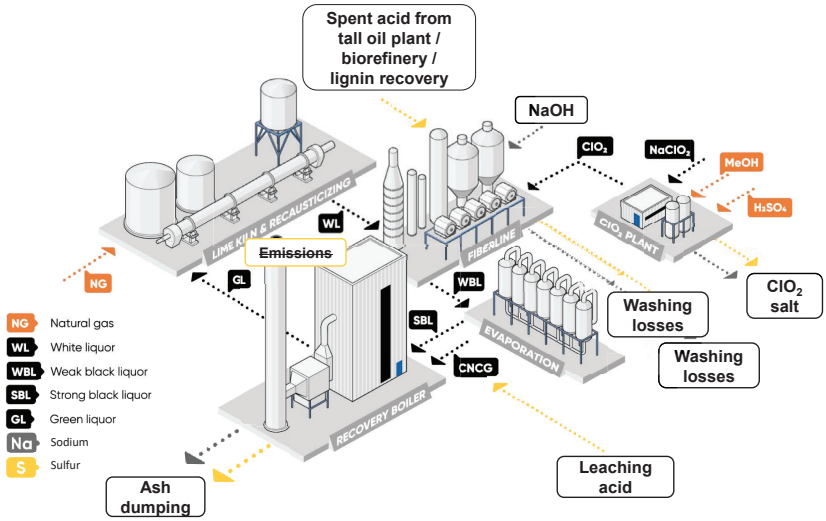
JAAKKO MARTIKAINEN
SOODAKATTILAPÄIVÄ 27.10.2022, TAMPERE

ANDRITZ
ENGINEERED SUCCESS

PROBLEM 1: CLOSURE OF CYCLES CAN CAUSE A NEED TO OPEN CYCLES

- Increasing sulfur intakes and closure of loops cause need to purge sulfur containing streams
- Sulfur containing streams also contain sodium

Loops cannot be closed; mills are losing valuable sodium which need to be replaced by expensive NaOH



PROBLEM 2: HANDLING OF ODOROUS GASES IS NOT AN EASY TASK

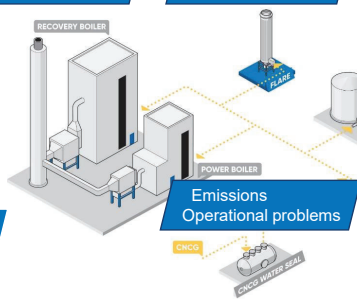
Typical alternatives for CNCG handling

- None of the existing CNCG treatment methods comes without problems and trade-offs

Sulfur surplus in the recovery cycle
Unnecessary heat load

Emissions
Waste of sulfur
Waste of energy

Sulfur surplus in the recovery cycle
Emissions
Operational problems



Emissions
Operational problems

Sodium hydroxide consumption
Sulfate / Bisulfite purge

FRANCISCO RAZZOLINI
Director of Industrial Technology, Innovation, Sustainability and Projects, Klabin S.A.

"We have been investigating ways of using these gases for some years"

SOURCE: ANDRITZ SPECTRUM, NO. 42 / 2021

PROBLEM 3: CHEMICAL TRANSPORTS TO A PULP MILL

- Sulfuric acid and caustic soda are among the most common dangerous goods transported to pulp mills in vast quantities
- Sulfuric acid has been involved in several rail and road accidents in past
- Logistics account a significant footprint in fossil CO_2 for pulp mills

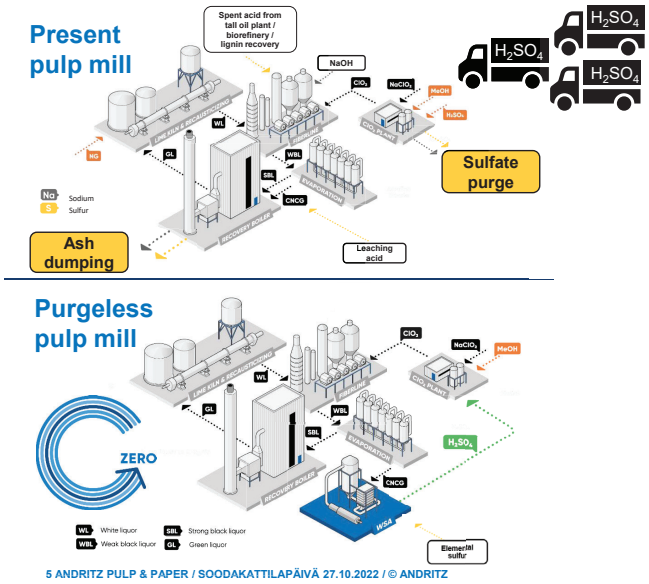

Photo: Adobe Stock

FRANCISCO RAZZOLINI
Director of Industrial Technology, Innovation, Sustainability and Projects, Klabin S.A.

"There is a major logistics issue with transporting some five or six hazardous chemical trucks from 500 kms away to the mill site, every day"

SOURCE: ANDRITZ SPECTRUM, NO. 42 / 2021

SULFUR SURPLUS MANAGED WITH WET-GAS SULFURIC ACID (WSA) SOLUTION



Solution

- CNCG is converted to commercial-grade concentrated sulfuric acid in the WSA plant
- Sulfur from CNCG is taken out of the chemical recovery cycle
- Sulfuric acid production is boosted with elemental sulfur, eliminating need of using fossil support fuels

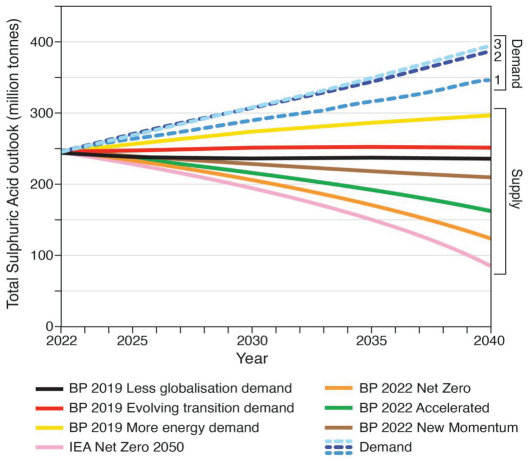
Gains

- No need to purge sulfate
- Reduced consumption of NaOH
- CNCG combustion does not disturb other processes
- No need to transport sulfuric acid to the mill

IMPACT OF THE GLOBAL PERSPECTIVE

GLOBAL ANNUAL DEMAND OF SULFURIC ACID ESTIMATED TO EXCEED SUPPLY BY 100-320 MILLION TONS *)

- Sulfur sources from refineries are declining as the refining capacity decreases in green transition
- Demand of sulfuric acid increasing rapidly, driven by EV industry, batteries, chemicals and metals
- In shortage situation, price of sulfuric acid goes up, and better paying industries will outbid the other industries for the limited more expensive sulfuric acid
- To ensure food security, the gap can be filled either by intensive and dirty mining of sulfur, or by investing in recycling

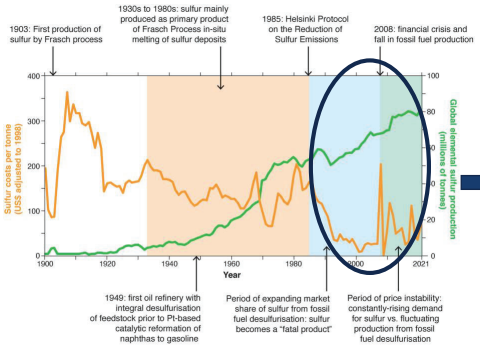


Estimated future supply (Essential Chemical Industry, 2016; Shah, 2019; Statista, 2020) and demand for sulfuric acid (IEA, 2021b, BP, 2019, 2022; USGS, 2022)

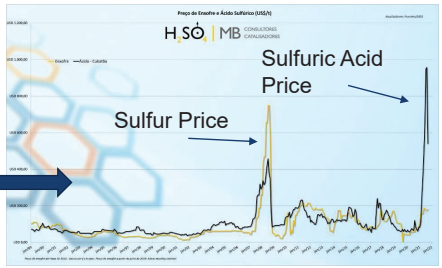
*) Maslin, Van Heerde, Day: "Sulfur: A potential resource crisis that could stifle green technology and threaten food security as the world decarbonises" The Geographical Journal, 2022 (https://doi.org/10.1111/geoj.12475)

CURRENTLY SULFURIC ACID PRICE AND AVAILABILITY IS IN INSTABILITY PERIOD

- Constantly rising demand for sulfur and fluctuating production from fossil fuel desulfurisation keeps sulfuric acid price and availability fluctuating
- Lower volume off-takers may have difficulties to ensure availability of the acid all the time
- Unavailability of sulfuric acid can stop a pulp mill, like in Brazil in 2018 due to a strike

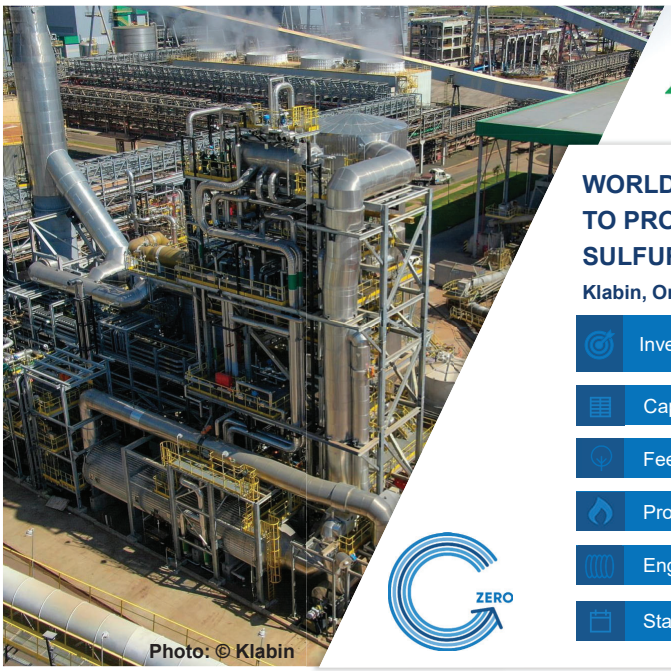


Comparison of past global supply of sulfur and cost per tonne corrected to 1998 US$ with annotations explaining the different phases of production and overall cost of sulfur.
Maslin, Van Heerde, Day: "Sulfur: A potential resource crisis that could stifle green technology and threaten food security as the world decarbonises" The Geographical Journal, 2022 (https://doi.org/10.1111/geoj.12475)



Sulfuric acid price (black) in Cubatão, Brazil, and sulfur price (yellow) as FOB Vancouver from 1990-2022
http://h2so4.com.br/wp-content/uploads/2022/02/Grafico_Pre%C3%A7o_Enxofre_Acido_Fevereiro_2022_1.jpg

GLOBAL CRISIS MAKE INVESTING IN CIRCULAR ECONOMY EVEN MORE STRATEGIC



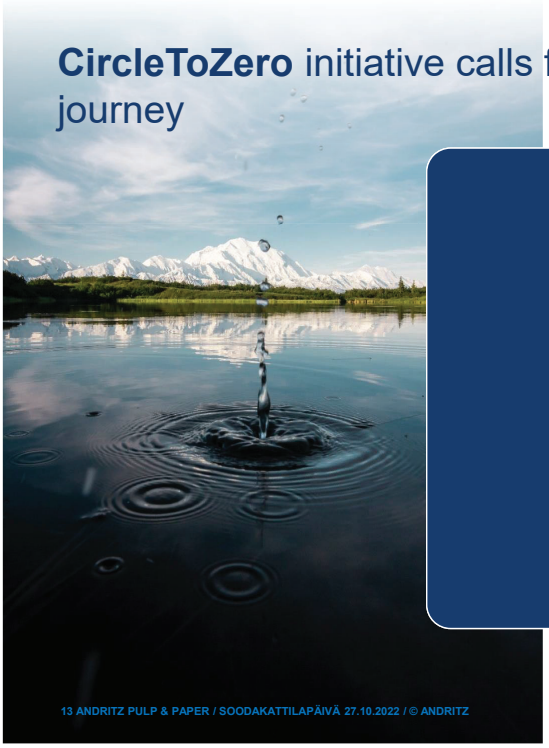
Klabin

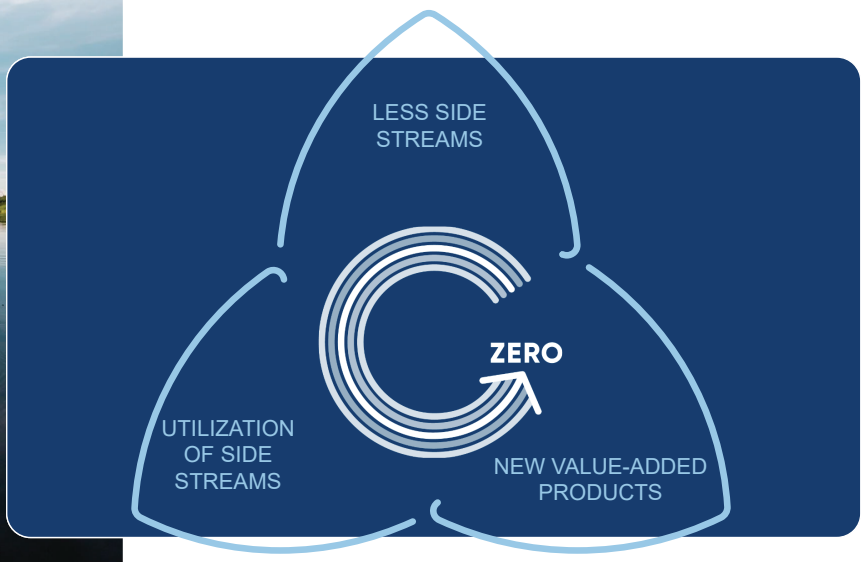
WORLD'S FIRST SULFURIC ACID PLANT AT A PULP MILL TO PRODUCE COMMERCIAL GRADE CONCENTRATED SULFURIC ACID

Klabin, Ortigueira, Brazil

Investment targets	Reduction of waste streams, self-sufficiency in sulfuric acid
Capacity	150 t/d
Feedstock	Solid Elemental Sulfur + CNCG
Product usage	Condentrated sulfuric acid for all need on-site
Engineering	EPCC Delivery
Start-up	2022

CircleToZero initiative calls for joining to the circular economy journey





LEGAL DISCLAIMER

HAJUKAASUJEN KÄSITTELY JA NOX-PESURIT SELLUTEHTAIDEN KESTÄVÄN KEHITYKSEN EDISTÄJINÄ

Pilvi Uurinmäki & Lari-Matti Kuvaja
Valmet Technologies Oy

Hajukaasujen käsittely ja NOx-pesurit sellutehtaiden kestävän kehityksen edistäjinä

Soodakattilapäivä 27.10.2022

Valmet

Sustainability

In general

- Three core concepts: economic, environmental and social
- Environmental sustainability prevents enviromental tolerance to be overloaded from pollutions or resource overusage
- Key elements for environmental sustainability
  - Energy recovery
  - Emission decrease
  - Chemical recycling
  - Waste minimizing

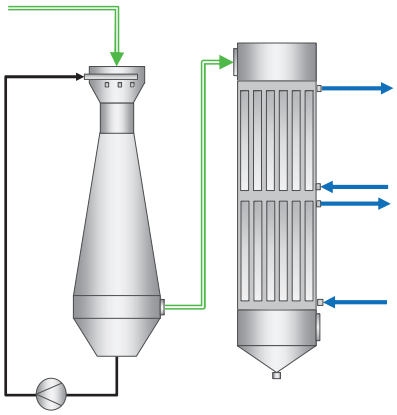
Valmet

NCG treatment at pulp mills

Vent gas systems

High availability

- Very high availability
  - Combustion > 99,5 % of operation time
- No venting to atmosphere
  - Autocleaning tube condenser
  - Acid washing during operation
- High heat recovery
  - No external heat exchanger → better ΔT & better heat recovery
  - Heat to demineralized water → Less steam needed for heating



Sustainability aspects

Lower emissions → Energy recovery → Lower steam consumption → Lower cooling water consumption

Vent gas systems

28 references, 4 ongoing projects

Unit Bhadrachalam, Bhadrachalam ITC Limited, India

- 2700 t ds/d recovery boiler
- Vent gas system start-up in 2022

Äänekoski Bioproduct mill, Metsä Fibre, Finland

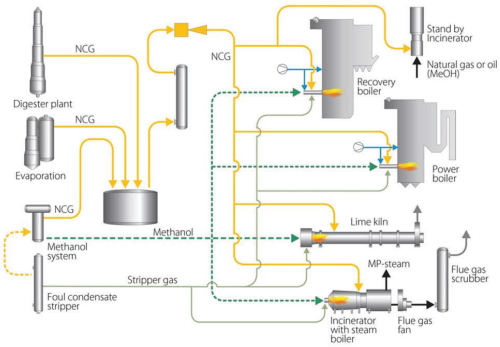
- 7200 t ds/d recovery boiler
- Vent gas system start-up in 2017

Valmet

CNCG and DNCG collection and treatment

Less venting

- Preventing emissions with comprehensive NCG collection and treatment
- **Zero smell** concept
  - Maximized number of back-up incineration locations
  - Hot stand-by for the CNCG to enable quick switch over
  - CNCG burning even during complete mill black out
- Local treatment of the gases
  - DNCG from WLP to be incinerated in the lime kiln



Sustainability aspects

Lower emissions → Chemical recovery → Less natural resources used

Valmet

CNCG and DNCG collection and treatment

DNCG: 66 references, 3 ongoing projects
CNCG: >100 references, 3 ongoing projects

Arauco MAPA, Chile

- New line and existing line modernization
- Start-up in 2022

CMPC Guaiba, Brazil

- New line and upgrade to existing line
- Odorless NCG system in operation since 2015

Valmet

Sulfuric acid plant

By-product from waste stream

- Surplus of sulfur due to more closed chemical cycle at pulp mills
  - CNCG used for the acid production
- Decreasing ash dumping as waste
  - Unwanted N losses decreases
- Lower need for NaOH make-up
  - Affecting on transportation need -> CO_2 emissions

