

Soodakattilan nuohoimien kunnossapito

Joutsenon sellutehdas

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

2022

Janne Lensu

Tiivistelmä

Tekijä Lensu, Janne	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Valmistumisaika 2022
	Sivumäärä 44	
Työn nimi Soodakattilan nuohomien kunnossapito Joutsenon sellutehdas		
Tutkinto Insinööri (AMK), konetekniikan koulutus		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio Jussi Salo, Kunnossapitoyksikön päällikkö, Botnia Mill Service Ab		
<p>Työssä tutkittiin Metsä Fibre Joutsenon sellutehtaan talteenottolinjan soodakattilan nuohomien kunnossapitoa pääpainona nuohomien ennakkohuollot. Tarkoituksena oli selvittää vastaako nykyiset ennakkohuollot nuohouksen ajomäärien tarpeita. Lisäksi työn tilaaja halusi selvittää nuohomien korjauksiin ja huoltoihin liittyviä tekijöitä ja vertailla niitä Rauman tehtaaseen.</p> <p>Nuohoimista valittiin 16 eniten ajavaa nuohointa ja niiden ajomäärät selvitettiin. SAP-toiminnanohjausjärjestelmästä ajettiin ulos useiden vuosien historiatiedot nuohomien vikaantumisista. Näiden tietojen avulla etsittiin ajomäärien ja vikaantumisien yhtäläisyyksiä. Näitä tietoja verrattiin suunniteltuihin ennakkohuolto-ohjelmiin ja pyrittiin löytämään nuohoimia, joita ei huollettu riittävästi tai huollettiin liikaa.</p> <p>Työstä saatiin tulokseksi, että Joutsenossa nuohoimilla on korjattavaa nuohomien ennakkohuolloissa suhteessa nuohomien ajomääriin ja myös ennakkohuoltojen ajoituksessa on mahdollisia parannuskohteita.</p>		
Asiasanat Sellutehdas, Nuohoin, Soodakattila, Talteenotto, Kunnossapito, Ennakkohuolto		

Abstract

Author Lensu, Janne	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2022
	Number of Pages 44	
Title of Publication Sooth blower maintenance on recovery boiler Joutseno pulp mill		
Name of Degree Mechanical Engineer		
Name, title and organization of the client Jussi Salo, Chief of Maintenance, Botnia Mill Service Ab		
<p>Task for thesis was to investigate mechanical maintenance of soot blowers at recovery boiler in Metsä Fibre Joutseno pulp mill, with focus being preventive maintenance. Joutseno Mill already has preventive maintenance plans for sooth blowers but Botnia Mill Service, the maintenance company at the mill, wanted to know if these maintenance plans were on par with the amount of sooth blowing. Other task was to compare sooth blower maintenance between Joutseno mill and Rauma mill.</p> <p>Group of the 16 most active sooth blowers were chosen as a group for investigation. Their history data about mechanical malfunctions was collected from SAP ERP system. Analysis was conducted whether preventive maintenance plans for sooth blowers was on par with the operation times. Goal was to find if some sooth blowers were maintained less than they should.</p> <p>Conclusion was that there are sooth blowers which are maintained less in the maintenance program than they should, and maintenance cycle should be improved to satisfy maintenance needs for sooth blowers.</p>		
Keywords Pulp factory, sooth blower, recovery boiler, recovery process, maintenance, preventive maintenance		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Metsä Group.....	2
3	Botnia Mill Service AB.....	5
4	Sellun valmistuksen prosessi.....	6
4.1	Kuitulinja.....	6
4.2	Talteenotto.....	8
5	Soodakattilan prosessi.....	11
6	Nuohous.....	14
7	Nuohoimen komponenttirakenne.....	18
8	Nuohoimien vikatyypit.....	23
9	Nuohoimien kunnossapito.....	27
10	Ennakkohuollot.....	34
11	Vertailu Rauman ja Joutsenon välillä.....	37
12	Korjausehdotukset ennakkohuoltoihin.....	39
13	Jatkokehitys.....	41
14	Yhteenveto ja pohdinta.....	42
	Lähteet.....	43

1 Johdanto

Soodakattila toimii sellutehtaalla lipeälinjalla tärkeässä roolissa. Sen tarkoitus on muuttaa poltetusta polttolipeästä saatu lämpöenergia höyryksi, jota käytetään tehtaan muilla osastoilla prosessissa. Polttolipeän poltossa savukaasut likaavat soodakattilan lämmönvaihtimia, joita puhdistetaan nuohouksella. Hyvin toimivalla nuohouksella kattilan hyötysuhde pysyy hyvänä ja kattilan tukkeutuminen saadaan vältettyä.

Nuohoimien kunnossapito on tärkeä tehtävä soodakattilan hyvän ajettavuuden ja hyötysuhteen kannalta. Joutsenon Metsä Fibren sellutehtaalla nuohoimien kunnossapidosta vastaa Botnia Mill Service AB, joka vastaa myös kunnossapidosta kaikilla Metsä Fibren tehtailla.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia Joutsenon soodakattilan nuohoimien ennakko-ohjelmaa ja löytää siihen mahdollisia parannuksia ja jatkokehitysideoita. Lisäksi työssä tarkastellaan nuohoimiin liittyviä kustannuksia ja tehdään vertailua Rauman tehtaaseen, jossa aikaisemmin on raportoitu Joutsenoa pienempiä kustannuksia nuohoimien kunnossapidossa. Työssä katsotaan eri nuohoimien ajomääriä ja verrataan niitä häiriöilmoituksiin ja ennakko-ohjelmiin. Tällä tavalla pyritään löytämään nuohoimia, joita mahdollisesti huolletaan riittämättömästi ja myös nuohoimia, joita huolletaan jopa turhan useasti ennakko-ohjelmassa. Myös vertailemalla Joutsenon nuohoimien kunnossapitoa Rauman tehtaan nuohoimien kunnossapitoon pyritään löytämään selittävää syytä nuohoimien kustannuseroihin kahden hyvin samantyyppisen soodakattilan välillä.

Opinnäytetyön tekemisessä hyödynnetään Joutsenon SAP-toiminnanohjausjärjestelmästä saatavaa dataa ennakko-ohjelmista ja häiriöilmoituksista. Lisäksi tietoa kerätään tehtaan mekaanisilta kunnossapitoasentajilta, alihankkijoilta ja asiakkaan edustajilta. Perustietoa nuohoimista kerätään aikaisemmista nuohoimia käsittelevistä opinnäytetöistä. Suurin osa valmiiksi saatavilla olevasta aineistosta on kerätty Joutsenon tehtaan arkistoista tai tehtaan verkosta löytyvistä tietokannoista, joka tarkoittaa, ettei kaikkeen aineistoon pääse käsiksi tehtaan ulkopuolelta.

Opinnäytetyö antaa lukijalle selvän kuvan nuohoimien toiminnasta ja niiden kunnossapidosta niin ennakko-ohjelmien näkökulmasta kuin häiriökorjauksen osalta, pääpainon ollessa kuitenkin ennakko-ohjelmassa. Työstä saatavalla tiedolla on tarkoitus luoda parempaa ennakko-ohjelmaa Joutsenon soodakattilalla nuohoimilla, mutta työstä saatavaa tietoa voi toivottavasti hyödyntää muilla tehtailla ja tulevaisuudessa opinnäytetöissä.

2 Metsä Group

Metsä Group on globaali suomalainen metsäteollisuuskonserni, jonka perusliiketoiminnan ytimeen kuuluvat puusta valmistettavat tuotteet. Näitä tuotteita ovat pehmo- ja tiivispaperit, kartonki, sellu ja puutuotteet. Näiden tuotteiden lisäksi Metsä Groupilla on omat puunhankinta ja metsäpalvelut. Metsä Groupin tuotteiden keskinäinen raaka-aine on pohjoinen puu, joka hyödynnetään vastuullisesti ja tehokkaasti kaikissa prosessien vaiheissa. Metsä Groupin kaikki puuraaka-aine on sataprosenttisesti jäljitettävää ja vastuullisesti hankittua. Metsä Groupin tavoite on keskittää puu- ja kuituosaamisensa niihin alueisiin, joissa sillä on selvää kilpailuetua ja valoisa tulevaisuus. (Metsä Group 2020.)

Metsä Group on myös yksi Suomen suurimpia uusiutuvan energian tuottajia sekä käyttäjiä. Metsä Groupin tuottama ja käyttämä energia on tuotettu uusiutuvasta puupohjaisesta raaka-aineesta prosessin sivutuotteena. Tämän kaltaisen uusiutuvan energian käyttö on keskeistä ilmastonmuutoksen torjumiseen, mutta samalla myös parantaa kustannustehokkuutta ja kilpailukykyä. (Metsä Group 2020.)

Metsä Groupin liiketoiminta-alueet

Metsä Groupin toiminta jakautuu viiteen liiketoiminta-alueeseen. Niitä ovat Metsä Forest, Metsä Fibre, Metsä Wood, Metsä Board ja Metsä Tissue. (Metsä Group 2020.)

Metsä Forest huolehtii Metsä Groupin puunhankinta-, metsä ja luonnonhoitopalveluista ja palvelee myös metsänomistajia ja metsäteollisuutta. Metsä Forest vastaa puun ostosta, korjuusta, mittauksista ja kuljetuksista sekä Metsän tuotantolaitoksille ja muille asiakkaille. (Metsä Forest.)

Metsä Fibre jalostaa pohjoisista puuraaka-aineista ympäristöystävällisesti ja kannattavasti erilaisiksi biotuotteiksi. Valkaistusta havu- ja koivusellusta valmistetaan korkealaatuisia kartonkeja, pehmo- ja painopapereita sekä muita erikoistuotteita. Lisäksi Fibre tuottaa Biokemikaaleja, sahatavaraa ja prosessien sivutuotteina uusiutuvaa energiaa. Metsä Fibre on viime vuosina pyrkinyt uudistumaan, joista todisteena ovat uusi biotuotetehdas Ääneskoskella ja Kemiin vuonna 2023 valmistuva uusi biotuotetehdas. (Metsä Fibre.)

Metsä Wood valmistaa rakennusteollisuudelle ja jakeluasiakkaille puutuotteita teollisessa mittaluokassa. Metsä Woodin valmistama Kerto LVL puupalkki on ympäristöystävällinen tuote, joka on suunniteltu nopeutta ja keveyttä vaativiin rakennushankkeisiin. Kerto LVL:stä voidaan jatkojalostaa, joka mahdollistaa laajat käyttömahdollisuudet. (Metsä Wood.)

Metsä Board valmistaa korkealaatuisia ja kevyitä esikuitukartonkeja. Sen tuotevalikoimaan kuuluvat taive- ja tarjoilupakkauskartongit sekä valkoiset kraftlainerit. Boardin valmistamia

tuotteita käytetään mm. Ruoka-, kosmetiikka-, lääke ja elektroniikkapakkauksiin. (Metsä Board.)

Metsä Tissue valmistaa pehmo ja tiivistepapereita jokapäiväiseen käyttöön. Metsä Tissuen kuluttajabrändejä ovat Lambi, Serla, Mola ja Tento ja ne tarjoavat kattavan valikoiman erilaisia kulutuspapereita niin kotitalous kuin teollisuus käyttöön. Metsä Tissue valmistaa tuotteita myös asiakkaiden omille tuotemerkeille. (Metsä Tissue.)

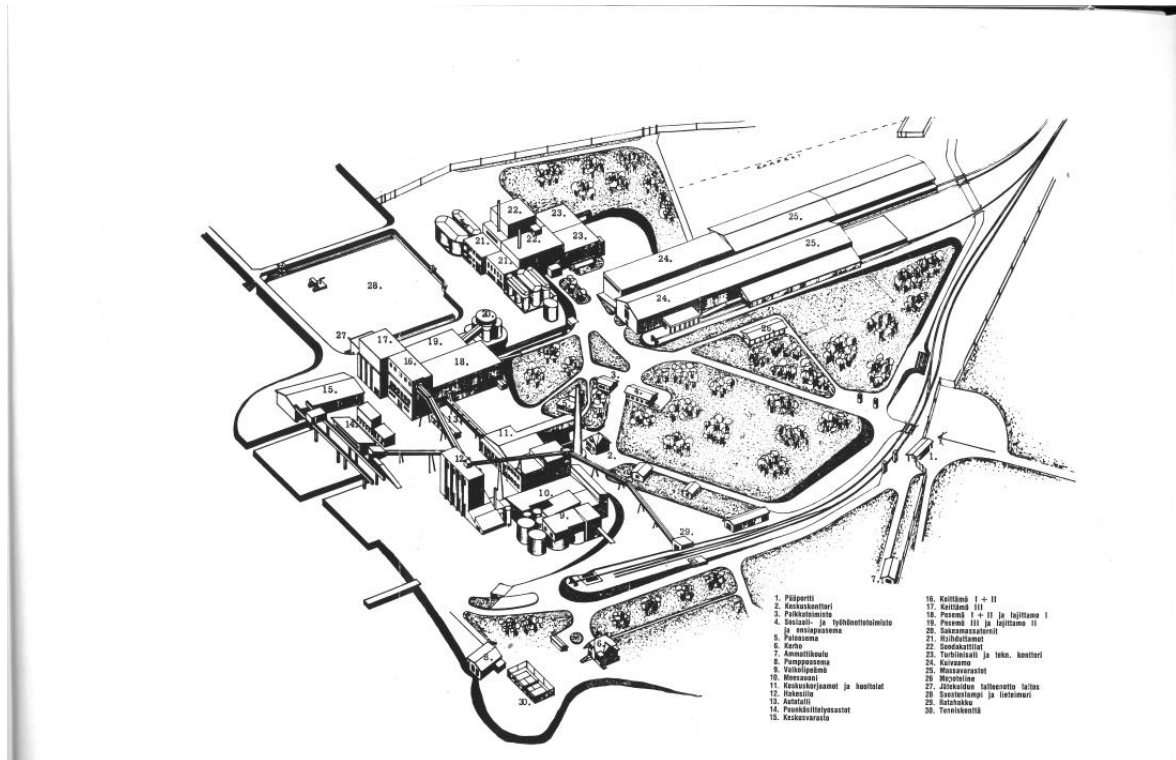
Joutsenon sellutehdas

Joutsenon sellutehdas (kuva 1) kuuluu osaksi Metsä Fibre konsernia. Se valmistaa havusellua, biokemikaaleja ja bioenergiaa. Energian suhteen tehdas on 142 % omavarainen ja täten se pystyy myymään sähköä Lappeenrannan verkkoon ja eikä se käytä ollenkaan fossiilisia polttoaineita ja täten normaalikäynnin aikana se ei päästä ollenkaan fossiilisista polttoaineista syntyviä päästöjä. Tehdas tuottaa höyryä myös samalla tontilla sijaitsevalle Metsä Boardin tuotantolaitokselle. Joutsenon sellutehdas on maailman suurin yksilinjainen havusellutehdas. Se työllistää nykyisellään noin 138 henkilöä. Sen vuosituotantokapasiteetti on 690 tuhatta tonnia sellua ja puunkulutus on 3,2 miljoona kuutiometriä vuositasona. (Metsä Fibre.)



Kuva 1. Joutsenon sellutehdas (Mirja Rantala 2016)

Joutsenon sellutehdas (kuva 2) alkoi tuottamaan sellua jo vuonna 1909 jolloin se toimi nimellä Osakeyhtiö Pulp vuoteen 1918, jonka jälkeen se liitettiin Oy Kaukas Ab:n tehtaan yhteyteen nimellä Joutsenon selluloosatehdas. Tämän ja nykyhetken välillä tehtaan omistaja on vaihtunut pariin otteeseen esimerkiksi vuosien 1989-1997 tehdas oli osa Yhtyneet Paperitehtaat Oy:tä, joka muuttui 1996 UPM- Kymmene Oy:ksi. Vuonna 1997 tehdas siirtyi Metsä-Botnia Ab:n omistukseen, joka tunnetaan nykyään nimellä Metsä Fibre. (40 vuotta sellua Joutsenossa. 2007, 7.)