Sustainability aspects

Re-use of sulfur → Less waste → Lower need of make-up chemicals → Lower CO_2 emissions

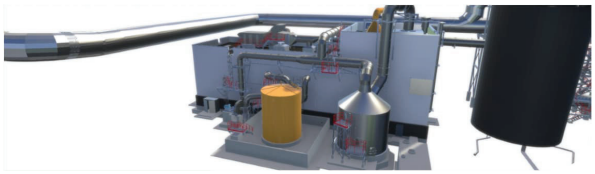
Valmet

Sulfuric acid plant

1 reference, 1 ongoing project

Äänekoski Bioproduct mill, Metsä Fibre, Finland

- Capacity 35 t/d
- Sulfuric acid plant start-up in 2017



Kemi Bioproduct mill, Metsä Fibre, Finland

- Capacity 60 t/d
- Sulfuric acid plant start-up in 2023

Valmet

NOx scrubber at pulp mills

Valmet

Pulp mill NOx emissions

Europe behind in the development with high BAT range mainly used

NOx emission limits in Asia for recovery boilers and lime kilns		
China 2020	Recovery boiler NOx	50 (old 100) mg/Nm^3 @ 6% O_2
	Lime kiln NOx	50 (old 100) mg/Nm^3 @ 6% O_2
South Korea 2024	Recovery boiler NOx	89 mg/Nm^3 @ 6% O_2
2014 European BAT NOx emissions from recovery boiler and lime kiln		
	Recovery boiler NOx	120–200 mg/Nm^3 @ 6% O_2
	Lime kiln NOx	100–350 mg/Nm^3 @ 6% O_2

Valmet

NOx scrubber

Working principle

- NOx formation in combustion
  - ~ 95% NO, ~ 5% NO_2

Nitrogen oxides	Solubility in water (g/dm^3)
NO	0.032
N_2O	0.11
NO_2	213
N_2O_3	500
N_2O_5	500
HNO_3	Soluble

- In the atmosphere:
  - NO oxidizes into NO_2 with the help of oxygen, ozone and UV light
- In a scrubber:
  - NO oxidation with an oxidation agent, such as O_3 or ClO_2
  - Soluble nitrogen compound washing from gas to scrubbing liquid

Valmet

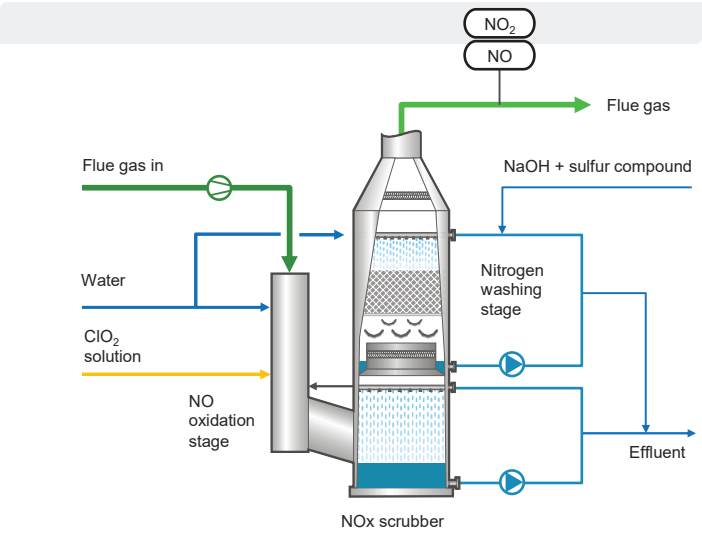
ClO_2 scrubber DeNOx concept

Benefits:

- Low electricity consumption
- Small layout space
- Chemical consumption can be adjusted continuously to reduction need

Disadvantages:

- In case scrubber efficiency needs to be improved, an additional sulfur compound is required
- Chloride in the process water



Valmet

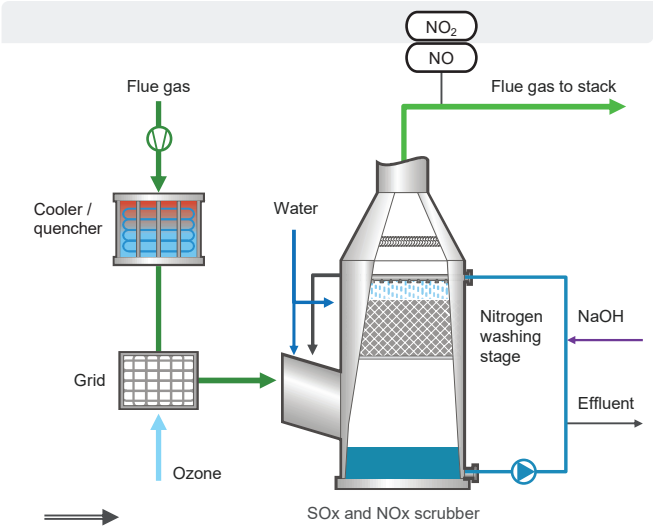
O_3 NOx scrubber concept

Benefits:

- NOx can be “deeply oxidized” into a very soluble N_2O_5
- Low chemical consumption
- Chlorine- /chloride-free process

Disadvantages:

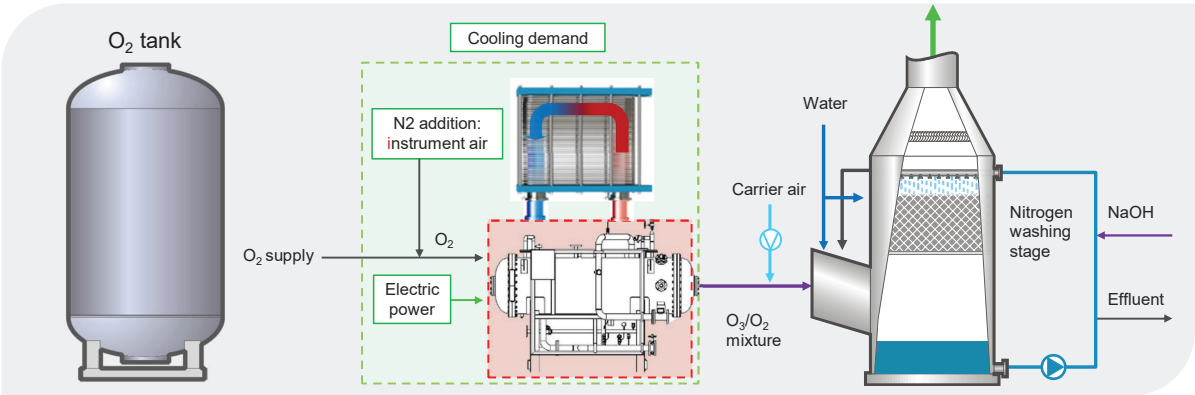
- High oxygen and electricity consumption
- High investment cost (ozone generators)
- Low temperature and ~3 second oxidation time needed for deep oxidation



Valmet

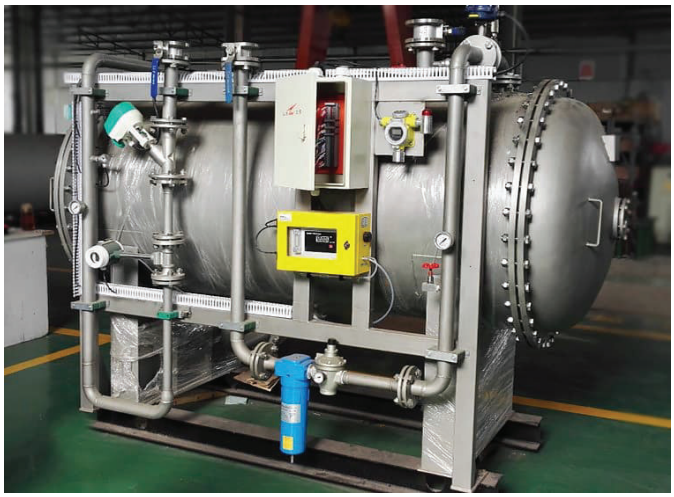
Ozone generator system

- The ozone generators produce ozone from liquid oxygen
- Ozone production occurs on demand, depending on the needed NOx reduction



Ozone generator

- 20 kg/h ozone production capacity
- Installed in auxiliary building



World's first recovery boiler with a NOx scrubber

Sun Paper recovery boiler (RB) 450 t/d, Yanzhou, China

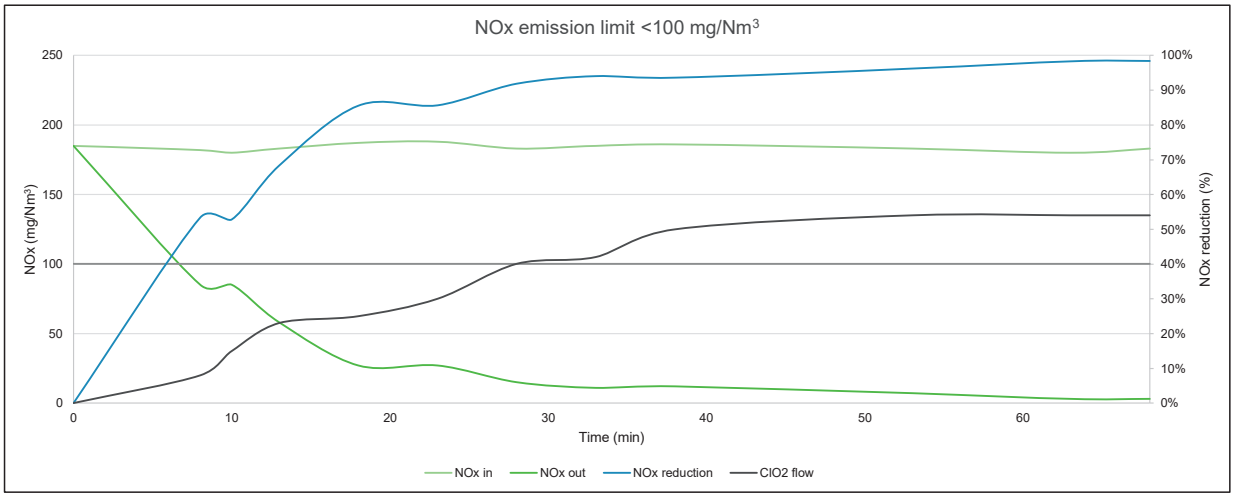
Tightening emission limits in China lead to a new technology introduction for pulp mills

- Startup year: 2017
- ClO_2 as oxidation agent
- Flue gas flow: 28 m^3n/s
- Effective oxidation reached with low ClO_2 consumption
- Up to 70% NOx reduction achieved

Valmet

NOx scrubber performance: Sun Paper RB 450 t/d NOx scrubber

4.10.2017 at 14:42-15:50



Valmet

Valmet NOx scrubber references

Customer	Application	Flue gas flow Nm^3/h	Startup	NOx limit
Sun Paper Yanzhou	Recovery boiler 450 tds, ClO_2 NOx scrubber	144,000	2017	100 mg/Nm^3
Sun Paper Yanzhou	Recovery boiler 1000 tds, ClO_2 NOx scrubber	288,000	2018	100 mg/Nm^3
Sun Paper Yanzhou	Recovery boiler 900 tds, ClO_2 NOx scrubber	270,000	2019	100 mg/Nm^3
Asia Symbol (Shandong) Pulp and Paper Co. Rizhao	NCG Incinerator, O_3 NOx scrubber	108,000	2019	100 mg/Nm^3
Asia Symbol (Shandong) Pulp and Paper Co. Rizhao	Recovery boiler 7500 tds, ClO_2 NOx scrubber	1,440,000	2019	100 mg/Nm^3
Asia Symbol (Shandong) Pulp and Paper Co. Rizhao	Lime Kiln, ClO_2 NOx scrubber	144,000	2019	100 mg/Nm^3
Moorim P&P Korea	Recovery boiler 1 & 2, ClO_2 NOx scrubber	432,000	2020	27 ppm
Nine Dragons Paper, Jingzhou	Recovery boiler 2300 tds/d, ClO_2 NOx scrubber	452,880	2022	50 mg/Nm^3
Nine Dragons Paper, Jingzhou	Lime kiln 420 tds/d, ClO_2 NOx scrubber	65,160	2022	100 mg/Nm^3
Nine Dragons Paper, Beihai	Recovery boiler 4600 tds/d, ClO_2 NOx scrubber	910,800	2023	50 mg/Nm^3
Nine Dragons Paper, Beihai	Recovery boiler 2300 tds/d, ClO_2 NOx scrubber	452,880	2023	50 mg/Nm^3
Nine Dragons Paper, Beihai	Lime kiln 950 tds/d, ClO_2 NOx scrubber	151,200	2023	100 mg/Nm^3
Nine Dragons Paper, Beihai	Lime kiln 420 tds/d, ClO_2 NOx scrubber	65,160	2023	100 mg/Nm^3

Valmet

Valmet FORWARD

RASKAAN POLTTOÖLJYN KORVAAMINEN, VAIHTOEHTOJA JA MARKKINAKATSAUS

Nikita Semkin
AFRY Management Consulting Oy

Raskaan polttoöljyn korvaaminen, vaihtoehtoja ja markkinakatsaus

27.10.2022

NIKITA SEMKIN

AFRY

Meesauunit ovat edelleen merkittäviä raskaan polttoöljyn ja maakaasun kuluttajia, varsinkin Suomessa

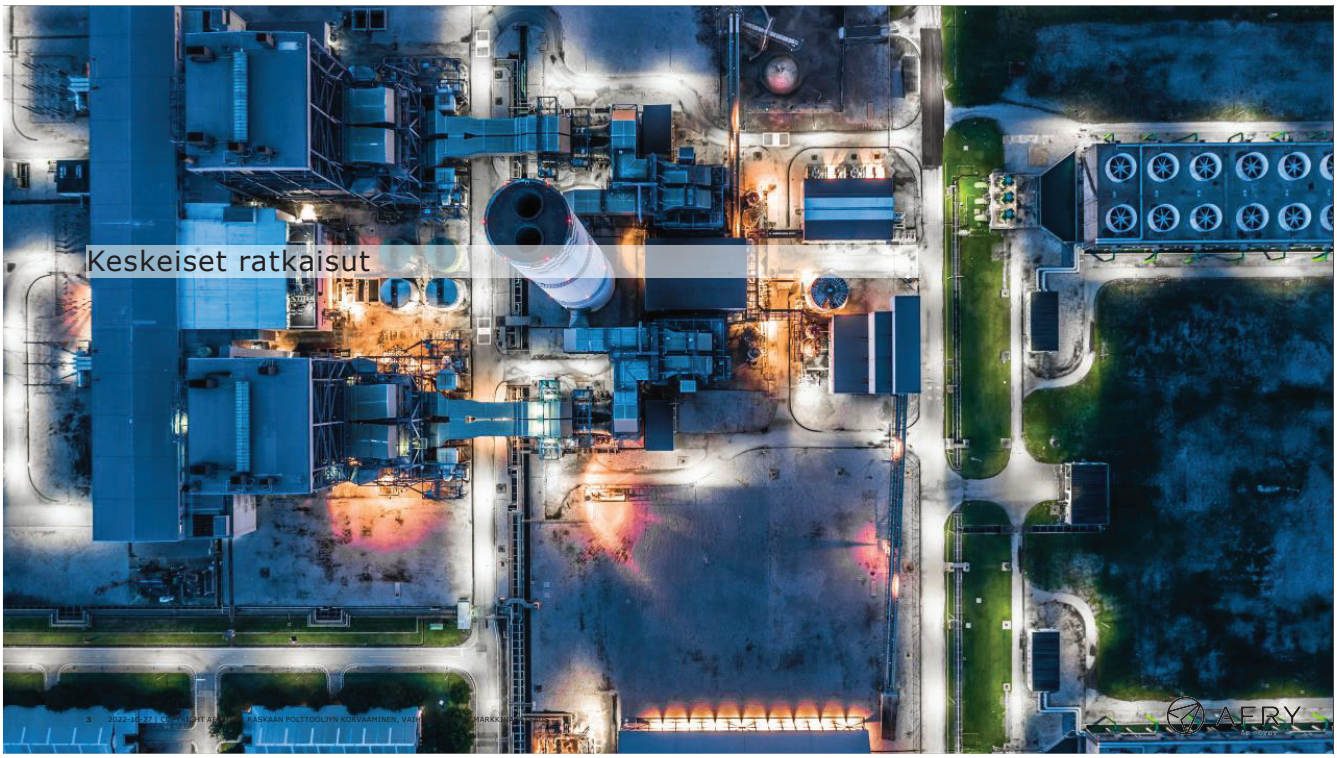
- Fossiilivapaita teknologiavaihtoehtoja on useita, ja niiden suosio on selkeässä kasvussa
  - Näistä suosituin uusissa tehtaissa on kuoren kaasutus. Vanhoissa tehtaissa ratkaisun käyttökelpoisuus riippuu energiataseesta, koska kuorta käytetään usein myös höyryn tuotannossa
- Soodakattiloissa apupolttoaineena on edelleen lähes aina raskas polttoöljy
  - Realistinen fossiilivapaa vaihtoehto on tällä hetkellä pikiöljy, jonka saatavuus on niukkaa
  - Pikiöljyn käyttö on Ruotsissa huomattavasti yleisempää kuin Suomessa

LIME KILN PRIMARY FUELS IN SWEDEN AND FINLAND

#	MILL SITE
1	Ahlstrom-Munksjö - Billingsfors, Sweden
2	Ahlstrom-Munksjö - Aspabruk, Sweden
3	Arctic Paper - Vallvik, Sweden
4	BillerudKorsnäs - Karlsborgsverken, Sweden
5	BillerudKorsnäs - Gruvön, Sweden
6	BillerudKorsnäs - Skärblacka, Sweden
7	BillerudKorsnäs - Gävle, Sweden
8	BillerudKorsnäs - Frövi, Sweden
9	Holmen - Iggesund, Sweden
10	Mayr-Melnhof - Kotka, Finland
11	Metsä Group - Kemi, Finland
12	Metsä Group - Rauma, Finland
13	Metsä Group - Joutseno, Finland
14	Metsä Group - Äänekoski, Finland
15	Metsä Group - Husum, Sweden
16	Mondi - Dynäs, Sweden
17	Nordic Paper - Bäckhammar, Sweden
18	SCA - Obbola, Sweden
19	SCA - Munksund, Sweden
20	SCA - Östrand, Sweden
21	Smurfit Kappa - Piteå, Sweden
22	Södra - Mönsterås, Sweden
23	Södra - Mörrum, Sweden
24	Södra - Väröbacka, Sweden
25	Stora Enso - Varkaus, Finland
26	Stora Enso - Imatra, Finland
27	Stora Enso - Enocell, Finland
28	Stora Enso - Nuottasaari, Oulu, Finland
29	Stora Enso - Sunila, Finland
30	Stora Enso - Skoghall, Sweden
31	Stora Enso - Skutskär, Sweden
32	UPM - Kaukas, Finland
33	UPM - Kymi, Finland
34	UPM - Pietarsaari, Finland