Kuva 2. Joutsenon sellutehdas 1909-1917 (Könönen 1967)

Vuonna 1909 Tehtaan tuotantokapasiteetti oli 6000 tonnia valkaisuamatonta sellua vuodessa, 1995 valmistui tehtaan ensimmäinen laajennusvaihe, jossa otettiin käyttöön Kamyryn jatkuva keittomenetelmän, jonka ansiosta tuotantokapasiteetti kasvoi 60 000 tonniin. Vuosien saatossa tehtaalle on suoritettu muitakin laajennuksia mutta merkittävin uudistus suoritettiin 1997, jolloin investointityönä koko tehdas rakennettiin uudelleen. Tämä investointi saatiin valmiiksi vuonna 2001 ja tuotantokapasiteetti nousi 600 tuhanteen tonniin ECF valkaistua sellua (40 vuotta sellua Joutsenossa. 2007, 8). Vuonna 2013 siirryttiin tehtaalla polysulfidi- sellun valmistukseen. Tämä mahdollistaa 2 % suuremman määrän sellua kulutetusta puusta. Samalla myös soodakattilassa poltettavien sivutuotteiden määrä vähenee. (Mäntymaa 2013.)

3 Botnia Mill Service AB

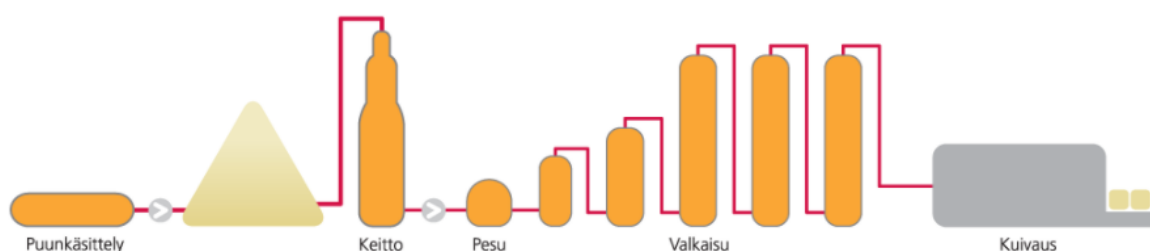
Botnia Mill Service AB, lyhyemmin BMS, on vuonna 1997 perustettu kunnossapito-yhtiö. BMS vastaa kaikista Metsä Fibren sellutehtaiden prosessikunnossapidosta. Botnia Mill Service on Metsä Fibren ja Caverionin yhteisomistuksessa siten että molemmat omistavat noin puolet BMS:stä. Botnia Mill Service tuottaa monipuolisia käynnissä pito-, käyttövarmuus-, asennus ja korjaamopalveluita niin mekaanisissa kuin sähkö- ja automaatio kohteissa. Kaikkiaan BMS:llä työskentelee noin 380 henkilöä seitsemällä toimipaikalla Raumassa, Kemissä, Ääneskoskella, Joutsenossa, Tampereella, Kuopiossa ja Vantaalla. (Caverion Suomi.)

Joutsenossa Botnia Mill Service työllistää noin 50 henkilöä käynnissä pidossa ja projektointi- ja suunnittelupalveluissa. Käynnissäpito vastaa ennakoivasta-, korjaavasta ja parantavasta kunnossapidosta sekä kunnossapidon suunnittelusta ja kunnossapidon johtamisesta. Projektointi- ja suunnittelu vastaa asiakkaan tilaamien projektien suorittamisesta. (Caverion Suomi.)

4 Sellun valmistuksen prosessi

4.1 Kuitulinja

Sellutehdas jaetaan yleensä kahteen osaan, kuitulinjaan ja lipeälinjaan. Kuitulinjaan luetaan kuuluvaksi kuorimo, massatehdas ja kuivauskone (Kuva 3). Lipeälinjaan kuuluu haihduttamo, soodakattila, kaustisointi ja meesauuni. Kuitulinjalla puun kuiduista valmistetaan sellumassaa kemiallisin menetelmin massatehtaalla, josta sellumassa siirtyy kuivauskoneelle. (Knowpulp 2021.)



Kuva 3. Kuitulinja (Sahala)

Kuorimo

Joutsenossa puu saapuu tehtaalle sekä vesitse ja maareittejä pitkin junalla tai autokuljetuksilla. Kuljetuksesta tai joissain tapauksissa varastosta otettava puu kulkee sulatuskuljettimelle, jossa talvisin puu sulatetaan. Kuorinnan kannalta riittää, että puusta vain päällimmäinen kuorikerros on sulatettu kunnolla. Sulatuksessa myös osa puun mukana tulleista epäpuhtauksista saadaan huuhdottua pois puun pinnalta. (Knowpulp 2021.)

Kuorinnassa puu kuoritaan kuorimarummissa mahdollisimman pienin puuhäviöin. Puun kuori alentaa hakkeesta tehtävän massan vaaleutta, jonka takia se halutaan erottaa hakkeesta, sillä vaaleassa selluarkissa kuoren jäämät näkyvät tummina roskina. Kuorinnasta puut siirtyvät hakun syöttölinjalle. Hakun syöttölinjassa puut pestään, niistä erotetaan metalli ja muut epäpuhtaudet. Kuorinnasta jäänyt kuori erotetaan kuoreneroitusrullastolla. (Knowpulp 2021.)

Haketuksessa tavoitteena on tuottaa hyvälaatuista ja homogeenista haketta. Hakku on puukäsittelyn kannalta tärkein yksittäinen massan laatuun vaikuttava prosessilaitte. Hakun jälkeen hake kulkee seulottavaksi, jossa hakkeesta poistetaan ylisuuri jae ja se palautetaan kiertoon pienentäväksi ennen palauttamista seulontaan. Liian hieno jae voi puolestaan tukkia keittimen, ja yleensä se kuljetetaan kuoren kanssa poltettavaksi. Seulonnan jälkeen hake kuljetetaan hakevarastoon, josta se otetaan käyttöön massatehtaalle keittoon. (Knowpulp 2021.)

Massatehdas

Kemiallisessa massanvalmistuksessa keittovaiheessa kemikaaleilla ja lämmöllä poistetaan puukuituja sitovaa ligniiniä niin että hake saadaan kuiduntumaan helposti. Selluloosapitoiset kuidut halutaan säilyttää pitkinä, ehjinä ja vahvoina. Lisäksi pyritään poistamaan puun uuteaineita, jotka voivat myöhemmissä prosessin vaiheissa aiheuttavat saostumaa ja vaahtoamista. (Knowpulp 2021.)

Keittokemikaaleina käytetään valkolipeää, eli natriumhydroksidin (NaOH) ja natriumsulfidin (Na₂S) seosta. NaOH toimii ligniiniä pilkkovana kemikaalina ja Na₂S nopeuttaa keittoreaktiota ja vähentää NaOH:in aiheuttamaa selluloosan liukenemistä. Lämpötila keitossa on noin 150-170 astetta. Ligniini aiheuttaa massaan ruskean värin keiton jälkeen ja sen pitoisuutta kuvataan kappaluvulla. Valkaisemattoman massan kappaluku on 40-100 ja valkaisu-tavan massan tavoiteltu luku on 14-30 riippuen puutyypistä, josta massa on valmistettu. Kappalukua ei haluta kuitenkaan liian alhaiseksi sillä liian matala kappaa saa aikaan sellun liukenemistä ja siten heikentää massan saantoa ja sen lujutta. (Knowpulp 2021.)

Keiton jälkeen massa ohjataan pesuun, jossa siitä erotetaan keitosta syntynyt jäteliemi, joka koostuu liuenneesta puuaineksesta ja keittokemikaaleista. Pesussa massa halutaan puhdistaa mahdollisimman hyvin jatkokäsittelyyn, ja keitosta syntyneen jäteliuoksen talteenotto mahdollisimman tehokkaasti. (Knowpulp 2021.)

Happivaiheessa eli happidelignifoinissa jatketaan keittovaiheessa aloitettua ligniinin poistoa. Kuten aikaisemmin mainittiin, keitossa ei voida poistaa liikaa ligniiniä menettämättä saantoa. Happidelignifointi on hellävaraisempi ja valikoivampi prosessi, jossa ligniini hajo-tetaan ja hapatetaan alkalien liukenevaan muotoon. Se myös tuhoaa ligniinissä olevia väril-lisiä yhdisteitä ja poistaa epäpuhtauksia massasta. (Knowpulp 2021.)