1. In addition to listed mills that use TOP as primary fuel, there are three pulp mills in Sweden and one mill in Finland that use TOP as secondary fuel in lime kilns

AFRY



Meesauunin polttoaineena tuotekaasu

Kuvaus	Meesauunin polttoaineena on kuoresta ja muusta biomassasta tehtaalla valmistettu tuotekaasu. Käytössä oleva teknologia ja tyypillinen ratkaisu.
TRL	9
Rajoitteet	Kaasutukseen ja tuotekaasun käyttöön liittyy prosessiteknisiä ja turvallisuuteen liittyviä haasteita, jotka ovat kuitenkin ratkaistavissa. Raaka-aineen käsittelyn ja kaasutuslaitteistot tarvitsevat paljon tilaa meesauunin välittömästä läheisyydestä. Voi olla haaste etenkin olemassa olevilla laitoksilla. Polttoaineen vaihto maakaasusta tai polttoöljystä aiheuttaa meesauunin kapasiteetin laskua. Jos meesauuni on tuotannon pullonkaula polttoaineen vaihto voi tarkoittaa koko uunin uusintaa tai sen kapasiteetin nostoa.
Päästövähennys-potentiaali	Tuotekaasulla voidaan korvata >90% uunin polttoainetarpeesta. Tukipolttoaineita tarvitaan yhä ylös- ja alasajoissa sekä mahdollisissa kaasuttimen häiriötilanteissa (kaasua ei voida varastoida vaan menee suoraan tuotannosta käyttöön).
CAPEX	Esimerkki-investointi teollisuusalueella: Kaasutin 25-50mEUR Meesauunin uusinta 35-75mEUR (tarvittaessa)

Meesauunin polttoaineena puujauhe

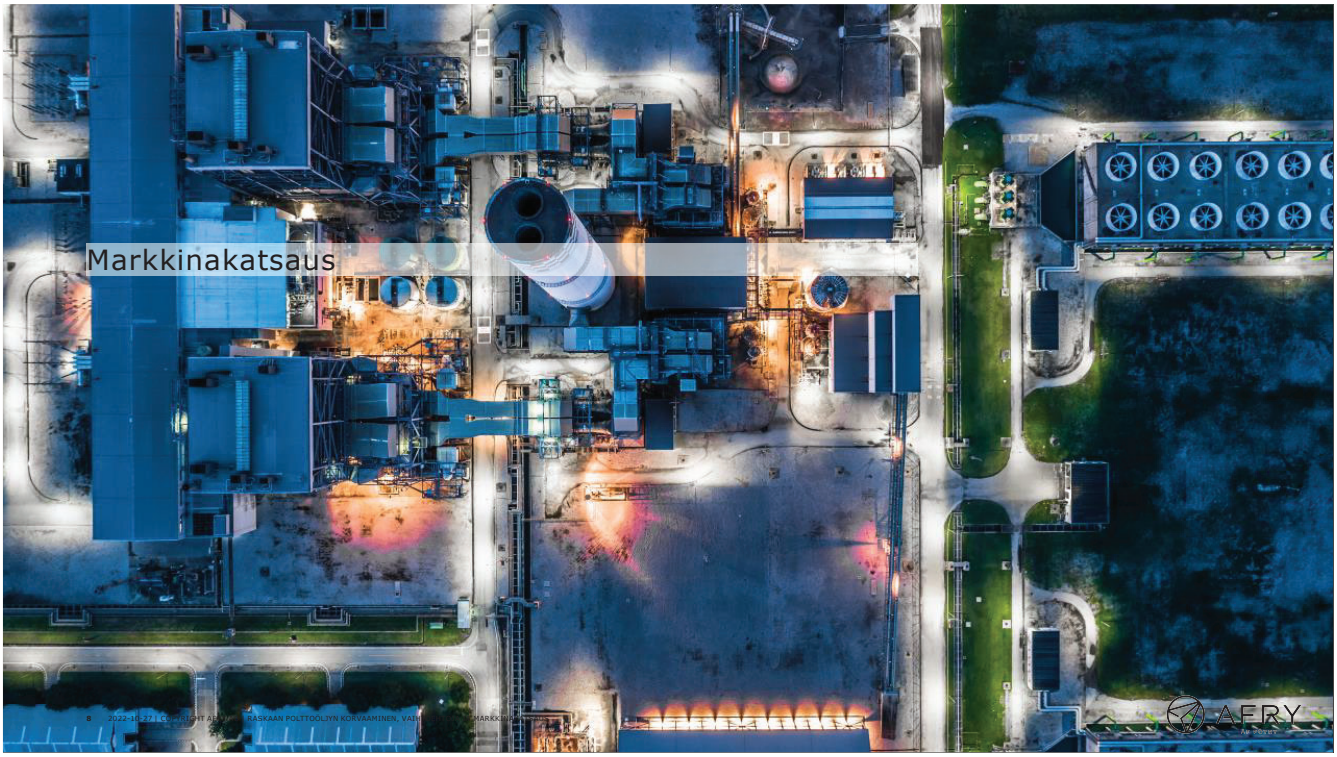
Kuvaus	Meesauunin polttoaineena on hakkeesta ja sahanpurusta valmistettu puujauhe. Käytössä oleva teknologia.
TRL	9
Rajoitteet	Polttoaineen tasalaatuisuuden ja polton toimintavarmuuden hallinta haastavaa, mahdollisesti jatkuva tukipolttoaineen tarve. Raaka-aineen laatuvaatimuksien vuoksi saatavuus voi olla haaste. Käytännössä tämä on vaihtoehto vain tehtaille, joilla oma tai lähellä on saha, joka takaa tasalaatuisen raaka-aineen saatavuuden. Raaka-aineen käsittelyyn ja polttoaineen käyttöön liittyy prosessiteknisiä ja turvallisuuteen liittyviä haasteita, jotka ovat kuitenkin ratkaistavissa. Raaka-aineen käsittelyn laitteistot tarvitsevat paljon tilaa, voi olla haaste olemassa olevilla laitoksilla. Polttoaineen vaihto maakaasusta tai polttoöljystä aiheuttaa meesauunin kapasiteetin laskua. Kapasiteetin lasku on merkittävämpi puujauheella kuin tuotekaasulla. Jos meesauuni on tuotannon pullonkaula polttoaineen vaihto voi tarkoittaa koko uunin uusintaa tai sen kapasiteetin nostoa.
Päästövähennys-potentiaali	Tuotekaasulla voidaan korvata noin 85% uunin polttoainetarpeesta. On oletettavaa että tarvitaan jatkuva tukipolttoaine. Tukipolttoaineita tarvitaan lisäksi ylös- ja alasajoissa sekä mahdollisissa polttoaineen valmistuksen häiriötilanteissa.
CAPEX	Esimerkki-investointi teollisuusalueella: Raaka-aineen käsittely + polttimien uusinta 15-25mEUR Meesauunin uusinta 35-75mEUR (tarvittaessa)

Sähköinen meesauuni

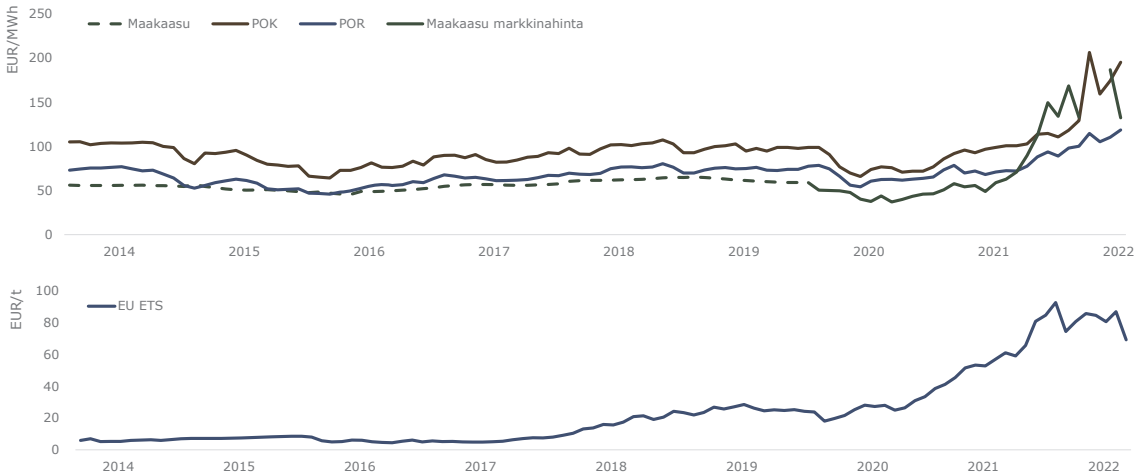
Kuvaus	Kalsinointi toteutetaan sähköllä tai sähköllä valmistetulla plasmakaasulla
TRL	Ratkaisu on vasta tutkimusvaiheessa. Tutkimuskäyttöön rakennetussa uunissa saatu tuloksia, jotka vastaa nykyisiä poltetun kalkin tuotannossa käytettäviä uuneja.
Rajoitteet	Sähköinen uuni on vasta kehityksen alkuvaiheessa. Meesauuni on sellutehtaan kemikaalikierron ydinprosessi, mikä voi lisätä varovaisuutta täysin uudentyyppisen teknologian käyttöönottoon.
Päästövähennys-potentiaali	100% meesauunin CO_2-päästöistä Lisäksi muut ilmapäästöt pienenevät ja CO_2 -talteenottomahdollisuudet parantuvat.
CAPEX	Esimerkki-investointi teollisuusalueella: 250-360mEUR

Vaihtoehtoiset varapolttoaineet - Pikiöljy

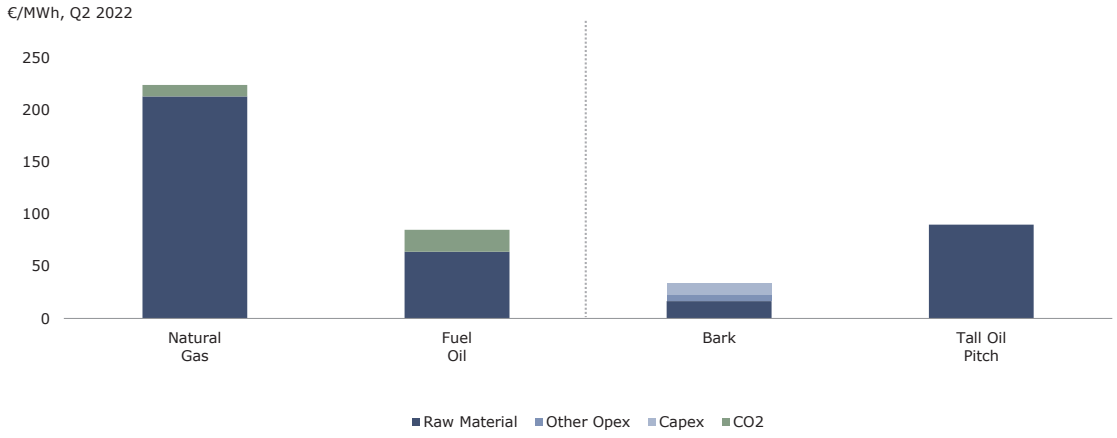
Kuvaus	Meesauunin polttoaineena on hakkeesta ja sahanpurusta valmistettu puujauProsessit tulevat tarvitsemaan varmatoimisia vara- ja tukipolttoaineita myös jatkossa. Pikiöljy on polttoöljyä vastaava puuperäinen polttoaine. Sellutehtaan tuottama määrä riittää kattamaan varapolttoainekäytön esim. meesauunissa, soodakattilassa, voimalaitoksella ja hajukaasupolttimessa. he. Käytössä oleva teknologia.
TRL	9
Rajoitteet	Pikiöljyn erottaminen tapahtuu tyypillisesti mäntyöljyn jatkojalostajalla, joten saanti on markkinapohjaista. Teknologia tehtaalla erottamiseen, mikä mahdollistaisi omavaraisuuden, on kehitteillä. Yhteispoltto esim. maakaasun tai tuotekaasun kanssa voi aiheuttaa tiilivaurioita meesauunissa. Kiertoon tulevat epäpuhtaudet voivat aiheuttaa prosessiteknisiä ongelmia.
Päästövähennys-potentiaali	Kohteesta riippuen jopa 100% varapolttoainekäytöstä.
CAPEX	Tapauskohtainen, kattaa esimerkiksi säiliön, ja maaperänsuojauksen, putkitukset ja mahdollisesti polttimien uusinnan. Esimerkki-investointi teollisuusalueella: 5-15mEUR



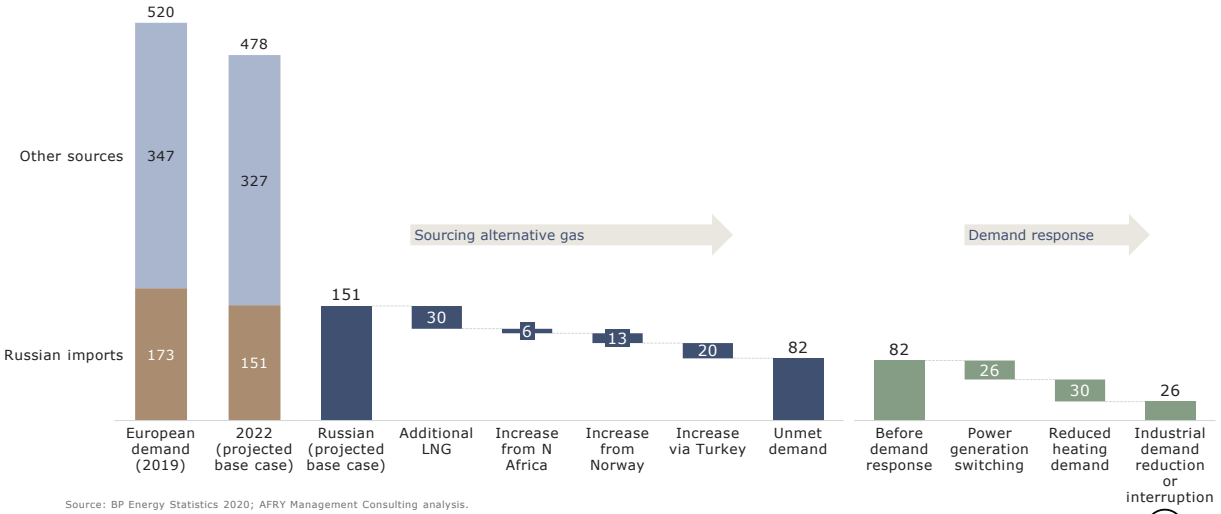
Polttoainehintojen nousu saa vaihtoehtoiset ratkaisut kannattavimmiksi



Tuotekaasu on kustannustehokkain meesauunin polttoaine, mutta kuoren saatavuus sisäisesti voi olla rajallista



Eurooppa voi korvata Venäjältä tuodusta kaasusta parhaimmillaankin alle puolet lisäämällä tuotntia muista maista – kysynnän on pakko joustaa

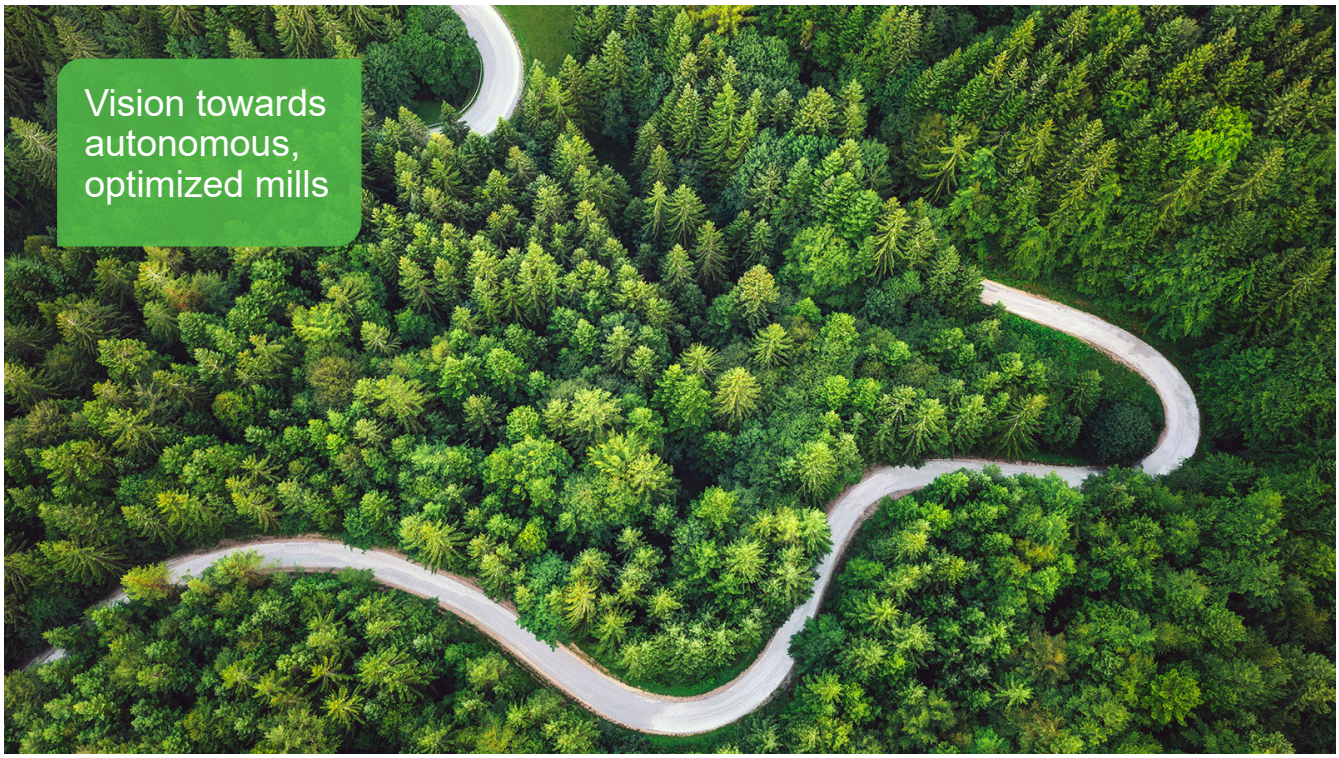


Source: BP Energy Statistics 2020; AFRY Management Consulting analysis.

AFRY ÅF PÖYRY

VISION TOWARDS AUTONOMOUS, OPTIMIZED MILLS

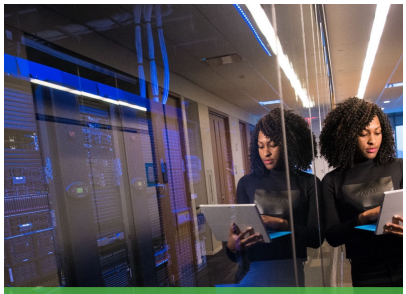
Tales Ribeiro
Valmet Technologies Oy



Trends impacting industry transformation

Resource efficient and clean world

Climate change, environmental awareness and resource scarcity drive the need to improve resource efficiency and reduce emissions.



Digitalization and new technologies

Automation and digitalization drive growth via optimization, more autonomous operations, cross-value chain transparency, new business models.

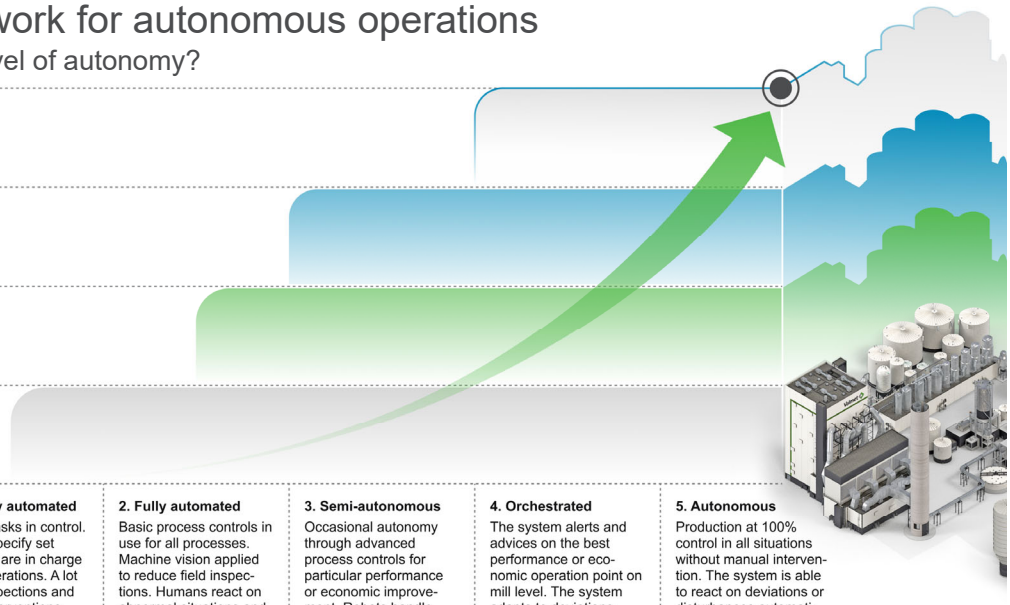
Changing human behavior

Urbanization, changing living standards, demographics and globalization change human behavior and your customers' demand.

Valmet

Valmet's framework for autonomous operations

What is your target level of autonomy?



Manufacturing system optimization
Optimize outcome of the mill

Production optimization
Optimize mill-wide or cross-value chain

Process optimization
Optimize individual process areas

Connected, intelligent process technology
Maximise asset and people performance

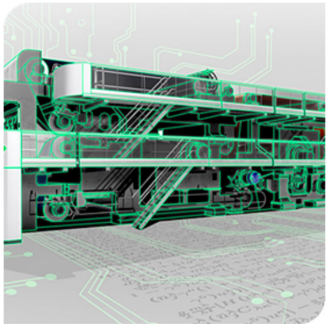
BUILDING BLOCKS / AUTONOMY LEVEL OF OPERATIONS	1. Partially automated	2. Fully automated	3. Semi-autonomous	4. Orchestrated	5. Autonomous
	Most subtasks in control. Humans specify set points and are in charge of safe operations. A lot of field inspections and manual interventions.	Basic process controls in use for all processes. Machine vision applied to reduce field inspections. Humans react on abnormal situations and are in charge of safe operations.	Occasional autonomy through advanced process controls for particular performance or economic improvement. Robots handle hazardous field tasks. Humans supervise and define the intent.	The system alerts and advices on the best performance or economic operation point on mill level. The system adapts to deviations dynamically. Humans confirm the actions.	Production at 100% control in all situations without manual intervention. The system is able to react on deviations or disturbances automatically. Humans may supervise the operations.

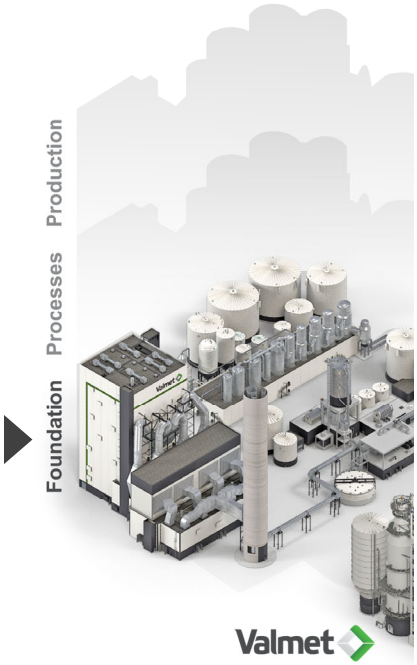
Setting up the foundation for autonomous mills

Solid sources of data needed

Connected, intelligent process technology provides a solid foundation for optimization

- Equipment
- Automation
- Controls
- Analyzers
- Valves
- Asset Performance management





Optimizing individual process areas

Essential step towards mill-wide optimization

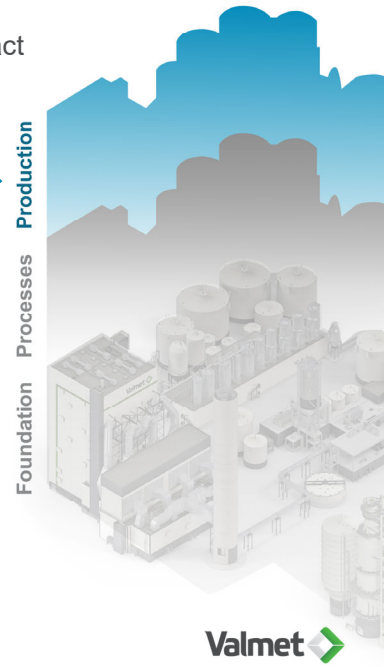
Advisory applications and Advanced Process Controls (APC) can be implemented to multiple process areas and machine sections to optimize quality and raw material usage

Valmet

Optimizing mill-wide and cross value chains

Improving profitability and efficiency while minimizing environmental impact

- From unit process optimization to coordinating entire mills, plants and value chains - optimizing production, quality and costs from a mill-wide perspective.
- Data needs to be exchanged between processes and systems
- An advanced coordination and optimization application is needed for automatic decision making

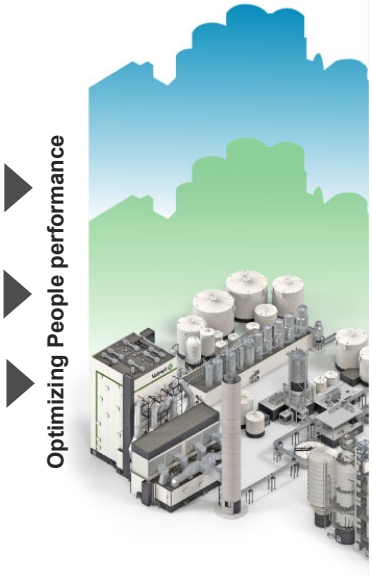


Valmet

What about people?

Optimizing people performance

- With increased autonomy, the mill operators' roles will evolve towards a mill orchestrator responsible for ensuring that different process areas perform well together, rather than for the details of how those processes are operated
- People utilize data and analytics tools to easily understand and optimize mill operations
- The mill will manage and operate itself autonomously without human interventions and people are focused on exceptions management and supervision



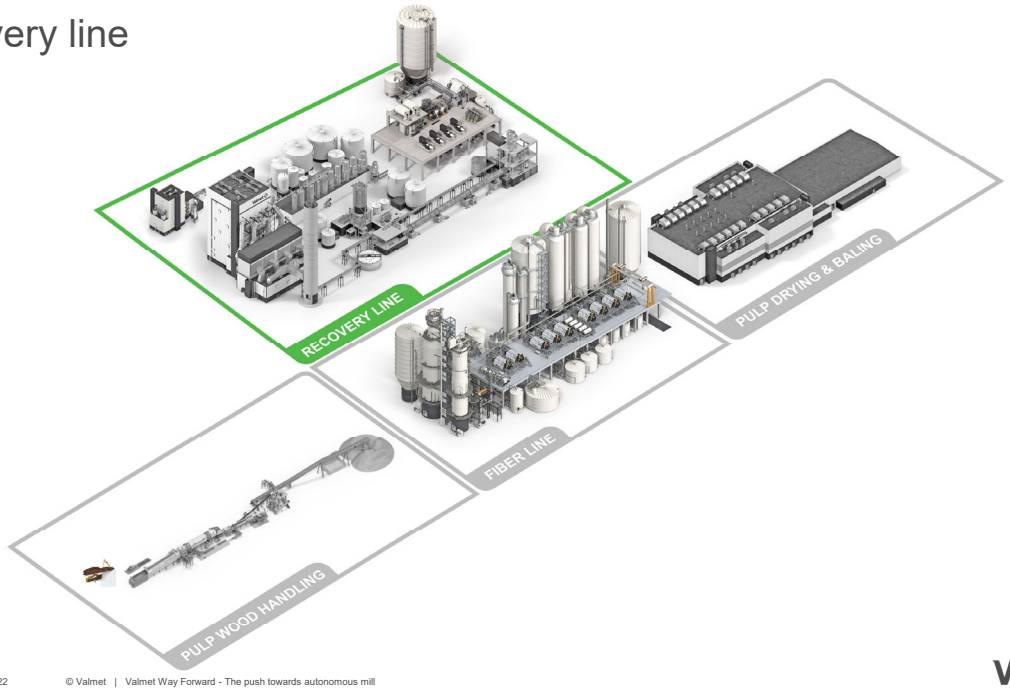
Valmet

Get more from less

– Let us be your partner in sustainable pulp production

Valmet

Recovery line



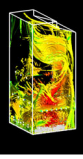
Valmet

Autonomous Recovery Boiler Operation

Reference process analyzers

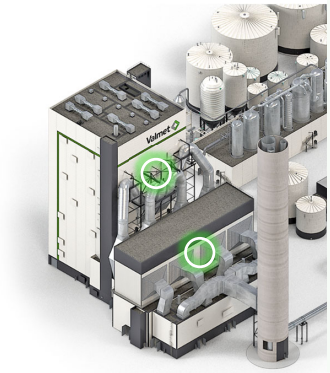
Continuous process measurements

Ultra high-definition Online Digital Twin



Recovery Boiler Optimizer

- CHEMICAL AND HEAT RECOVERY OPTIMIZATION
- SOOTBLOWING OPTIMIZATION
- ASH CHEMICAL BALANCE OPTIMIZATION
- PHYSICAL AND CHEMICAL MODEL CONTROL



Valmet DNA Process automation system

- DESIGNED FOR PULP & PAPER MAKERS
- TASK & INFORMATION MANAGEMENT

Operator Training simulator

- DYNAMIC PROCESS SIMULATOR
- OPERATION SCENARIO SIMULATIONS
- OFFLINE PROCESS CONTROL TESTING

Analytical Applications and Remote Support

- CENTERLINE MONITORING
- RECOVERY BOILER PERFORMANCE MONITORING
- PERFORMANCE CENTER PROCESS MONITORING AND SUPPORT
- ON DEMAND SUPPORT

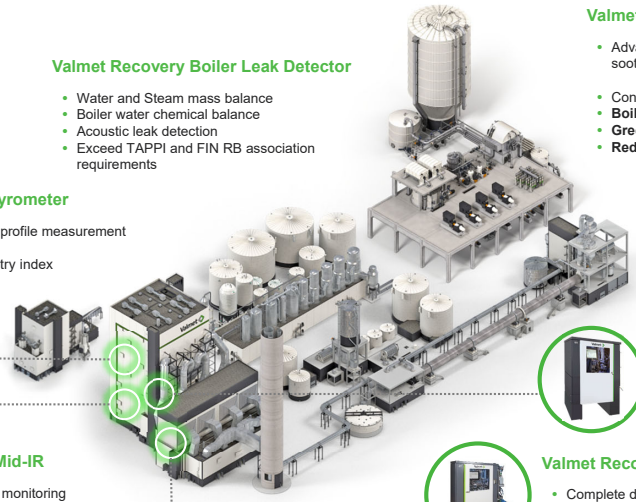
32 years

SINCE VALMET INTRODUCED FIRST AUTONOMOUS RECOVERY BOILER FUNCTIONS

Valmet

Essentials for Autonomous Operation

For Recovery Boiler



Valmet Recovery Boiler Optimizer

- Advanced Process Control for combustion and sootblowing
- Controlled variables for Valmet Mill Wide Optimizer
- **Boiler load as DS/day**
- **Green liquor TTA target**
- **Reduction efficiency target**

Valmet Recovery Boiler Leak Detector

- Water and Steam mass balance
- Boiler water chemical balance
- Acoustic leak detection
- Exceed TAPPI and FIN RB association requirements

Valmet Acoustic Pyrometer

- Online temperature profile measurement
- Carryover index
- Combustion symmetry index

Valmet Recovery Liquor Analyzer

- Absolute green liquor chemistry measurement
- Reduction efficiency measurement
- High repeatability

Valmet Furnace Imaging System, Mid-IR

- IR cameras for bed monitoring
- 3D Bed size measurement
- Bed temperature measurement

Valmet Recovery Ash Analyzer

- Complete dry ash chemistry measurement
- Ash melting temperature calculation
- Ash treatment reject measurement

Valmet

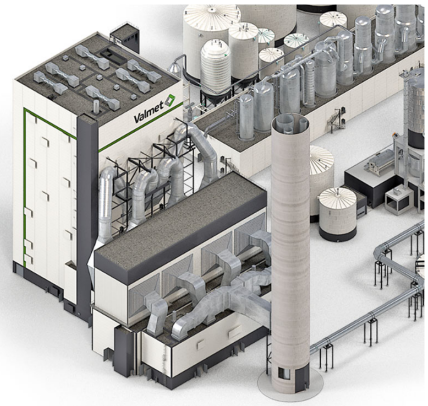
Save operating costs and minimize environmental footprint

For recovery boiler

Steam Production Increase	Sodium and Sulphur Make-Up Reduction	Emission Reduction and Reporting	Up to 18 months Recovery Boiler Operation Period

Valmet Recovery Boiler Optimizer

- Liquor temperature and combustion air optimizations
- Adaptive sootblowing
- Ash treatment volume target optimization
- Particulate, NOx, SO2 and CO emission controls
- Dissolving tank TTA control and protection of green liquor system from pirssonite formation



Valmet

Services solutions for chemical recovery,

Recovery boiler

30% Less emissions

Nox, CO, SO_2 , dust

The emissions from the recovery boiler could be reduced via several solutions:

- Air system upgrade to reduce NOx, CO, SO2
- ESP upgrade to reduce dust
- Scrubber upgrade to reduce SO2 (if any)

7 % increased heat/power production

Energy

Increases the steam generation in the boiler and thereby the power production.