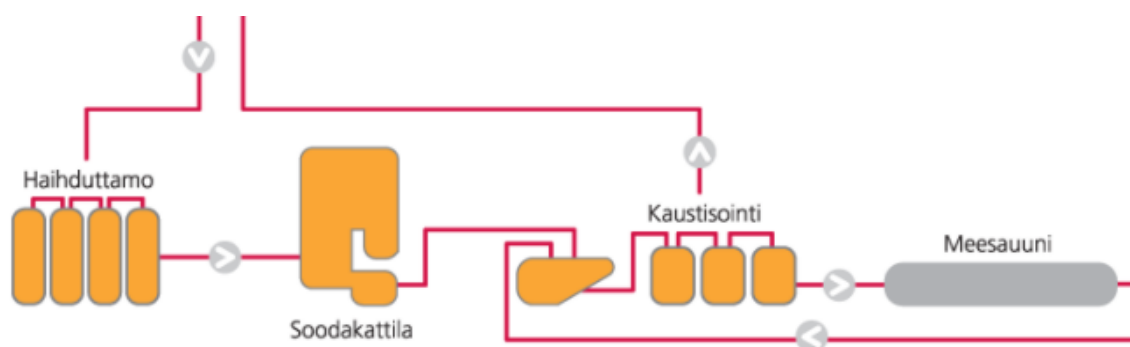
Kuivauskone ja jälkikäsittely

Massan valmistuksen jälkeen massa viedään jälkilajitteluun, jossa massasta poistetaan vii-meiset roskat ja epäpuhtaudet. Jälkilajittelusta massa siirretään massajärjestelmään, jossa varmistetaan massan oikea sakeus ja virtaus kuivauskoneen perälaatikolle. Perälaatikosta massa levitetään viiralle ja sillä muodostetaan massaradan leveyssuuntainen profiili. Rai-nalla suodatetaan vettä massasta viiraosan läpi. Tästä massa kulkee puristinosalle, jossa telojen välistä puristamalla saadaan rainasta poistettua mahdollisimman paljon vettä. Pu-ristinosan jälkeen raina kulkee kuivausosan läpi, jossa massarainasta poistetaan vettä ja kuivauksen jälkeen massarainan kuiva-ainepitoisuus on saavuttanut halutun pitoisuuden, joka on yleensä noin 90 %. Kuivauksen jälkeen massaraina kulkee arkkileikkaukseen, jonka

jälkeen arkit siirtyvät kuljettimella paalaukseen ja sen jälkeen selluvarastoon. (Knowpulp 2021.)

4.2 Talteenotto

Talteenoton (kuva 4) tehtävä on ottaa talteen sellun valmistuksessa käytettyjä kalliita keittokemikaaleja ja regeneroida ne takaisin käytettävään muotoon sellun valmistusta varten (kuva 5). Sivutuotteena talteenotossa saadaan lämpöenergiaa ja tätä lämpöenergiaa hyödynnetään tehtaan muissa prosesseissa (Knowpulp 2021.)



Kuva 4. Talteenotto (Sahala)

Haihdutus

Aikaisemmin mainittu massasta erotettava jäteliemi sisältää pesuvedestä, kettokemikaaleista ja puusta irronneesta ligniinistä syntynyttä mustalipeää. Tämän seoksen kuiva-aine pitoisuus on sellaisenaan liian alhainen, jotta se voitaisiin syöttää suoraan soodakattilaan poltettavaksi ja mustalipeästä halutaan erottaa siihen liuenneita keittokemikaaleja ennen mustalipeän polttoa. Haihduttamon tehtävä on erottaa vesi ja keittokemikaalit mustalipeästä ennen soodakattilaan syöttöä. (Knowpulp 2021.)

Soodakattila

Kemikaalien talteenoton seuraava vaihe on saada mustalipeästä siihen sitoutunut rikki ja natrium. Soodakattilassa rikki pelkistyy natriumsulfidiksi, jota käytetään keittokemikaalina massatehtaalla. Natrium puolestaan reagoi poltossa hiilidioksidin kanssa ja muodostaa natriumkarbonaattia. Näiden kahden kemikaalin muodostama sula valuu kattilan tulipesän alaosassa sijaitsevien sulakourujen läpi ulos kattilasta, jonka jälkeen seos sekoitetaan liuotajassa laihavalkolipeään, josta lopputuloksena syntyy viherlipeää, joka viedään kaustisointiin jatkokäsittelyyn. (Knowpulp 2021.)

Edellä kerrotun palamisprosessin sivutuotteena viherlipeän lisäksi syntyy paljon lämpöenergiaa, joka otetaan talteen siirtämällä se soodakattilan vesi/höyryjärjestelmästä

kattilaveteen. Tästä prosessista saatava höyry hyödynnetään muissa sellutehtaan prosesseissa, esimerkiksi keitossa. Höyryä hyödynnetään myös sähköntuotossa ohjaamalla höyry turbiiniin, josta saadaan tuotettua sähköä tehtaan omaan käyttöön. Höyryä hyödynnetään myös soodakattilan puhdistamiseen nuohoimilla. (Knowpulp 2021.)

Kaustisointi

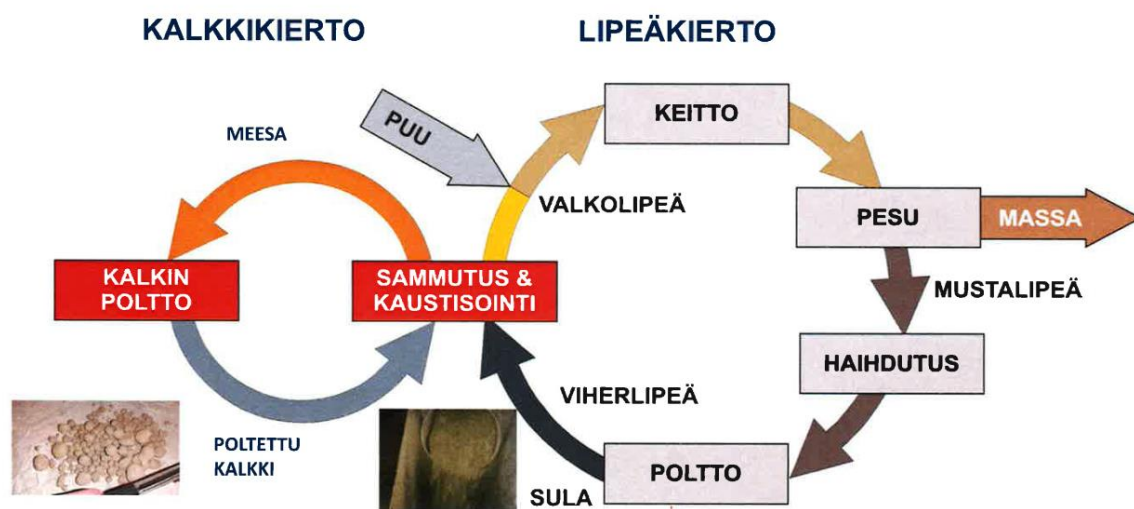
Kaustisointi kuuluu osaksi niin sanottua kalkkikiertoa. Kalkkia käytetään talteenotto-prosessissa muuttamaan viherlipeä valkolipeäksi. Viherlipeä käsitellään alkuun poistamalla siitä viherlipeäsakka joko suodattamalla tai selkeyttämällä. Viherlipeä ohjataan sammuttimeen, jossa se sekoitetaan sammuttamattomaan kalkkiin, jolloin reaktiosta syntyy sammutettua kalkkia. Viherlipeästä erotettu sakka puolestaan pestään, jotta siitä saadaan natrium talteen. Sammuttimesta sammutettu kalkki ohjataan kaustisointisäiliöön, jossa viherlipeän natriumkarbonaatin ja sammutetun kalkin reaktiosta syntyy natriumhydroksidia eli valkolipeää. Valkolipeä on tässä kohdassa vielä sekoittunut kalsiumkarbonaattiin eli meesaan, joka selkeyttämällä erotetaan valkolipeästä. Jäljelle jäänyt meesa viedään meesan polttoon. (Knowpulp 2021.)

Meesanpoltto

Meesanpoltto kuuluu osaksi talteenotto-prosessin kalkkikiertoa, jossa kalsiumkarbonaatti eli meesa muutetaan polttamalla kalsiummonoksidiksi, joka käytetään uudelleen kaustisoinnissa. (Knowpulp 2021.)

Meesa syötetään meesasuotimeen, jossa meesan kuiva-ainepitoisuus halutaan nostaa meesauunin polttoa vaativalle tasolle. Meesauunissa korkeassa lämmössä meesa poltetaan, jolloin lopputuloksena saadaan kalkkia, joka viedään kaustisoinnin omakalkkisiiloon, josta se otetaan takaisin käyttöön kaustisoinnin prosessissa muuttaessa viherlipeää takaisin valkolipeäksi. (Knowpulp 2021.)

Sulfaattiselluloprosessin kaavio

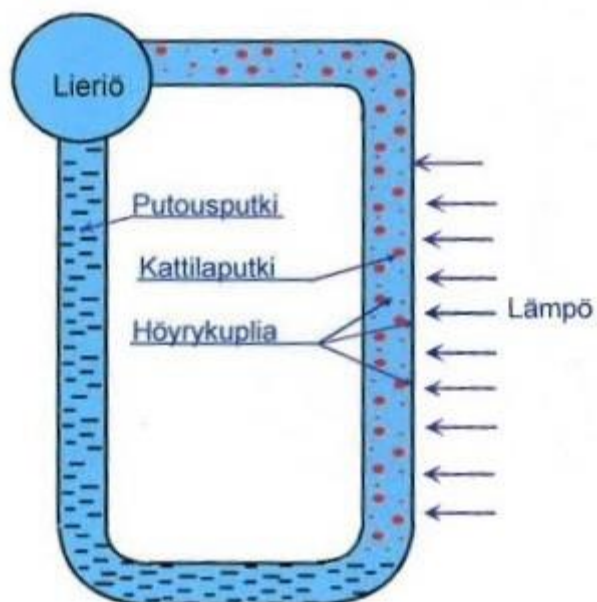


Kuva 5. Sellutehtaan kemikaalikierto (Andritz 2021)

5 Soodakattilan prosessi

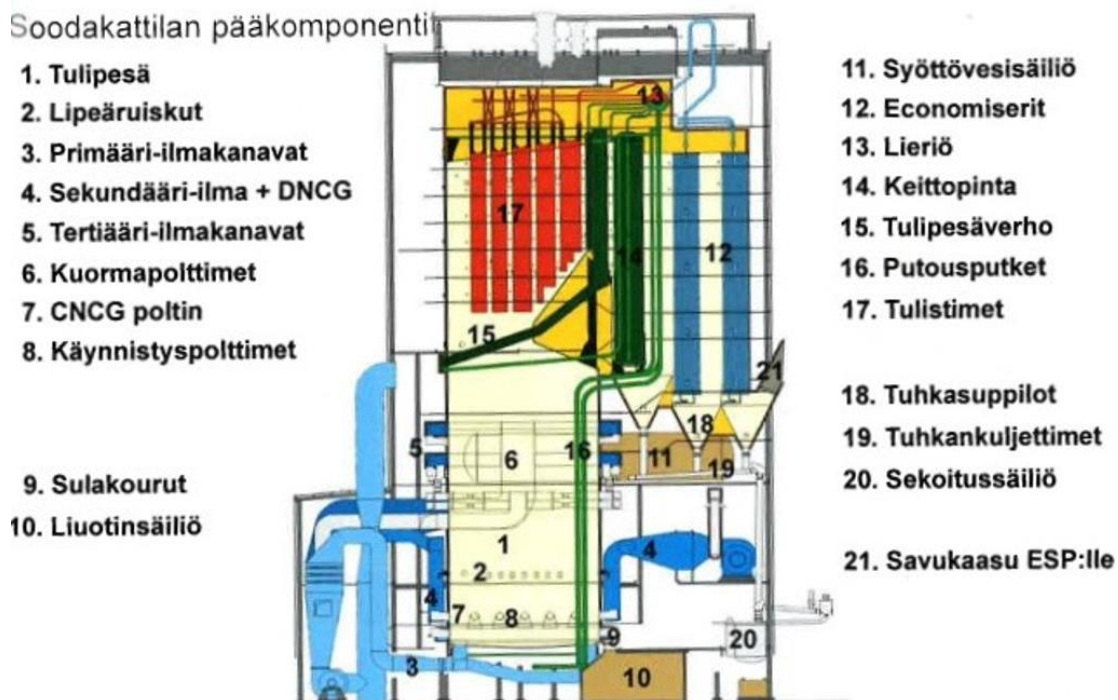
Soodakattilassa poltetaan keitossa syntynyttä, haihuttamon kautta kulkenutta mustalipeää, jota kutsutaan myös vahvalipeäksi johtuen sen korkeasta kuiva-ainepitoisuudesta haihdutuksen jälkeen. Soodakattilassa palava vahvalipeä sisältää myös keitossa käytettäviä kemikaaleja, jotka otetaan talteen ja regeneroidaan, takasin käytettävään muotoon. Soodakattilan tehtävät ovat siis keittokemikaalien talteenotto ja mustalipeän sisältämän energian talteenotto. (Huhtinen ym. 2000, 163–164.)

Soodakattilat ovat kaikki luonnonkiertokattiloita (kuva 6), eli ajavana voimana kattilassa toimii staattinen paine-ero laskuputkissa olevan veden ja tulipesäputkissa olevan vesi/höyryseoksen välillä (Andritz 2021, 68). Soodakattilan vesi-höyryjärjestelmä koostuu syöttövesisäiliöstä, syöttövesipumpuista, ekonomaistereista, höyrylieriöstä, höyrystimestä, keittoputkistosta sekä tulistimista.



Kuva 6. Soodakattilan luonnonkierto (Andritz 2021)

Soodakattilassa syöttövesi pumpataan syöttövesisäiliöstä ekonomaistereille, jossa syöttöveden lämpötila nostetaan lähelle kiehumispistettä. Syöttövesi viedään lieriöön, josta kylläinen vesi laskeutuu höyrystimeen, josta se nousee höyrystyneenä takaisin lieriöön. Lieriöltä höyry viedään tulistimille, jossa tulipesäprosessissa syntynyt lämpö siirretään höyryyn, joka muuttuu tulistetuksi höyryksi. Tulistettu höyry ohjataan turbiinille energian tuotantoon ja muihin tehtaan prosesseihin (Penttinen, 2018, 15–16). Kuvassa 7 esitellään soodakattilan sisäistä rakennetta tarkemmin sekä sen osakokonaisuuksia.



Kuva 7. Soodakattilan komponentit (Andritz 2021)

Soodakattilassa tulipesäprosessissa mustalipeä syötetään kattilaan 120 celsius asteeseen esilämmitettynä pisaroina lusikkasuuttimien kautta. Soodakattilan tulipesä voidaan jakaa hapettumis- ja pelkistymisvyöhykkeisiin. Vahvalipeä syötetään pelkistymisvyöhykkeeseen, jossa se kuivuu ja kasaantuu keoksi kattilan pohjalle. Tässä vaiheessa tapahtuu kemikaalien regeneroituminen. Pelkistymisvyöhykkeessä natriumsulfaatti halutaan pelkistää natriumsulfidiksi. Tätä pelkistymistä kuvataan reduktioasteella, joka hyvässä kattilassa on noin 98–99 prosenttia. (Huhtinen ym. 2000, 164–166.)

Hapettumisvyöhykkeessä saatetaan pelkistymisvyöhykkeessä alkanut palaminen loppuun. Palamista tehostetaan tuomalla kattilaan tertiäärisuuttimilla lisää ilmaa. Palokaasut ja palamisilma halutaan sekoittuvan keskenään mahdollisimman hyvin, jotta mustalipeä saadaa poltettua mahdollisimman tehokkaasti. (Huhtinen ym. 2000, 163–164.)