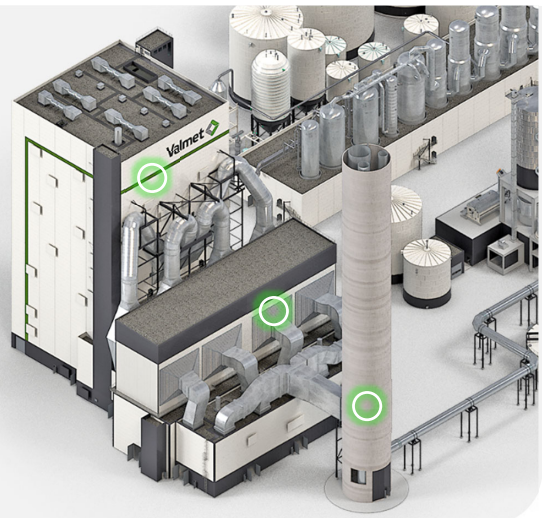
Improvement potential/CO2 reduction	GJ/ton pulp	kgCO2/ton pulp	ton CO2/y*
Increased combustion air temperature	0,07	8	6 000
Preheating the feedwater	0,05	6	4 000
Improved flue gas cooling	0,12	14	10 000

** Calculated for 750 000 ton pulp/y*

10 % increased heat production

Energy

The heat production in the flue gas scrubber can be increased by a scrubber upgrade



Valmet

Valmet Mill Wide Optimization

First of its kind

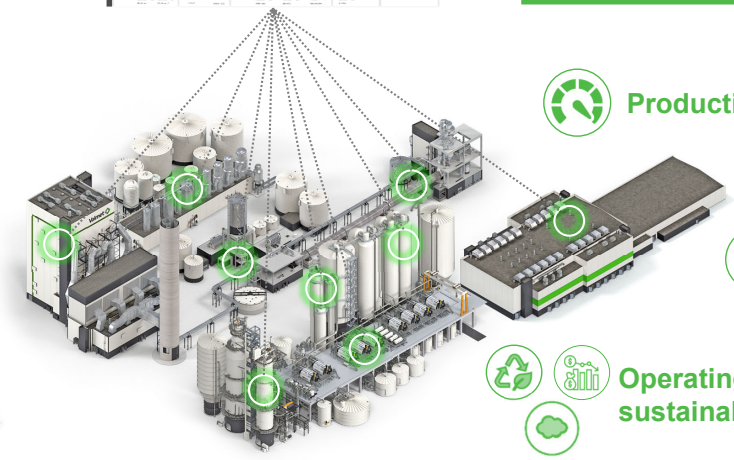
ONLINE AND DYNAMIC PRODUCTION PLANNING SYSTEM THAT ALLOWS THE USER TO VISUALIZE AND OPTIMIZE THE FUTURE MILL STATE

High level process coordination and optimization

- OPERATING DECISIONS ARE BASED ON THE TOTAL MILL BALANCE AND FORECAST
- PROCESS AREA DECISIONS ARE COORDINATED TO MAXIMIZE PROFIT SUBJECT TO PRODUCT QUALITY AND PROCESS STABILITY

Benefits

- PRODUCTION MAXIMIZATION AND/OR STABILIZATION
- ON-SPEC QUALITY AND PRODUCTION PLAN MET AT MINIMUM COSTS
- VISIBILITY OF PROCESS STREAM QUALITY, COST AND WORTH ACROSS THE MILL



Production capacity

Quality

Operating costs and sustainability

Valmet

More information

- Main Contacts
  - Tuomo Pokki – Sales Director Recovery tuomo.pokki@valmet.com
  - Teemu Toivo – Director Pulp Segment, Industrial Internet teemu.toivo@valmet.com
  - Anna Mahlamäki – Product Manager, Industrial Internet anna.mahlamaki@valmet.com
  - Tales Ribeiro – Leader, Performance Center Pulp tales.ribeiro@valmet.com
- Relevant links for VII and Recovery Boiler
  - Industrial Internet – VII solutions for pulp | Valmet
  - Valmet - YouTube

Valmet

Valmet FORWARD

SISARYHDISTYSTEN KUULUMISET

The Swedish Norwegian Recovery Boiler Committee (SNRBC)

Brazil and Uruguay Recovery Boiler Safety Committee (CSCRBU)

American Forest & Paper Association Recovery Boiler Committee (AF&PA)

Report from the Swedish-Norwegian Recovery Boiler Committee

Soodakattilapäivään 27/10 2022
Kristian Rosenqvist, AFRY
Secretary of the Swedish-Norwegian Recovery Boiler Committee (SNRBC)

Sodahuskommittén

Topics

- Members and organization
- Recovery Boilers in Sweden and Norway
- Reported incidents
- Standardization
- Recommendations and standardization
- Certification of operators
- Experience sharing day
- Recovery Boiler meeting
- Prioritized projects

Members

- All mills producing kraft pulp and Domsjö in Sweden (22 mills), and Borregaard in Norway
- Recovery boiler manufacturers (Andritz and Valmet)
- 3rd party (Dekra, Force and Kiwa)
- Swedish Paper Industry Workers' Union

Organization

The Board of the SNRBC
Chairman: Anders Fransson, Valmet
Secretary: Kristian Rosenqvist, AFRY
18 members (11 voting)

- Recommendations Subcommittee
  Secretary: Lars Andersson, AFRY
  Additional 4 members
- Incidents Subcommittee
  Secretary: David Good, Dekra
  Additional 13 members
- Education Subcommittee
  Secretary: Björn Lundgren, Kiwa
  Additional 5 members
- EIA Subcommittee
  (Electricity, Instrumentation, Automation)
  Secretary: Kristian Rosenqvist, AFRY
  Additional 8 members

Recovery Boilers in Sweden and Norway

Fall 2022
- New recovery boiler at Metsä board Husum starting up

Spring 2019
- Increased capacity Smurfit Kappa Piteå

Autumn 2018
- Increased capacity recovery boiler SCA Östrand

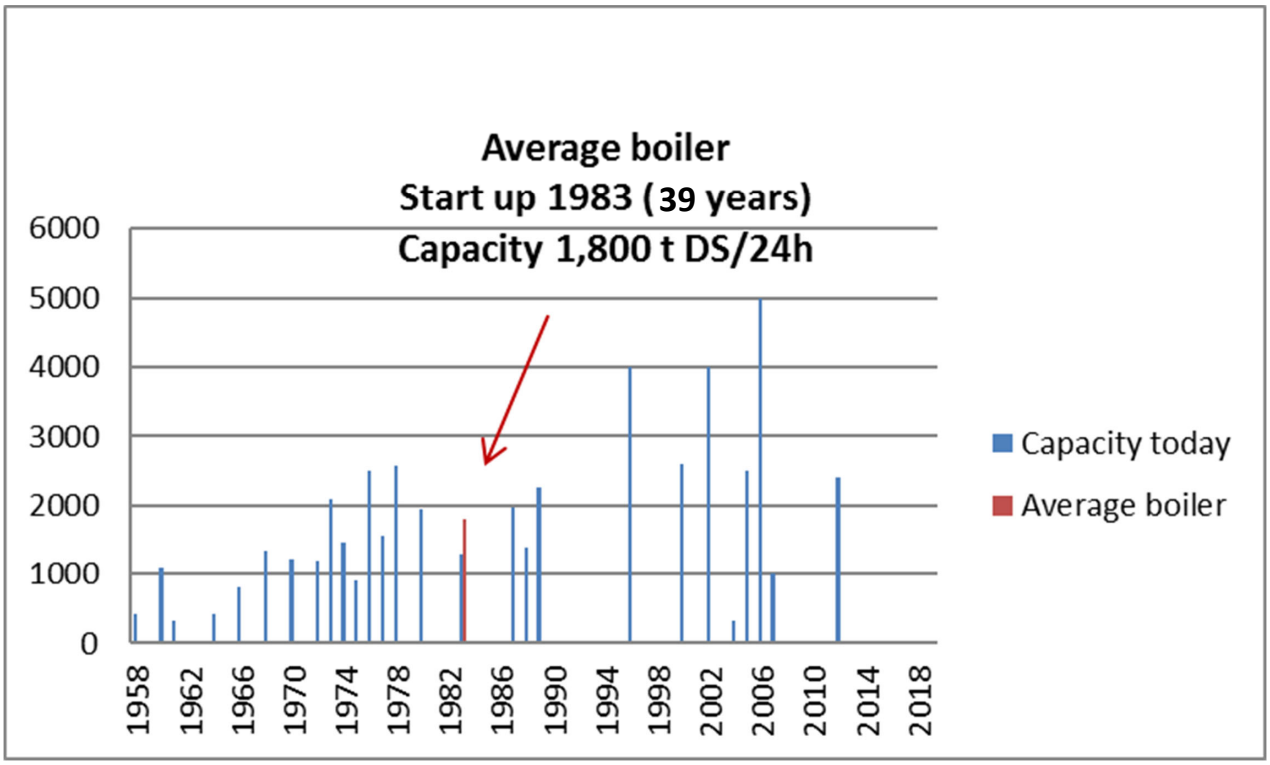
Autumn 2016
- Increased capacity recovery boiler Södra Cell Värö

Autumn 2013
- The boiler in SCA Munksund was converted to single drum
- New evaporator line in BillerudKorsnäs Skärblacka

Summer 2012
- Closure of Södra Cell Tofte, Norway

Sodahuskommittén

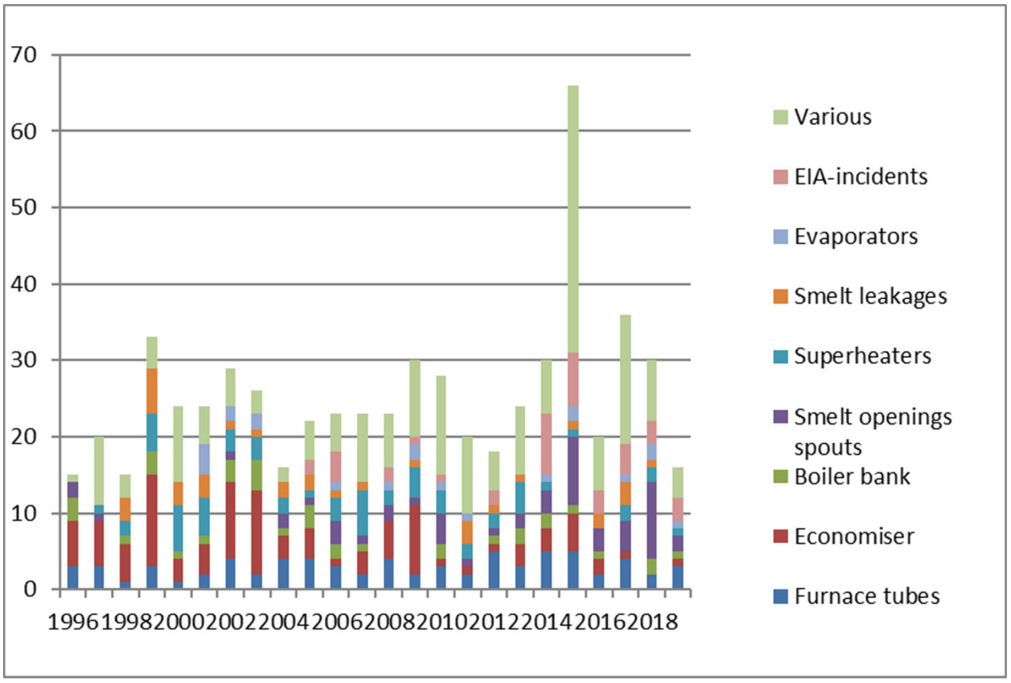
Recovery Boilers in Sweden and Norway



Sodahuskommittén

Reported incidents

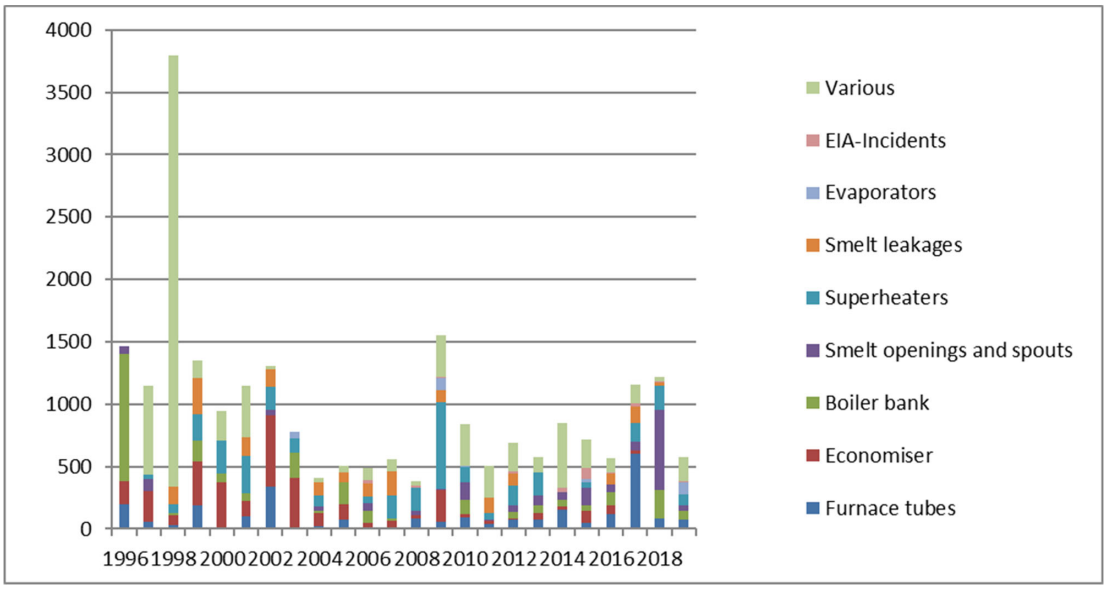
- Amount of incidents (until October 2020)



Sodahuskommittén

Reported incidents

- Down time [h] (until October 2020)

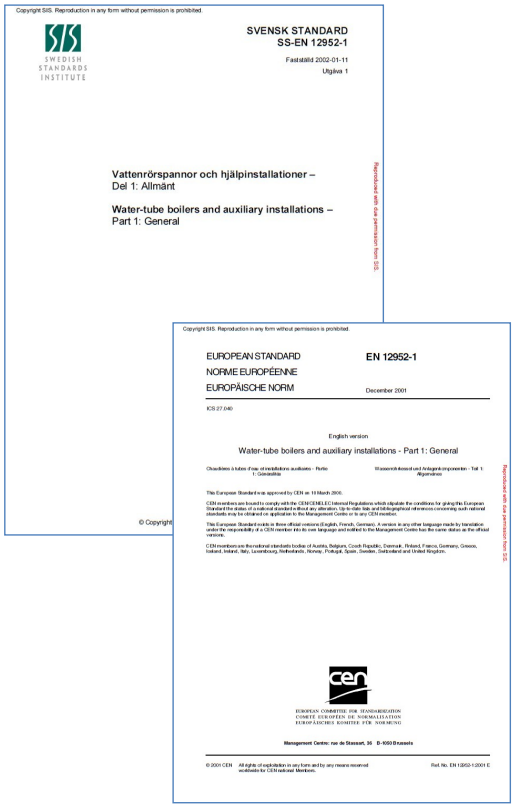


Standardization

- We are members in the Swedish Standardization, SIS

- We are represented in the Swedish Working Group TK285, Boilers

- We take part in the CEN Standardization work for the boiler standard: EN 12952, “Water tube boilers”



Copyright SIS. Reproduction in any form without permission is prohibited.

SWEDISH STANDARDS INSTITUTE

SVENSK STANDARD
SS-EN 12952-1

Fastställd 2022-01-11
Utgåva 1

Vattenrörspannor och hjälpinstallationer –
Del 1: Allmänt

Water-tube boilers and auxiliary installations –
Part 1: General

Reproduced with permission from SIS.

© Copyright

Copyright SIS. Reproduction in any form without permission is prohibited.

EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 12952-1

December 2001

ICS 27.040

English version

Water-tube boilers and auxiliary installations - Part 1: General

Chaudières à tubes d'eau et installations auxiliaires - Partie 1: Généralités

Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten - Teil 1: Allgemeines

This European Standard was approved by CEN on 10 March 2000.

CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration. Up to date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the Management Centre or to any CEN member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the Management Centre has the same status as the official versions.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Iceland, Ireland, Italy, Luxembourg, Netherlands, Norway, Portugal, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

Management Centre: rue de Stassart, 36 B-1050 Brussels

© 2001 CEN All rights of exploitation in any form and by any means reserved worldwide for CEN national Members.

Ref. No. EN 12952-1:2001 E

Reproduced with permission from SIS.

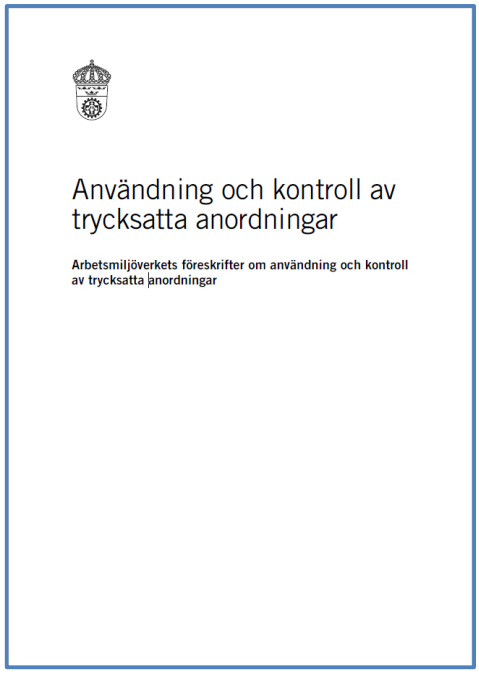
Sodahuskommittén

Standardization

Since november 2017 Sweden has a new regulation för pressurized devices (AFS 2017:3)

Important changes, relevant to recovery boilers are:

- Inspection of boilers
- Assessment of remaining lifetime, routines, journal keeping
- Certification of boiler operators



Användning och kontroll av trycksatta anordningar

Arbetsmiljöverkets föreskrifter om användning och kontroll av trycksatta anordningar

Recommendations

The SNRBC has 40 recommendations, divided in areas like:

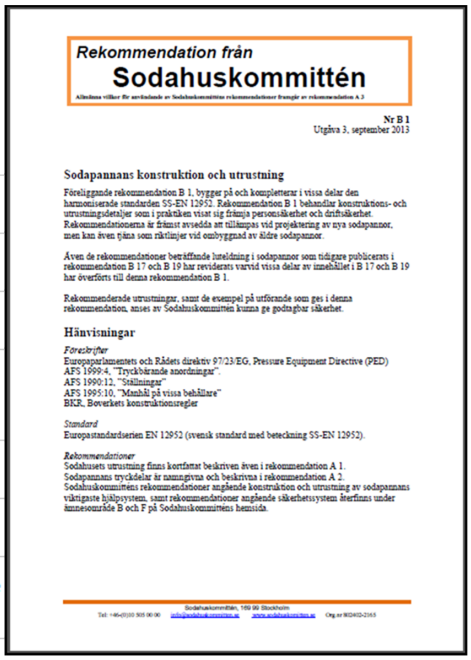
B: Construction and equipment
C: Operation and operational disturbances

B: Konstruktion och utrustning

Nr.	Titel
B1	Sodapannors konstruktion och utrustning
B2	Säkerhet i sodahusbyggnader

C: Drift och driftstörningar

Nr.	Titel
C1	Information om kritiska tillstånd och händelser i sodahuset.
C2	Information om sodapannedrift samt förebyggande och åtgärdande av driftstörningar.