Soodakattilan pohjalle syntyvästä keosta sula johdetaan sularännejä pitkin ulos liuotussäiliöön, jossa sula sekoitetaan laihavalkolipeään. Tästä seoksesta syntyy viherlipoa, joka pumpataan kaustisointiin muutettavaksi valkolipeäksi. (Huhtinen ym. 2000, 163–164.)

Koska Soodakattilassa poltetaan mustalipeää polttoaineena ja tästä prosessista syntyy tuhkaa, tapahtuu soodakattilassa myös likaantumista. Palamatta jäävä tuhka likaa kattilan lämpöpintoja. Likaantuneisiin lämpöpintoihin tarttuu sulaa tuhkaa, tiivistyy alkaleja sekä niihin kiinnittyy partikkeleita suoraan törmäämällä. (Huhtinen ym. 2000, 209.)

Lämpöpintojen puhdistus on suoritettava tarpeeksi useasti, sillä muuten likapartikkelit voivat sintraantua lämpöpintaan. Likakerrokset heikentävät lämmön siirtymistä savukaasuista niitä jäähdyttäviin ainesvirtoihin. Savukaasujen lämpötilaa tarkkailemalla voidaan havaita mahdollista likaantumisen alkamista. Likaantuneet lämpöpinnat voivat aiheuttaa puhtaiden lämpöpintojen ylikuormittumista, kun lämpö ei siirry savukaasuista ennestään likaantuneille lämpöpinnoille. (Huhtinen ym. 2000, 209.)

Aikaisemmin mainitut tuhkasta höyrystyvät alkalit yleensä joko tiivistyvät ensimmäisten tulistinpintojen päälle tai kiinteytyvät savukaasuvirtaan lämpötilan laskiessa. Riittävän korkeassa lämpötilassa alkali saattaa kertyessään lämpöpinnoille aiheuttaa tahmean kerroksen, joka lisää likaantumisen riskiä tahmean pinnan pinta-alan kasvaessa. (Huhtinen ym. 2000, 209.)

Lian kerrostuminen tapahtuu yleensä kattilan ylä- ja keskiosissa. Sulan kerrostuminen aiheuttaa ongelmia kattilaputkien kasvavassa kulumisessa. Tätä kulumista kutsutaan korkealämpötilakorroosioksi. (Huhtinen ym. 2000, 209.)

6 Nuohous

Luvussa 5 mainittu soodakattilan likaantuminen (kuva 8) poistetaan kattilan lämpöpinnoista käyttämällä nuohousta. Nuohouksessa lämpöpintoihin kertynyt lika irrotetaan käyttäen kattilan ulkopuolista voimaa, esimerkiksi korkeapaineista höyryä irrottamaan lika lämpöpinnoista. Nuohous on hyvin tärkeää soodakattilan toiminnalle, sillä ilman toimivaa nuohousta soodakattilan lämmönsiirto heikkenee ja pahimmassa tapauksessa putkistojen muodostamat savukaasukanavat voivat tukkeutua kokonaan. (Penttinen 2018, 30–31.)

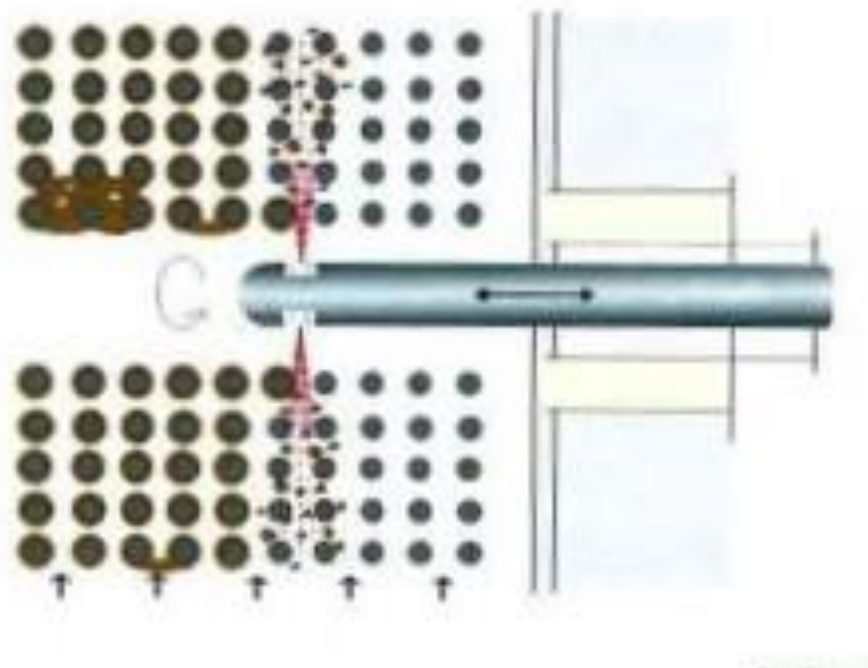


Kuva 8. Soodakattilan tulistimien likakerrostumat (Knowpulp 2021)

Yleisesti nuohous toteutetaan soodakattilassa ulosvedettävillä puhallusnuohoimilla. Ulosvedettäviä nuohoimia käytetään kohteissa, joissa lämpötila on maksimissaan 1500 astetta. Korkean lämpötilan vuoksi nuohoimen ollessa pois käytöstä se ajetaan ulos tulipesästä, jolloin vältetään nuohoimen vaurioitumiselta ja kulumiselta. (Huhtinen ym. 2000, 215.)

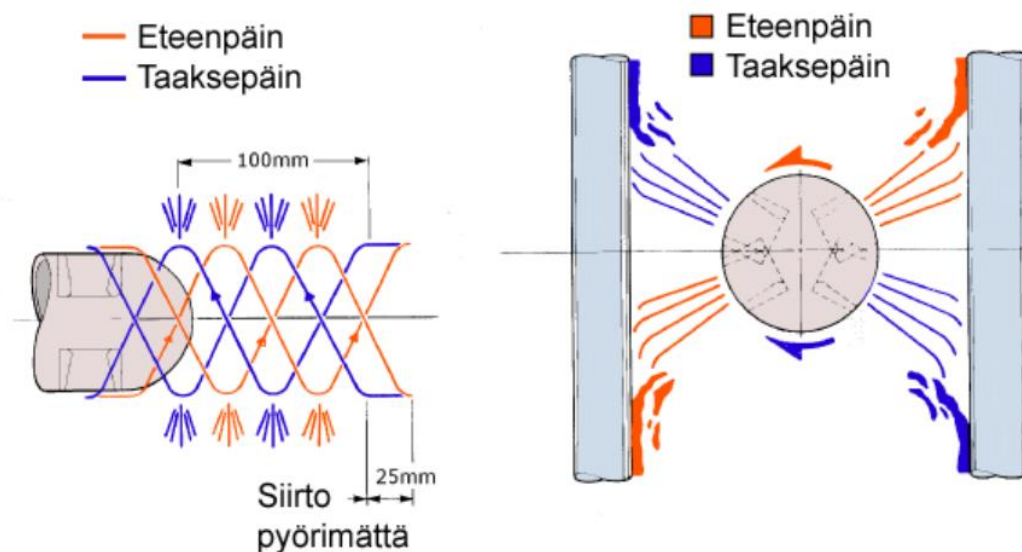
Kotiasemassa ollessaan nuohoimen suuttimien pää on suojassa kattilan seinärakenteissa ja kulmaventtiili on kiinni. Nuohoimen moottorin käynnistyessä nuohoimen vaunu lähtee liikkeelle ja alkaa työntämään suutinta kattilan sisään. Nuohoimen kulmaventtiili aukeaa vasta kun suutin on päässyt kattilan sisään. Nuohoimen ajaessa kattilassa kohti sen vastakkaista seinää, sen suutinputki pyörii oman akselinsa ympäri samalla kun höyry ajetaan nuohoimen putken päässä olevan suuttimen läpi kattilan lämpöpinnoille (Kuva 9.). Kuvassa

hahmotetaan lämpöpintojen putsausta, jossa nuohoin pyörivällä edestakaisella liikkeellä irrottaa lämpöpinnoilta likakerrostumia. (Vähätupa 2019, 18–19.)