Rekommendation från
Sodahuskommittén

Allmänna villkor för användande av Sodahuskommitténs rekommendationer finnsgår av rekommendation A 2

Nr B 1
Utgåva 3, september 2013

Sodapannans konstruktion och utrustning

Föreliggande rekommendation B 1, bygger på och kompletterar i vissa delar den harmoniserade standarden SS-EN 12952. Rekommendation B 1 behandlar konstruktions- och utrustningsdetaljer som i praktiken visat sig främja personsäkerhet och driftsäkerhet. Rekommendationerna är främst avsedda att tillämpas vid projektering av nya sodapannor, men kan även tjäna som riktlinjer vid ombyggnad av äldre sodapannor.

Även de rekommendationer beträffande luteldning i sodapannor som tidigare publicerats i rekommendation B 17 och B 19 har reviderats varvid vissa delar av innehållet i B 17 och B 19 har överförts till denna rekommendation B 1.

Rekommenderade utrustningar, samt de exempel på utförande som ges i denna rekommendation, anses av Sodahuskommittén kunna ge godtagbar säkerhet.

Hänvisningar

Föreskrifter
Europaparlamentets och Rådets direktiv 97/23/EG, Pressure Equipment Directive (PED)
AFS 1999:4, "Tryckbärande anordningar".
AFS 1990:12, "Ställningar"
AFS 1995:10, "Manhål på vissa behållare"
BKR, Boverkets konstruktionsregler

Standard
Europastandardserien EN 12952 (svensk standard med beteckning SS-EN 12952).

Rekommendationer
Sodahusets utrustning finns kortfattat beskriven även i rekommendation A 1.
Sodapannans tryckdelar är namngivna och beskrivna i rekommendation A 2.
Sodahuskommittens rekommendationer angående konstruktion och utrustning av sodapannans viktigaste hjälpsystem, samt rekommendationer angående säkerhetssystem återfinns under ämnesområde B och F på Sodahuskommittens hemsida.

Sodahuskommittén, 169 99 Stockholm
Tel: +46-(0)10 505 00 00 info@sodahuskommitten.se www.sodahuskommitten.se Org.nr 802400-2165

Updating of the recommendations every third year

Sodahuskommittén

Recommendations approved 2021-2022

B4 Construction and design of dissolving tank (2022)
B22 Recovery boiler air systems
B17 Evaporation black liquor systems (2022)
B5 Safety equipment around recovery boilers (2022)
D4 Repair and maintenance welding of recovery boilers (2022)
B2 Safety in boiler houses (2021)
B8 Emergency shutdown and rapid drainage of recovery boiler (2021)
C4 Quality of makeup water, condensate, feed water, boiler water and steam (2021)
C12 Chemical cleaning of water-side scaling (2021)
B13 Combustion of oil and gas in recovery boilers - equipment and safety systems (2020)

Certification of recovery boiler operators

The minimum accepted recovery boiler experience until examination and certification is 2 years

All certificates need to be updated/renewed each 7th year

The “re-examination test” is web-based and divided into three main parts:

- Recovery boiler design
- Combustion optimization
- Safety

Education adopted to also suit the knowledge requirements for boiler operators in the renewed Swedish regulation of pressurized devices

Sodahuskommittén

Certification of recovery boiler operators

Knowledge requirements in the renewed Swedish regulation of pressurized devices (AFS 2017:3):

- Knowledge of the regulation for pressurized devices
- Boiler principles: thermodynamics, superheated steam, phase transitions
- Boiler construction
- Risks during start and stop of boiler
- Monitoring and safety system of boiler
- Emergency situations and how the operator should act
- Properties of steam, water and oil at temperatures exceeding 110C
- Special risks in boilers where heat can be accumulated and how to prevent these risks
- Boiler control system
- Boiler alarms related to safety and critical to safety

	Kategori			
Färdighet eller kunskap	1	2	3	4
Ha kunskaper om kraven för pannor i dessa föreskrifter: – Fortlöpande tillsyn – Pannans livslängd – Kontroll – Övervakning	X	X	X	X
Känna till de grundläggande principerna bakom pannor: termodynamik, överhettning och fasomvandling.	X	X	X	X
Kunna ISO-standardenheter för temperatur, tryck, massa, densitet och energi.	X	X	X	X
Kunna beskriva hur pannan och de huvudkomponenter som är förbundna med pannan fungerar.	X	X	X	X
Ha grundläggande kunskaper om de risker som finns vid start och stopp av en panna.	X	X	X	X
Ha grundläggande kunskaper om de risker som finns med eldning av olika bränslen.	X	X	X	X
Kunna beskriva och förstå en pannas övervakning- och säkerhetsutrustning, varför de finns, hur de fungerar och vilka åtgärder som ska vidtas när de aktiveras.	X	X	X	X
Ha kunskaper om de nödsituationer som kan uppkomma vid användning av pannor och hur en [pann-operatör] ska agera vid dessa nödsituationer.	X	X	X	X
Känna till krav vid ständig och periodisk övervakning.	X	X	X	X
Ha kunskaper om egenskaper hos ånga samt vatten och olja som hanteras över 110°C.	X		X	
Veta vilka särskilda risker som finns vid eldning av pannor där restvärme kan ackumuleras i farlig mängd och hur dessa risker förebyggs.	X	X		
Veta hur de styr- och reglersystem som säkerställer att pannan hålls inom tillåtna värden fungerar.	X	X		
Känna till vad som skiljer säkerhetsrelaterade och säkerhetskritiska larm från övriga larm.	X	X		

Sodahuskommittén

Certification of recovery boiler operators

Phase 1, 4 days	Phase 2, 4 days	Phase 3, 4 days	Phase 4, 4 days
Introduction Introduction to pulp production and chemical recovery Environmental technologies Process- and production economy Project Homework	Process control, phase 1 Energy technology Feed- and boiler water Boiler circulation and steam formation Combustion technology Presentation of project, part	Process control, phase 2 Regulations Safety systems Fuel, hot water and hot oil boilers Material and damages Site visit Presentation of project, part	Process control, phase 3 Critical conditions Operation and operational disturbances Safety aspects of operation, case study Final presentation of project

Sodahuskommittén

Experience sharing day

Operators and other persons from member companies meet and discuss important topics.

2019 the topic was

” Experience of weak gases, strong gases, dissolving tank gases and methanol in the recovery boiler”

- How does it look in our home mills
  - Recent situations, routines, instructions
- Regulations, norms, recommendations
- Discussions

Next Experience sharing day, April 2022 on topic:
”**Incidence handling and emergency shut-downs**”

Prioritized projects 2022

Risk Analysis Recovery Boiler (continuation) – SIL classification
Guidelines on risk analysis of recovery boiler incl

- required safety functions in a recovery boiler
- by SNRBC recommended SIL-level (Safety Integrity Level) for each safety function
- Added chapters on what should be included in boiler testing

Smelt run-offs
- Bench marking study based on data from many swedish mills, to analyze the effects of different mill-parameters on the smelt run-off phoenomena

Sodahuskommittén

Thank You!

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

ABTCP
Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel

CSCRBU - BRAZILIAN AND URUGUAY RECOVERY BOILER SAFETY COMMITTEE

Oct 27th 2022

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

CSCRBU

- Since 2001
- Two meetings per year
- Next meeting will be at CMPC Guaiba mill on November 18th 2022 during the 17th Recovery Boiler Operators Annual Meeting
- 5 sub committees:
  - Combustion
  - Safety
  - Maintenance
  - ESP
  - Water treatment

CSCRBU

1- Brazil and Uruguay recovery boiler database maintenance

2 - Exchange information with other international committees (BLRBAC, SNRBC, FRBC)

3 - Activities

4 - Incident

5 - Non ordinary issues

CURRENT STATUS

- 48 recovery boilers - 43 in operation
- 1 Hibernated (Cenibra)
- 4 Under erection (UPM – Passo de Los Toros, Suzano Ribas do Rio Pardo, Celulose Irani and CMPC Guaiba)
- 14 New recovery boiler since 2012
- Typical age: 22 years
- Typical size: : 2820 tss/day

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

DATA BASE

CSCRB - ABTCP ESP COMMITTEE - Junho 2022

#	Group	Mill	Supplier	Status	Start up (ano)	Retrofit (ano)	Age (anos)	Capacity Original (tss virgin/d)	Capacity Real (tss virgin/d)	Pressure (barg)	Temp(°C)	Steaming rate (t/h)	Area (m2)	Ratio (tss/m2xday)	Person incharge
1	Arauco/Stora	Montes del Plata	Andritz	Running	2014		8	5710	6700	97	494	928	289	23,2	Ignacio Caetano <ignacio.caetano@montesdelplata.com.uy>
2	Bracell - BA	Camaçari	CBC	Running	2008		14	3000	3300	85	490	494	149,2	22,1	Reinaldo Fernandes <reinaldo_fernandes@bracell.com>
3	Bracell - LP	Lençóis Paulista	CBC	Running	2002	2008	20	700	826	85	480	120	44	18,8	Priscila Chuffa <pchuffa@bracell.com>
4	Bracell - LP	Lençóis Paulista	Andritz	Running	2021		1	13000	13000	IND	IND	IND	490	26,5	Priscila Chuffa <pchuffa@bracell.com>
5	CMPC	Guaiba	B&W	Running	2002		20	2087	2087	64	465	300	125	16,7	Daniel Alvienes Wentz <daniel.wentz@cmpcrs.com.br>
6	CMPC	Guaiba	Valmet	Running	2015		7	6200	6324	95	490	1075	271	23,3	Daniel Alvienes Wentz <daniel.wentz@cmpcrs.com.br>
7	CMPC	Guaiba	Valmet	Project	2023		0	1900	1900	IND	IND	IND	IND	IND	Daniel Alvienes Wentz <daniel.wentz@cmpcrs.com.br>
8	COCELPA	COCELPA	Valmet	Running	1988	2010	34	160	270	45	425	30	12	22,5	Daniel Almeida <daniel.almeida@cocelpa.com.br>
9	Eldorado	Eldorado	Valmet	Running	2012		10	6800	7450	85	485	1116	293	25,4	Adelson Xavier <adelson.xavier@eldoradobrasil.com.br>
10	Iguaçu	Iguaçu	São Caetano	Running	1972		50	320	320	12	190	24	18,92	16,9	Wilson Lopes <wilsonlopes@iguacucelulose.com.br>
11	Sylvamo	Luiz Antonio	CBC	Running	1991	2005	31	890	1702	64	450	245	66	25,8	Edivaldo Verdile <edivaldo.verdile@sylvamo.com>
12	Sylvamo	Mogi Guaçu CR-4	B&W	Running	1976		46	187	320	29	350	28	14,04	22,8	Estevão Maciel <estevao.maciel@sylvamo.com>
13	Sylvamo	Mogi Guaçu CR-6	Andritz	Running	1985	2006	37	950	1144	27,6	340	120	51,85	22,1	Estevão Maciel <estevao.maciel@sylvamo.com>
14	Irani	Campina da Alegria	CBC	Project	2023		0	432	432	88	480	IND	IND	IND	
15	Jari	Monte Dourado	BHI	Running	1979	1988	43	1360	1750	59	450	276	89	19,7	Carlos Roberto Campos <carlos.campos@grupojari.com.br>
16	Klabin	Correa Pinto	CBC	Running	1987	1992	35	580	750	85	480	110	49	15,3	Petronio de Oliveira Jr <pjunior@klabin.com.br>
17	Klabin	Telemaco Borba CR-1	Valmet	Running	1977	2000	45	1100	1850	46	430	235	92,5	20,0	Lucas Recla <lucas.recla@klabin.com.br>
18	Klabin	Telemaco Borba CR-2	CBC	Running	2007		15	1700	1700	106	503	243	79,6	21,4	Lucas Recla <lucas.recla@klabin.com.br>
19	Klabin	Ortigueira CR-1	CBC	Running	2016		6	7000	7000	104	503	1200	315,4	22,2	Cristianne Perez <cristianne.perez@klabin.com.br>
20	Klabin	Ortigueira CR-2	Andritz	Running	2021		1	3300	3300	104	503	605	159,2	20,7	Cristianne Perez <cristianne.perez@klabin.com.br>
21	Klabin	Otacilio Costa	CBC	Running	1998		24	1100	1050	89	483	170	69,1	15,2	
22	Klingele	Nova Campina	CBC	Running	2006		16	400	400	42	400	74	26	15,4	Wagner Willian Wincler <wagner.wincler@klingele.com>
23	LD	Araguari	CBC	Running	2022		0	4100	4457	92	490	655	204,8	21,8	
24	OJI	CENIBRA	CBC	Hibernated	1977	2003	45	1440	1800	65	450	200	93,86	19,2	Virgilio Procópio <virgilio.procopio@cenibra.com.br>
25	OJI	CENIBRA	CBC	Running	1992	2004	30	2050	2700	65	450	422	138,13	19,5	Virgilio Procópio <virgilio.procopio@cenibra.com.br>
26	OJI	CENIBRA	CBC	Running	2006		16	3500	3500	66	450	524	189	18,5	Virgilio Procópio <virgilio.procopio@cenibra.com.br>
27	Suzano	Aracruz CR-A	Valmet	Running	2001		21	3440	3440	64	450	524	156,7	22,0	Breno de Marchil <breno.marchi@suzano.com.br>
28	Suzano	Aracruz CR-B	Valmet	Running	1991	2002	31	2200	3600	64	450	524	165,7	21,7	Breno de Marchil <breno.marchi@suzano.com.br>
29	Suzano	Aracruz CR-C	Andritz	Running	1997	2000	25	2200	3300	64	455	433	130,8	25,2	Breno de Marchil <breno.marchi@suzano.com.br>
30	Suzano	Imperatriz	Valmet	Running	2013		9	7000	7000	95	492	1207	323,2	21,7	Michael Mota < michaelm@suzano.com.br >
31	Suzano	Jacarei - CR-3	CBC	Running	1994		28	1430	1990	90	470	240	101	19,7	Alvaro Rosa<alvarorosa@suzano.com.br>
32	Suzano	Jacarei - CR-4	CBC	Running	2002		20	2500	2990	93	480	360	149	20,1	Marco Aurelio<marco.rodrigues@suzano.com.br>
33	Suzano	Limeira CR-A	Valmet	Running	1972		50	270	510	42	380	65	24,11	21,2	
34	Suzano	Limeira CR-B	Valmet	Running	1981	2000	41	270	510	42	380	65	24,11	21,2	
35	Suzano	Limeira CR-C	CBC	Running	2002	2007	20	1100	1700	46	400	180	69	24,6	
36	Suzano	Mucuri CR-1	Valmet	Running	1992	2007	30	1750	3000	85	480	420	144	20,8	Emerson Marculino <emersonp@suzano.com.br>
37	Suzano	Mucuri CR-2	Valmet	Running	2007		15	4700	4700	85	480	738	251	18,7	Emerson Marculino <emersonp@suzano.com.br>
38	Suzano	Ribas do Rio Pardo	Andritz	Project	2023		0	10000	10000	IND	IND	IND	IND	IND	Marco Aurelio<marco.rodrigues@suzano.com.br>
39	Suzano	Suzano GTV	Valmet	Running	1973	2004	49	670	811	50	380	110	49	16,6	Gilberto Vanderlei <gilbertos@suzno.com.br>
40	Suzano	Suzano CR-3	CBC	Running	1987	2002	35	800	1400	50	420	218	64,1	21,8	Gilberto Vanderlei <gilbertos@suzno.com.br>
41	Suzano	Tres Lagoas H1	Valmet	Running	2009		13	5300	5500	86	487	822	242	22,7	Iuri Diniz < iuridiniz@suzano.com.br >
42	Suzano	Tres Lagoas H2	Andritz	Running	2017		5	8690	8690	86	485	1280	366	23,7	Iuri Diniz < iuridiniz@suzano.com.br >
43	Suzano/Stora	Veracel Celulose	Valmet	Running	2005	2011	17	4000	4800	93,6	490	630	210	22,9	Estanislau Zutautas<estanislau.zutautas@veracel.com.br>
44	Trombini	Trombini	Orcepa	Running	1989	2000	33	140	180	21	420	30	10	18,0	Marcos Gatti <mgatti@fbo.trombini.com.br>
45	Westrock	Tres Barras CR-1	Andritz	Running	1999		23	850	600	64	460	126	47,4	12,7	Samir Besen <samir.besen@westrock.com>
46	Westrock	Tres Barras CR-2	CBC	Running	2021		1	900	900	95	515	145	49	18,4	Samir Besen <samir.besen@westrock.com>
47	UPM	UPM - Fray Bentos	Andritz	Running	2007		15	4450	5580	94	490	780	210	26,6	Carolina Pesce <carolina.pesce@upm.com>
48	UPM	UPM Passo de los Toros	Andritz	Project	2023		0	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND
#	Averange		N/P	N/P	N/P	N/P	21,6	2821,8	3132,6	70,7	449,9	420,7	139,0	20,8	N/P
#	Group	Company	Supplyer	Status	Start up (ano)	Retrofit (ano)	Age (anos)	Capacity Original (tss virgin/d)	Capacity Real (tss virgin/d)	Pressure (barg)	Temp(C)	Steaming rate (t/h)	Area (m2)	Ratio (tss/m2xday)	Person in charge

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

EXCHANGED INFORMATION

- Keeping up to date with BLRBAC, SNRBC and FRBC

ACTIVITIES

- Regular inspection - Played an active role on the discussion to increase legal time between inspections. Since Nov 1st time between inspections is up to18 months in Brazil
- Leak detectors - Issued a recommendation that all recovery boilers should have a leak detector
- Guide to evaluate time between regular inspections - Issued a guide with recommendations to evaluate time between regular inspections

ACTIVITIES UNDER DEVELOPMENT

- Mitigation actions and recomendations in case of a recovery boiler explosion
- Defining hydrostatic test pressure in older and retrofitted recovery boilers
- Recovery boiler inspection guide revision

INCIDENTS

- 160 incidents since 2001
- 39 accidents
- 28 critical leakages
- 87 non critical leakages
- 6 DTE (last one 2010)
- 17 ESP`s (last one Dec 2020)

INCIDENTS PRESENTATION

- It will happen on Nov 2022 during our next meeting

DISCUSSION POINT FOR 11/2022 MEETING

- Screen failures
- Sootblower related erosion/corrosion/ cracking problems
- Inspection as a tool for better recovery boiler life cycle
- Are we ready for a recovery boiler explosion?

THANKS FOR YOUR TIME

@CSCRBU-ABTCP (Linked In)

American Forest & Paper Association

BETTER PRACTICES BETTER PLANET 2030
SUSTAINABLE PRODUCTS FOR A SUSTAINABLE FUTURE

AMERICAN FOREST & PAPER ASSOCIATION RECOVERY BOILER PROGRAM REPORT

BY

WAYNE GRILLIOT
October 27, 2022

SOODAKATTILAPÄIVÄ 2022

AF&PA Recovery Boiler Program

The **AF&PA Recovery Boiler Program**

- Established in **1974**
- Help improve the **safety, integrity, and reliability** of Recovery Boiler operations
- Identify the root cause of Recovery Boiler explosions and critical incidents
- Membership is open to all companies & mills that operate Recovery Boilers
- Activities are funded by membership dues

American Forest & Paper Association

AF&PA Recovery Boiler Program

The **Recovery Boiler Program** is directed by a **Steering Committee**

- **Frank Navojosky** – International Paper
- **Wes Hill** – Georgia-Pacific
- **Jeff Wagoner** – International Paper
- **Greg Burns** – Domtar

Program Projects & Initiatives based on Member & Industry Needs

- Member Company Input
- BLRBAC Incidents

AF&PA Recovery Boiler Program

Documents developed by the Program:

- **Reference Manuals**
- **Audit Guidelines**
- **Best Practices**
- **Training Aids**
- **Checklists**
- **Textbooks**
- **Studies**

AF&PA Recovery Boiler Program

- The Program sponsors R&D projects for:
  - **Safety Improvements**
  - **Process Improvements**
- Program Projects and Initiatives focus on:
  - **Safety**
  - **Operations**
  - **Maintenance**
  - **Recovery Boiler Integrity**

AF&PA Recovery Boiler Program

Two Standing Subcommittees

- **Operation & Maintenance Subcommittee**
  - **Frank Navojosky** – International Paper (Co-Chair)
  - **Wes Hill** – Georgia-Pacific (Co-Chair)
- **Research & Development Subcommittee**
  - **Jeff Wagoner** – International Paper (Co-Chair)
  - **Greg Burns** – Domtar (Co-Chair)
- **Subcommittee Membership**
  - Representatives from the Member Companies

Membership

The AF&PA Recovery Boiler Program Membership

- 25 Companies
- 109 Mills
- 95% of the USA Capacity
- 41% of Canadian Capacity
- South American Member

Operational Safety Seminars

- The **O&M Subcommittee** sponsors the **Recovery Boiler Operational Safety Seminars**
  - Objective: **Safe Operation of Recovery Boilers**
- Operators, Supervisors, Superintendents, Maintenance Professionals, Engineers, Steam Chiefs, and Managers attend
- **Training continues to increase in importance,** as more senior operators and supervisors retire
- Companies are finding these Safety Seminars to be an important part of their **Safety & Training Programs**

Operational Safety Seminars

- The dialogue among the attendees and monitors of the Safety Seminars provide attendees with valuable information and insight
- **Team Exercises** help operators and supervisors make the important decision: **When to ESP a Recovery Boiler**
  - The Case Studies are based on recent **actual BLRBAC Recovery Boiler Incidents**
  - **Six (6) new Case Studies** for each Safety Seminar Series has been the norm
  - **Increasing to Eight (8) new Case Studies** for the 2022 Fall Safety Seminars as a Trial!
- Over **4,200** people have attended the seminars since they were started in 1985
- We continue to recommend that all companies and mills seriously consider sending people to these valuable seminars

American Forest & Paper Association

Operational Safety Seminars

2021: Five (5) Virtual Online Recovery Boiler Operational Safety Seminars

- March 10, 2021 - (7:45 am – 5:00 pm) Eastern Time
- April 7, 2021 - (7:45 am – 5:00 pm) Pacific Time
- May 5, 2021 - (7:45 am – 5:00 pm) Eastern Time
- September 22, 2021 - (7:45 am – 5:00 pm) Eastern Time
- October 27, 2021 - (7:45 am – 5:00 pm) Pacific Time
- Attendance has been great – **283** people attended in 2021!

American Forest & Paper Association

Operational Safety Seminars

2022: Four (4) Virtual Online Recovery Boiler Operational Safety Seminars

- April 20, 2022 - (7:45 am – 4:30 pm) Eastern Time – **99 Attended**
- May 18, 2022 - (7:15 am – 4:00 pm) Pacific Time – **77 Attended**
- September 21, 2022 - (7:45 am – 4:30 pm) Eastern Time – **78 Attended**
- October 13, 2022 - (7:15 am – 4:00 pm) Pacific Time – **110 Registered!**
- Safety Seminar Monitors
  - **Dean Clay**, BLRBAC ESP Subcommittee Secretary
  - **John Andrews**, Former BLRBAC ESP Subcommittee Chair
- More people can attend due to the lower registration fee (50%)
- **+** No travel time or cost, and less time off the job!

American Forest & Paper Association

Annual Conference & Meetings

2022 AF&PA Recovery Boiler Conference & Committee Meetings

on February 1-2, 2022, at the Atlanta Airport Marriott

- 1st In-Person Event in 2 Years!!!
- All relevant Covid related protocols were followed due to the new variant
- 49 people attended in-person, 15 additional people attended virtually or provided presentation materials. Many cancellations due to Covid.
- 96 people participated in the 2020 AF&PA Recovery Boiler Conference

2023 AF&PA Recovery Boiler Conference & Committee Meetings

are scheduled for **February 7-8, 2023** at the Atlanta Airport Marriott

- The Conference is **open to everyone** interested in Recovery Boilers!!!

American Forest & Paper Association

Smelt Dissolving Tank Studies

- The **O&M and R&D Subcommittees** are both working to develop best practices around Dissolving Tank related issues
- The **R&D Subcommittee** is sponsoring some important research projects at the University of Toronto for improved safety and reduced operating risk of Dissolving Tanks
  - The 4 projects focus on:
    - **Dissolving Tank key operating conditions**
    - **Advanced monitoring techniques**
- The program builds on prior AF&PA studies and related research underway at the University of Toronto, funded by a consortium of 26 companies

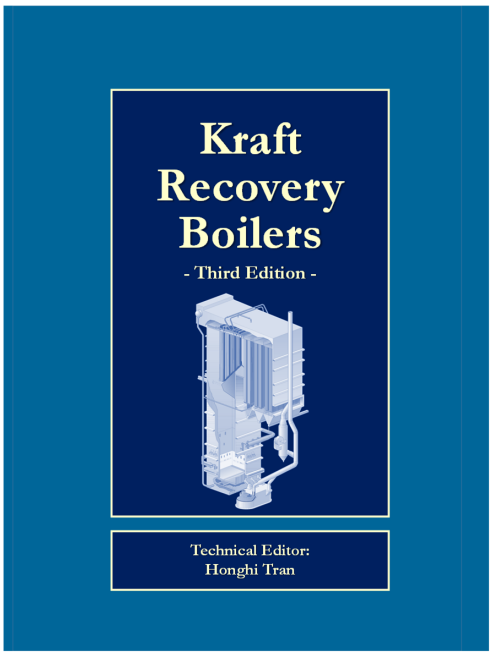
Best Practices

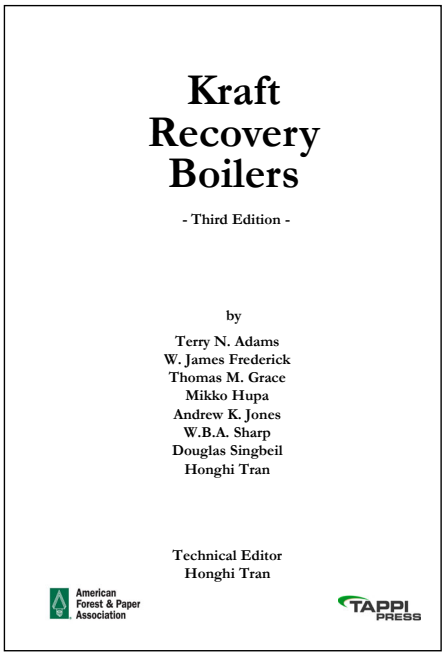
- The **O&M Subcommittee** is currently working to formalize recommendations from the "Dissolving Tank Survey and BLRBAC Incidents Study" completed by Dr. Tom Grace
  - Work continued on the project at the O&M Subcommittee Meeting on February 1, 2022 and is nearly complete
    - It will be posted on our website and will be available to everyone
- Next **O&M Subcommittee** Project
  - **Impact of extended run time on Recovery Boilers**
    - Operations, maintenance, risk, areas of concern, and criteria for allowing extensions

Kraft Recovery Boilers "Blue Book"

- **The AF&PA R&D Subcommittee** sponsored the publication of the new **Kraft Recovery Boilers, Third Edition** textbook
- **Dr. Honghi Tran** of the University of Toronto led the effort to author the new book – 1st available for sale in 2020
- Dr. Tran and 7 other world-renowned Recovery Boiler experts completed the 16 chapters of the new book
- Book sales have been very strong, with over **600 copies sold!!!**
- Available through **TAPPI Press.** In its **4th Printing Already!!!**
- The book is also used for the **TAPPI Kraft Recovery Operations Course**
- **AF&PA is offering a 25% Discount this October for Members!!!**

American Forest & Paper Association





Technical Editor & Chapter Author

HONGHI TRAN obtained his B.Sc. and M.Eng. from Shizuoka University in Japan, and his PhD from the University of Toronto in 1982. Honghi is Frank Dottori Professor of Pulp and Paper Engineering and Director of the Pulp & Paper Centre in the Department of Chemical Engineering and Applied Chemistry. He helped establish and direct consecutively 12 large industrial research consortia, focusing on issues related to energy and chemical recovery in kraft pulp mills. Honghi has authored or co-authored over 300 refereed papers and has 8 patents. Honghi has chaired the TAPPI Kraft Recovery Course since 2006. He was named a TAPPI fellow in 2000, PAPTAC fellow in 2015, and Canadian Academy of Engineering Fellow in 2016. Honghi received numerous prestigious awards including the 2013 PAPTAC's John S. Bates Gold Medal and the 2017 TAPPI Gunnar Nicholson Gold Medal. He was inducted to the Paper Industry International Hall of Fame in 2017.

Chapter Authors

TERRY ADAMS was an independent technical consultant to the pulp and paper industry in the area of chemical recovery until he retired in 2017. He obtained a B.Sc. from the University of California at Santa Barbara, a M.Sc. from the University of Michigan, and a Ph.D. from Drexel University with a specialty in combustion. Terry has worked as a Professor at the University of British Columbia, a Combustion Scientist at Weyerhaeuser Co., and since 1986 an independent consultant with a client base of over a hundred mills. He co-authored Kraft Recovery Boiler Physical and Chemical Processes, TAPPI Press, published in 1988 with Dr. Jim Frederick, and is the editor and co-author of Kraft Recovery Boilers, TAPPI Press, published in 1997.

Chapter Authors

MIKKO HUPA is a Chemical Engineering Professor at the Åbo Akademi University (ÅAU) in Turku, Finland. Mikko has supervised more than 40 PhD Theses and authored or co-authored more than 350 journal papers in the areas of high temperature chemistry, biomass and black liquor combustion and gasification, and fluidized bed combustion. Mikko has wide experience as an industrial consultant on issues of chemical aspects of combustion and energy processes. He has served as President of the International Flame Research Foundation, an international organization on industrial combustion with 250 member organizations in nearly twenty countries around the world. Mikko was named a TAPPI Fellow in 2005. Since 2015 he has worked as the President of his university ÅAU.

WILLIAM J. (JIM) FREDERICK, Jr. received his BS, MS, and PhD degrees in Chemical Engineering from the University of Maine. Jim has been active in kraft chemical recovery since 1975, both in industry, research, and consulting. Jim has been active with both TAPPI and the AIChE Forest Products Division throughout his career. He received the AIChE Forest Products Division's award in 1998, and he was named a TAPPI Fellow in 2007. He co-authored the book Kraft Recovery Boiler Physical and Chemical Processes (American Paper Institute, 1988), was a contributing author to Kraft Recovery Boilers (TAPPI Press, Atlanta, 1997). He is the lead author on a new book, Black Liquor Evaporation, to be published by TAPPI in 2019.

Chapter Authors

THOMAS M. GRACE obtained a B.S. in chemical engineering at the University of Wisconsin and a Ph.D. from the University of Minnesota. He was a faculty at the Institute of Paper Chemistry (now IPST at Georgia Tech) for 22 years, and an adjunct professor at the University of Toronto for 15 years. He formed T. M. Grace Company in 1988, consulting on recovery boilers and chemical recovery. Tom has a long involvement with BLRBAC and the AF&PA Recovery Boiler Committee, investigating recovery boiler explosions for 25 years. He authored many papers and book chapters on chemical recovery. Tom was awarded the TAPPI Gunnar Nicholson Gold Medal in 2001 and inducted to the Paper Industry International Hall of Fame in 2003.

ANDREW K. JONES is a Senior Engineering Fellow at International Paper (IP) where he fosters the implementation on new process innovations. Previously he was the recovery boiler SME. He has been with IP since 1997. Previously he worked for ABB/Combustion Engineering leading an R&D group. He received his PhD from the Institute of Paper Chemistry in 1989. Andy is active in TAPPI, having led the Engineering Division, and was conference chair for the TAPPI PEERS conference. He won the TAPPI Engineering Leadership and Service Award in 2004. He was the conference chair for the ICRC (International Chemical Recovery Conference). Andy was named a TAPPI Fellow in 2016 and he received the Engineering Division Technical Award and Beloit Prize in 2018.

Chapter Authors

W.B.A. (SANDY) SHARP is a consultant specializing in solving corrosion and materials problems in pulp and paper mills and chemical plants. He has master's degrees in Metallurgy and in Corrosion from Cambridge and London Universities in the U.K. and a Ph.D. in Chemistry from the University of Ottawa. Sandy's materials engineering experience includes 28 years leading corrosion control efforts within Westvaco (now WestRock). He has published 62 technical papers in refereed journals. He developed TAPPI's short course on solving corrosion problems and has won TAPPI's Joachim Leadership and Service Award and Engineering Division Award. Sandy is a TAPPI Fellow, a Materials Technology Institute Fellow, and the first NACE (Corrosion Engineers' Association) Fellow from the pulp and paper industry.

DOUGLAS SINGBEIL holds a BSc in Chemistry and an MSc in Metallurgy from the University of British Columbia. He began his career with FPInnovations (formerly Paprican) in 1982 as a research scientist. He has since served in numerous roles, including Corrosion Group Leader, Research Leader for Bioenergy & Corrosion, Research Manager for Process Engineering, and is currently Industrial Sector Leader for BioProducts. Over his career, Doug has addressed corrosion in recovery and biomass boilers, digesters and other process equipment. He has authored/co-authored more than 60 papers. He received awards for several of these, including the 1998 and 2004 ISCPPI Walter Mueller Awards and 2005 PAPTAC Weldon Medal. He was appointed a Fellow of NACE International in 2009.

Recovery Boiler Program Information

- AF&PA Recovery Boiler Program Website:
  https://www.afandpa.org/get-involved/industry-programs#RecoveryBoiler
- Recovery Boiler Program General Information
- Information on Available Documents
  - Publications
  - Studies
  - Training Aids
  - Standards

American Forest & Paper Association

Contact Information

- AF&PA Website:
  http://www.afandpa.org
- AF&PA Recovery Boiler Program Website:
  https://www.afandpa.org/get-involved/industry-programs#RecoveryBoiler

Wayne Grilliot
AF&PA Recovery Boiler Program
Email: wayne_grilliot@afandpa.org
Mobile: +1 (937) 602-1892

American Forest & Paper Association

Questions?

Thank You!

American Forest & Paper Association

American Forest & Paper Association

BETTER PRACTICES BETTER PLANET 2030

SUSTAINABLE PRODUCTS FOR A SUSTAINABLE FUTURE

afandpa.org

YHDISTYKSEN OPINNÄYTETYÖPALKINNON ESITTELY:

THE EFFECT OF BLACK LIQUOR DROPLET IN-FLIGHT TIME ON KRAFT RECOVERY BOILER DUST FORMATION

Johanna Brink
ANDRITZ / Åbo Akademi

THE EFFECT OF BLACK LIQUOR DROPLET IN-FLIGHT TIME ON KRAFT RECOVERY BOILER DUST FORMATION

MASTER'S THESIS PRESENTATION, JOHANNA BRINK

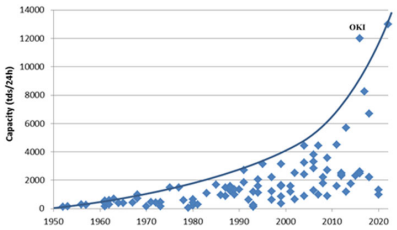
SOODAKATTILAPÄIVÄ, 27.10.2022

ANDRITZ

ENGINEERED SUCCESS

INTRODUCTION

- Thesis for M.Sc. in Chemical & process engineering (ÅAU)
- Supervisors: Ron Zevenhoven and Markus Engblom at ÅAU, Keijo Salmenoja at ANDRITZ
- Target: Determine how in-flight time affects dust formation
  - Dust = ESP ash, formed from fume in furnace
- Background: Bigger furnaces → Higher burner elevation → possibly longer in-flight times
  - How will this affect dust composition and amount?
- Thesis content: Literature study & modelling of dust formation in Excel
  - Focus on release of sodium and sulphur
  - Model results compared to data



Increase in boiler capacity from 1950 to 2020 (Salmenoja, 2019).