Kuva 9. Nuohoimen toiminta (Andritz 2021)

Nuohoin ajaa vastakkaista seinää kohti, kunnes se saavuttaa päätyrajan. Tämän jälkeen se pysähtyy ja palaa takaisin kohti kotiasemaa. Kun nuohoin aloittaa paluun takaisin kotiasemaan, se ajaa lyhyen matkan pyörittämättä suutinputkea, jolloin nuohoin puhdistaa myös kohdat, joita se ei sisään ajaessa pystynyt puhdistamaan. Nuohoimen putsausta on kuvattu kuvassa 10, jossa havainnollistetaan kuinka nuohoin liikkuu eteen ja taaksepäin pienen matkan pituussuunnassa ennen pyörimisliikkeen alkamista. (Vähätupa 2019, 18–19.)



Kuva 10. Nuohoimen toimintaperiaate (Knowpulp 2021)

Joutsenon nuohousjärjestelmä

Joutsenon tehtaalla nuohoukseen tarvittava höyry otetaan primääritulistimen kokoojakammioista tai höyryturbiinin väliotosta. Nuohoushöyrylinja jakautuu soodakattilan molemmille sivuseinustoille. Sivuseinustoilla nuohoushöyrylinja jakautuu kolmeksi erilliseksi linjaksi:

- tulistin
- keittopinta
- ekonomasteri

Primääritulistimen kokoojakammioilta otetun höyryn paine lasketaan paineensäätöventtiilillä haluttuun paineeseen. Paineenalennusventtiilin jälkeinen linja on suojattu varoventtiilillä. (Ahlstrom 1998, 62.)

Joutsenossa nuohoimia on soodakattilalla yhteensä 82 kappaletta. Soodakattilan nuohoimien oikea ajojärjestys eli ajoresepti on luotu ajan saatossa seuraamalla erilaisia nuohoustarpeeseen vaikuttavia tekijöitä (Metsä Fibre Joutseno). Nämä muuttujat ovat esimerkiksi:

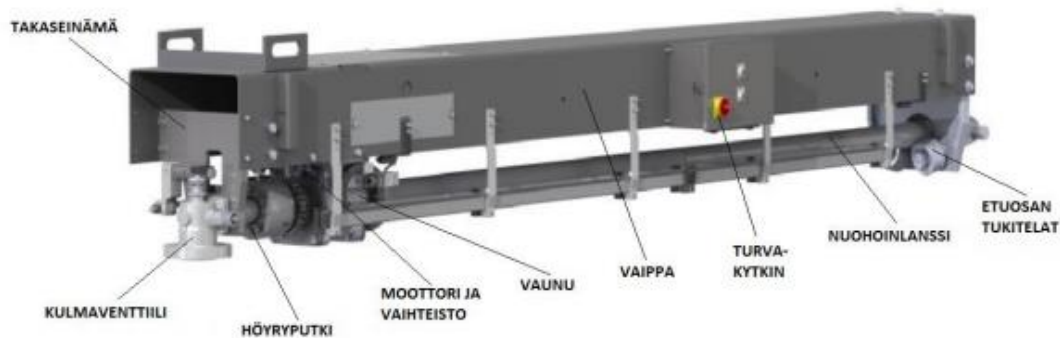
- vetohäviöt
- lämmön siirtymisen muutokset
- savukaasun lämpötila

- savukaasupuhaltimien kuorma

Näitä muuttujia tarkkailemalla ja mittaamalla voidaan saada dataa soodakattilan nuohouksen tarpeesta ja kattilan likaantumisesta ja siitä määrätä sopiva ajojärjestys ja ajomäärät nuohoimille. (Tuononen 2012, 27–28.)

7 Nuohoimen komponenttirakenne

Kuvassa 12 on kuvattu nuohoin ja nimetty pääpuolisesti sen komponentit. Nuohoimen edestakainen ja suuttimen pyörivä liike saadaan aikaan vaihdelaatikon avulla, joka yhdessä sähkömoottorin ja nuohoimen putkien tiivistepesän kanssa muodostavat vaunu -nimisen osakokonaisuuden. (Vähätupa 2019, 17.)



Kuva 12. Nuohoimen rakenne (Kimmo Penttinen 2018)

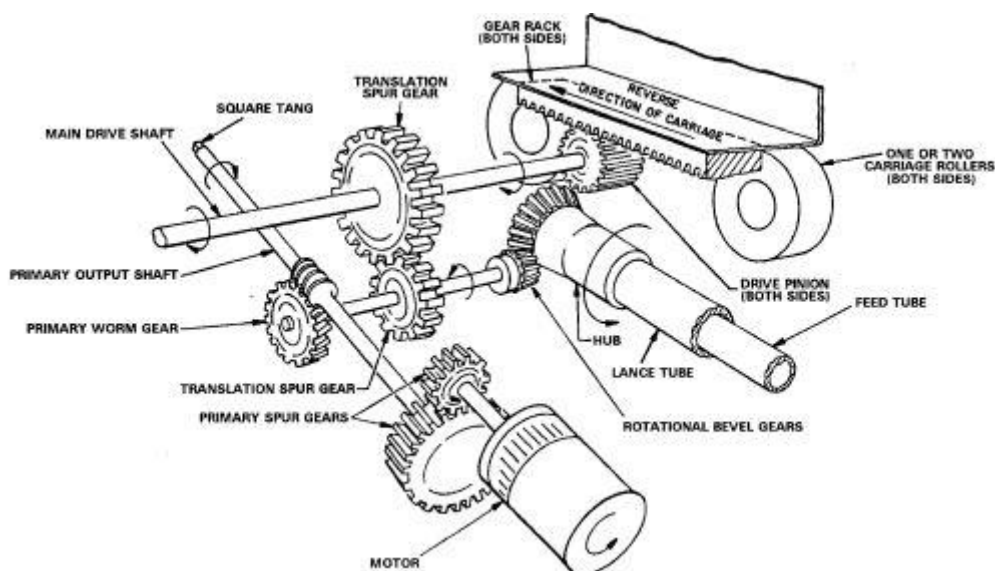
Vaihde

Nuohoimen vaihdelaatikko (kuva 13) on ensiöhammasvaihde, johon on kytketty sähkömoottorin. Kuvassa 13 ei näy sähkömoottoria, mutta se asennetaan nuohoimen laatikossa kuvassa 13 näkyvään taaimmaiseen laippaan. Kuvassa 13 näkyy nuohoimen vaihdelaatikon takaosa, jossa oikealla puolella sijaitsee tuloputken läpivienti.



Kuva 13. Nuohoimen vaihde (Janne Lensu 2022)

Sähkömoottorin kytkeytyessä päälle, sen pyörivä liike välittyy vaihteen kautta voimansiirto-akselille. Voimansiirto akselista voima välittyy hammaspyörille, joista toinen näkyy kuvassa 13 vasemmalla puolella kahden kannatinpyörän välissä, ovat kosketuksissa nuohoimen molemminpuolisiin hammaskiskoihin. Nuohoimen liikkuessa kohti kattilaa, ensiöakselilta välittyy hammasrattaan kautta voimaa putkelle, joka saa aikaan sen pyörivän liikkeen. Kuvassa 14 näkyy tarkemmin vaihdelaatikon sisäinen toiminta. (Diamond Power, 2.3.1.)



Kuva 14. Nuohoimen vaihdelaatikon toiminta (Diamond Power 1997)

Hammaskiskot ovat suorahampaisia teräksestä valmistettuja kiskoja, jotka on asennettu nuohoimen vaipan sisäpuolelle molemmin puolin nuohointa. Hammaskiskot koostuvat useammasta palasta, jotka asennetaan nuohoimeen pulteilla sekä hitsaamalla. Kiskoihin on myös mahdollista asentaa erillisiä säätöpaloja, joilla voidaan kompensoida nuohoimen kantokiskojen kulumista, jotta vaihteen hammaspyörien kosketus kiskoon saadaan pidettyä optimaalisena. (Box Consulting, tiedonanto 6.4.2022.)