SULPHUR RELEASE

Release mechanism

- Sulphur is released during devolatilization as H_2S, methyl mercaptan (MM) and dimethyl sulphide (DMS)
  - Reduction of thiosulphate: $Na_2S_2O_3$ → NaHS / Na_2S
  - Lignin demethylation
    - Lignin-OCH_3 + NaHS → results in the formation of MM and DMS
  - MM and DMS decompose to H_2S

(McKeough et al.,1995)

- S release factor only depends on T in furnace
  - Droplet size and heating rate not important at boiler temperatures
- No significant S release during char burning

SULPHUR RELEASE

Release expression

- When 250 °C < T < 1018 °C:

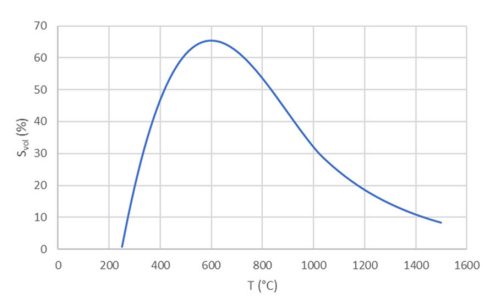
$$S_{vol}\ (\%) = -163.27 + 0.9171T - 1.150\ \cdot 10^{-3}T^2 + 4.283 \cdot 10^{-7}T^3$$

- and when T > 1018 °C:

$$S_{vol}\ (\%) = 458.85 \cdot e^{-2.666 \cdot 10^{-3}T}$$

(Frederick et al. 1995)

- Bell-shaped curve
- Maximum release at 600 °C
- 25% release at 1100 °C



After Frederick et al. (1995)

SODIUM RELEASE

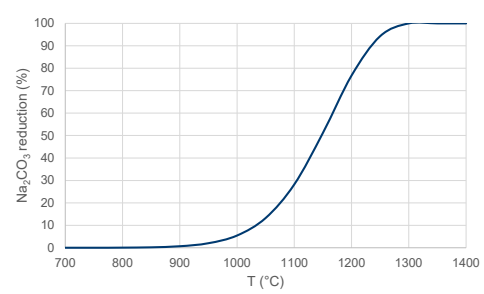
Release mechanism

- Li and van Heiningen (1990) concluded that Na is released from Na_2CO_3 during char burning
  - Na_2CO_3 (l) + C (s) → 2 Na (g) + CO (g) + CO_2 (g)
  - They determined the reaction rate in He gas – most release models based on this
  - Low temperatures (675-800 °C), reaction times <1h

- Expected Na release 10-15%

SODIUM RELEASE

Release expression



- Sodium release cannot be expressed as f(T) only
- According to Frederick et al. (1995):
  - Overall release rate (mol/s)

$$\frac{1}{R_{Na}} = \frac{1}{R_{mNa}} + \frac{1}{\eta_{Na} R_{cNa}}$$

  - Reaction rate $R_{cNa} = \frac{d[\mathrm{Na_2CO_3}]}{dt} = 10^9 [\mathrm{Na_2CO_3}] e^{\frac{-244000}{RT}}$ (according to Li and van Heiningen (1990))

  - Mass transfer rate $R_{mNa} = k_{m,Na} A_p C_{Na}$
    - k is gas film mass transfer coefficient, including diffusivity of sodium vapour and many gas properties
    - Particle surface area
    - Concentration of Na vapour in film layer
  - Effectiveness factor η_{Na}

DUST FORMATION

- Dust consists mainly of Na_2SO_4, Na_2CO_3 and NaCl and the corresponding K salts
- Example composition, RB1:

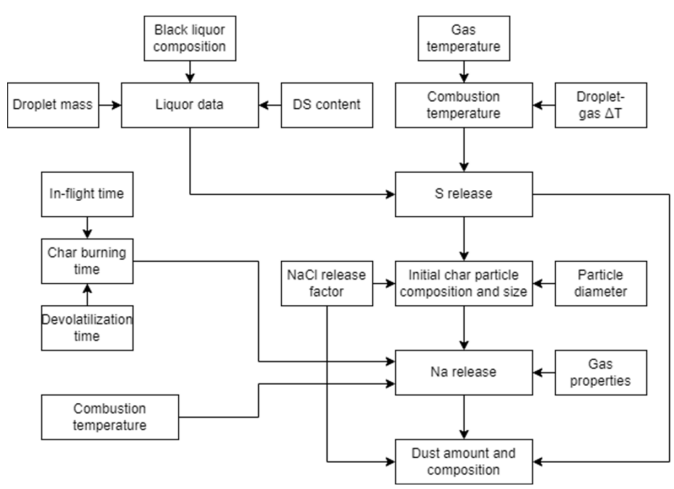
	Na_2SO_4	Na_2CO_3	K_2SO_4	K_2CO_3	NaCl	KCl
w-%	72.8	14.3	6.1	1.3	5.1	0.4

- Formation of SO_2: $2\ H_2S + 3\ O_2 \rightarrow 2\ SO_2 + 2\ H_2O$
- Formation of NaOH: $2\ Na + H_2O + ½\ O_2 \rightarrow 2\ NaOH$
- $2\ NaOH\ (g) + SO_2 + ½\ O_2\ (g) \rightarrow Na_2SO_4\ (g) + H_2O$
- $2\ NaOH\ (l) + CO_2 \rightarrow Na_2CO_3\ (l) + H_2O$

- Typical dust amount collected in ESP 9-12% of incoming DS

PRINCIPLES OF THE EXCEL MODEL

- Input:
  - Black liquor data
  - Gas temperature & properties
  - Burning time
  - NaCl release factor
- Output:
  - S and Na release factors
    - Na=Na+K
  - Dust amount (g/kgDS) and composition (w-%)



RELEASE MODELLING

Sulphur release

- Calculation requires liquor composition and temperature at droplet trajectory during devolatilization
  - Approximated T used

- Calculation procedure:
  - Calculate S release factor (%)
  - Calculate mol S released
  - Calculate mol S left = mol Na_2 bound to S
  - Calculate mol Na bound in NaCl (Cl release factor 34%)
  - The rest of Na forms Na_2CO_3 in char particle → available for Na release
    - Max ~70% of Na can be released

RELEASE MODELLING

Sodium release

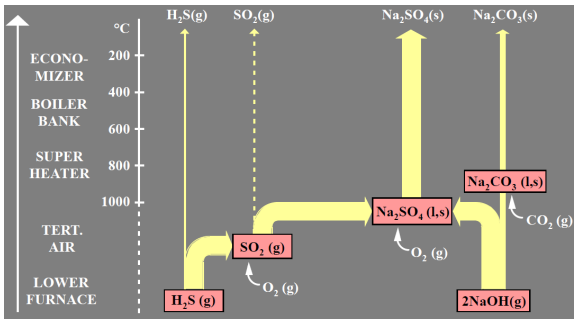
- Calculation requires: Initial amount of Na_2CO_3, char burning time and T, furnace gas parameters
  - Char burning time calculated as in-flight time – devolatilisation time

- Calculation procedure:
  - Done in time steps of 0.01 s
    - Kinetic rate changes with time
    - Mass transfer rate kept constant
  - Calculate Na released from Na_2CO_3 in 1 time step
  - Released Na is deducted from total amount of Na_2CO_3, and added to total released Na
  - Repeat process for desired char burning time

RELEASE MODELLING

Dust formation

- Stoichiometric calculations
- Requires: S release, Na release, Cl release, DS, molar masses
- If more S than Na_2 → SO_2 emissions, Na_2SO_4, no Na_2CO_3 formed
- If more Na_2 than S → Na_2SO_4 and Na_2CO_3, no SO_2 emissions
- NaCl directly from Cl release factor



(Hupa, 1997)

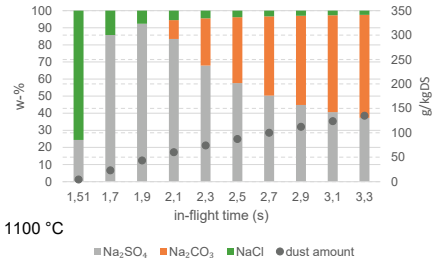
MODEL PREDICTIONS

Effect of in-flight time

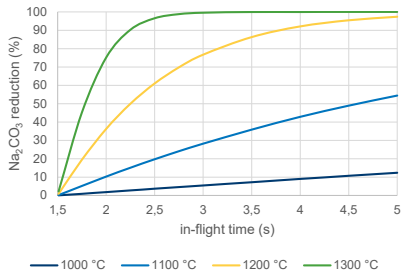
- Only affects Na release – fixed S release

- Upper figure: dust composition and amount
  - Only NaCl and Na_2SO_4 at short times
  - Increasing share of Na_2CO_3 at longer times
  - Dust amount increasing with time

- Lower figure: Na_2CO_3 reduction
  - At 1000 and 1100 °C, curves almost linear
  - At 1200 and 1300 °C, 100% reduction quickly reached, not linear reduction



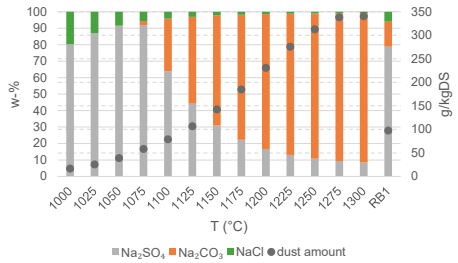
1100 °C

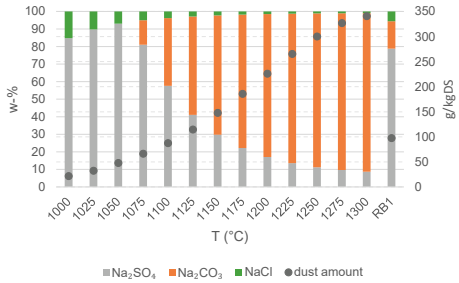


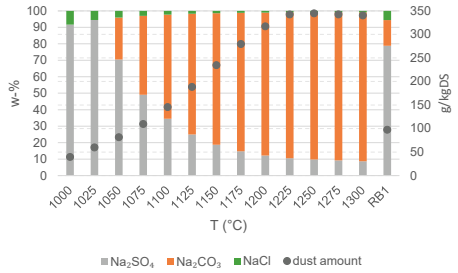
MODEL PREDICTIONS

Effect of temperature

- Affects both S and Na release
- 3 different cases with slightly different char burning T, and in-flight times
  - Similar shape but Na_2CO_3 appears at different T
- RB1 real composition for comparison







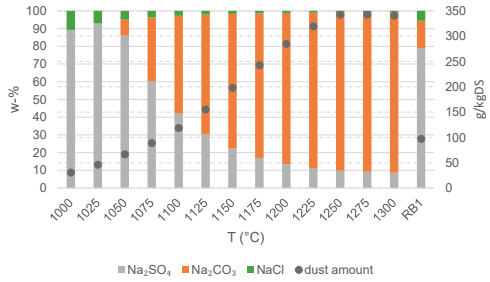
MODEL PREDICTIONS

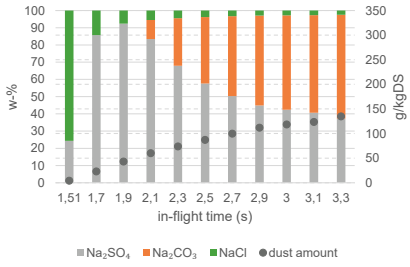
In-flight time vs. temperature

- Low T and short time:
  - Only NaCl and Na_2SO_4 in dust
  - Small dust amounts
- Fraction of Na_2CO_3 and dust amount increase as Na release increases

- Upper: Sulphur release changes with T
- Lower: (1100 °C) Sulphur release constant with increased in-flight → smoother curve

- At 1100 °C, upper figure shows same predictions as lower at 3 s

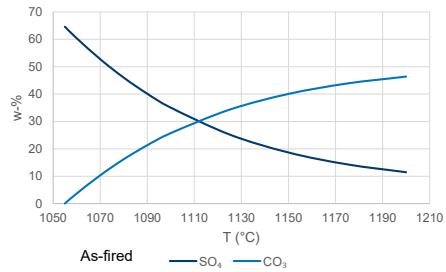




COMPARISON TO REAL DATA

- In real cases CO_3 content 0-25 w-% of ESP ash
- Example: Model prediction with RB1 black liquor composition
  - CO_3 apperas at T>1055 °C
  - 25% CO_3 at 1100 °C
- CFD: Average gas T along trajectory 1200-1300 °C
  - When these temperatuers used in model, predicted dust amount 2.8-3.4 times higher than in RB
- → Predictions of dust composition at <1100°C match furnace conditions

- Backwards calculations when dust composition or release factors were known did not match model predictions
  - Model predicted either dust correct composition or amount, but not both simultaneously

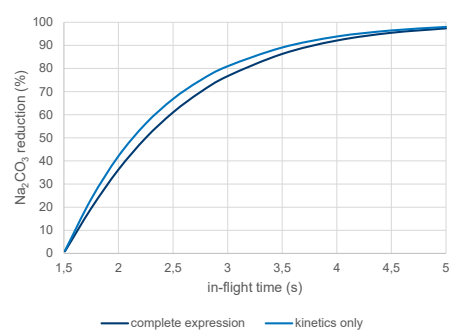


RB1	Actual dust	Model prediction 1	Model prediction 2
M_2SO_4 (w-%)	78.8	66	79
M_2CO_3 (w-%)	15.6	31	17
MCl (w-%)	5.6	3.3	3.8
S release (%)	31	26	27
Na release (%)	11	17	14
dust amount (g/kgDS)	97.5	97.1	84.2
T (°C)		1082	1069

SODIUM RELEASE IN THE MODEL

- Sodium release expression questionable – mass transfer rate problematic
  - Several parameters very difficult to approximate
    - Sensitivity analysis was done
  - Mass transfer limitation originally only used for experiments with O_2 present
    - Higher release than in other atmospheres
  - Mass transfer is limiting if reactants are transported from bulk to particle
    - Released Na needs to be transported away from particle, not a reactant

- Figure: difference in reduction if complete expression or only kinetic rate is used
  - At 1200°C, largest difference 6% reduction
- Sodium release too heavily depending on temperature



COMMENTS ON LITERATURE

- Old articles – most from before Tamminen et al. (2001) who concluded only 5-10% of dust was released from char bed.
- Li and van Heiningen's (1990) sodium release reaction rate experiments did not match furnace conditions
- Sodium release experiments generally done in colder temperatures than furnace
- Suppression of Na release by CO and CO_2 at high temperatures unclear
- Many experiments conducted in only He or N_2 → no other char consuming reactions, much higher Na release than in boilers
- No experimental data for T>1100°C

- Temperature where maximum sulphur release is reached varies – but bell shaped curve generally accepted

THINGS NOT CONSIDERED IN MODEL

- T as f(t), would require modelling of temperature and droplet trajectories
- Sodium release is "unlimited", since other carbon consuming reactions are not included (difficult to include in Excel)
- Temperature gradient in droplet and overlapping combustion stages
  - If using layers for droplet/particle, then mass transfer rate cannot be applied
- Recycled ash in as-fired liquor → difference in release from ash/ BL

- Dust formation:
  - "Ideal case"
  - No dust formation reaction rates
  - No temperature dependency
  - No intermediate/ decomposition reactions

FINAL CONCLUSIONS

- Target: Determine how in-flight time affects dust formation
- Achievement: Model that predicts dust formation as function of time and temperature
- BUT improvements still needed for reliable predictions
- Dust formation heavily depending on both temperature and char burning time in-flight
- Setback: In-flight times not available without CFD
- With adjusted temperature, model helpful to quickly estimate dust composition and amount

CITED SOURCES

- Frederick, et al., 1995. *Sodium and sulfur release and recapture during black liquor burning.* Corvallis, OR: Oregon State University.
- Hupa, M., 1997. Recovery boiler chemistry. In: T. N. Adams, ed. *Kraft recovery boilers.* Atlanta: TAPPI Press, pp. 41-57.
- Li & van Heiningen, 1990. Sodium emission during pyrolysis and gasification of black liquor char. *Tappi Journal,* 73(12), pp. 213-219.
- McKeough, P. et al., 1995. The release of carbon, sodium and sulphur during rapid pyrolysis of black liquor. In: *1995 International Chemical Recovery Conference.* Montreal: CPPA, pp. A217-A225.
- Salmenoja, K., 2019. Development of Kraft Recovery Boilers – What have been the Main Development Steps?. In: *Tappi PEERS 2019.*
- Tamminen, T. et al., 2001. Dust and flue gas chemistry during rapid changes in boiler load - full scale mill studies. In: *2001 International Chemical Recovery Conference, Oral presentations.* Montreal: PAPTAC, pp. 87-97.

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY, RAPORTTISARJA

1/2021 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Vuosikertomus 2020
(16A0913-E0208) 21.4.2021

2/2021 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Pöytäkirja. Vuosikokous 21.4.2021, Teams-kokous ja AFRY Finland Oy, Vantaa
(16A0913-E0209) 21.4.2021

3/2021 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilapäivä 4.11.2021
Sokos hotelli Presidentti, Helsinki
(16A0913-E0210) 4.11.2021

4/2021 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Lime Kiln alternative fuels and emissions / Meesauunin päästöt erilaisilla polttoaineilla
Henna Hietanen, Jens Kohlmann, AFRY Finland Oy
(16A0913-E0211) 17.11.2021

5/2021 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Ioninvaihto metsäteollisuuden vedentuotannossa – hallinta, seuranta ja toimenpiteet
Karri Aunola, Essi Korhonen, Maija Vidqvist, Anu Kettunen, Teollisuuden Vesi Oy
(16A0913-E0212) 21.12.2021

6/2021 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Pulp mill deposit formation and aging – role of intra-deposit alkali chloride transport, Phase 2
Roland Balint, Markus Engblom, Åbo Akademi
(16A0913-E0213) 21.12.2021

7/2021 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Recovery Boiler superheater corrosion – Impact of amount of melt at T0
Ebba Malm, Åbo Akademi
(16A0913-E0214) 21.12.2021

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY, RAPORTTISARJA

1/2022 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 7.4.2022, esitelmät
Sokos hotelli Kaarle, Kokkola, UPM-Kymmene Oyj, Pietarsaaren tehtaat
(16A0913-E0215) 7.4.2022

2/2022 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Toimintakertomus 2021
(16A0913-E0216) 26.4.2022

3/2022 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilapäivä 27.10.2022
Lapland hotels Arena, Tampere
(16A0913-E0217) 27.10.2022