Kulmaventtiili

Kulmaventtiili sijaitsee soodakattilasta katsottuna nuohoimen takaosassa. Kulmaventtiiliä avaamalla ja sulkemalla säädetään höyryn virtausta nuohoimen sisempään höyryputkeen. Kulmaventtiilissä on olemassa säätömahdollisuus, jolla voidaan venttiilin avautuessa rajoittaa venttiilin läpi pääsevän höyryn määrää (Diamond Power, 2.4.1), mutta Joutsenon soodakattilalla tätä ominaisuutta ei käytetä. Kulmaventtiilit säädetään Joutsenon nuohoimilla syöttämään maksimimäärän höyryä nuohoimen läpi. (Kunnossapitoasentaja, tiedonanto 08.03.2022)

Kulmaventtiilin avaaminen tapahtuu sen päällä olevan vivun avulla, joka on päästään kytetty vetotankoon. Nuohoimen lähtiessä liikkeelle ja suuttimen siirtyessä kattilan sisälle,

vaunuun kiinnitetty tappi osuu haarukkaan ja kääntää sitä, joka vetää kulmaventtiin tankoa kohti kattilaa vetäen samalla kulmaventtiin vipua. Tämän jälkeen kulmaventtiin sisällä sulkuelin pääsee liikkumaan ja avaa höyrykanavan sisäputkelle. Nuohoimen ajaessa takaisin prosessi toimii päinvastoin eli vaihdelaatikon tappi osuessaan haarukkaan kääntää kulmaventtiin kiinni. Kulmaventtiin päällä oleva jousi, joka on kytketty vipuun, sulkee venttiin. (Diamond Power, 2.4.2.)

Tuloputki ja suutinputki

Nuohoimessa on kaksi putkea, tuloputki ja suutinputki. Tuloputki on kiinnitetty kulmaventtiin laippaliitoksella. Tuloputki sijaitsee suutinputken sisällä ja pysyy paikallaan nuohoimen liikkuesssa. Suutinputki on liitetty nuohoimen vaunuun laippaliitoksella. Vaunun lähtiessä liikkeelle vaihde pyörittää suutinputkea ja työntää sen kattilan tulipesään. Suutinputken päässä on suutin, joka on Joutsenossa GEMINI mallinen suutin. (Box Consulting, Tiedonanto 06.04.2022.)

Tuloputki ja suutinputki tiivistyvät toisiinsa poksitiivisteellä. Poksitiiviste sisältää painimen, tiivisterenkaat (kuva 16) ja pohjaholkin. Yhdessä ne muodostavat höyryä pitävän tiivistyksen. Poksi tiivistys sijaitsee nuohoimen vaihteessa boksipesässä, jonka läpi tuloputki kulkee. (Diamond Power, 2.2.3). Joutsenossa on käytössä kahta erilaista poksitiivistettä. Kuvassa 16 vasemmalla puolella on Chesterton 3000 poksitiiviste, joka on valmistettu teflonista. Oikealla puolella on Chesterton 5700B, joka on valmistettu grafiitista ja vaatii asennukseen erillisen pronssiholkin, jota kuvassa 16 ei ole näytetty. (Tiivistetoimittaja, Tiedonanto 18.2.2022.)



Kuva 16 Kahdenlaisia nuohoimen poksitiivisteitä (Janne Lensu 2022)

Yleisesti Joutsenossa käytetään Chesterton 3000 tiivistettä. Vaikka se ei ole kestävyydeltään niin hyvä kuin 5700B, se ei vaadi niin useasti tiukkausta ja on täten teoriassa huoltovapaampi, vaikka ei yhtä kestävä. Koska Chesterton 3000 vaatii asentaessa vähemmän osia, on se myös teoriassa helpompi asentaa. (Kunnossapitoasentaja, Tiedonanto 18.2.2022.)

Seinäboksi

Seinäboksin (kuva 17) tehtävä on luoda tiivistys kattilan seinän läpiviennille, josta nuohoimen suutinputki työnnetään kattilaan. Soodakattilan paine on korkeampi kuin ilmakehän, joten seinäboksin tiivistyksen luominen tapahtuu paineistamalla boksi. Paineistaminen estää myös palokaasujen pääsyn poksiin. (Diamond Power, 2.2.3.)

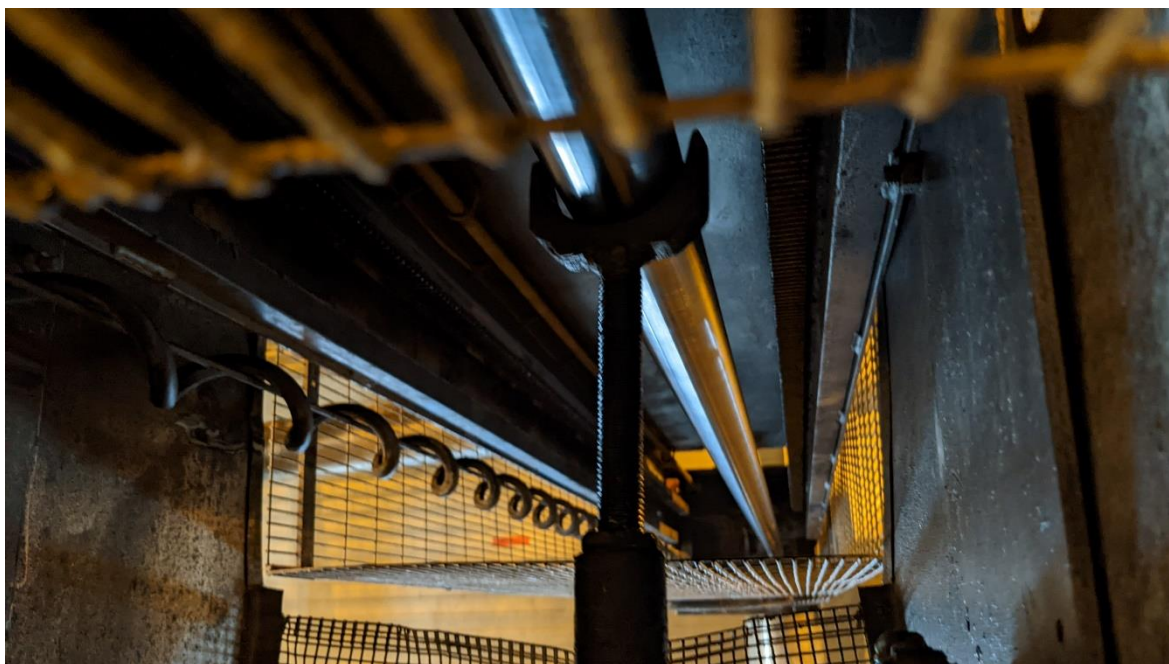


Kuva 17. Seinäboksi. (Janne Lensu 2022)

Soodakattiloissa seinäboksiin on asennettu myös kaksi kappaletta höyrsuuttimia. Näiden suuttimien tehtävä on puhdistaa suutinputki suolajämistä, joita näkyy kuvan 17 nuohoimen putken pinnalla valkoisena kerrostumana. Höyry syötetään suuttimille erillisellä höyrylinjalla kulmaventtiililtä ja höyry ajetaan suuttimien kautta putken ulkopinnalle, kun kulmaventtiili on auki. (Diamond Power, 2.2.3.)

Keskituki ja etutukirullat

Nuohoimen keskituen ja etutukirullien tehtävä on nimensä mukaisesti tukea nuohoimen höyry ja suutinputkia. Keskituki on mekaaninen tuki, joka nousee vaunun vetämänä ylös, kun vaunu ohittaa keskituen, joka sijaitsee noin puolessa välissä nuohointa (Kuva 18). Keskituki tukee nuohoimen höyryputkea ja täten ehkäisee höyryputken taipumista, joka taipuessaan voisi vaurioittaa poksiivistettä. (Box Consulting, Tiedonanto 6.4.2022.)



Kuva 18. Nuohoimen keskituki (Janne Lensu 2022)

Etutukirullat sijaitsevat nuohoimen päässä ja tukevat suutinputkea. Rullat ovat linjattu hiukan vinoon, jotta ne mukailevat putken samaan aikaan pyörivää ja etenevää liikettä. Etutukirulla näkyy kuvassa 17 alalaidassa. (Box Consulting, Tiedonanto 6.4.2022.)

8 Nuohoimien vikatyypit

Nuohoimissa esiintyy useita vikatyyppejä. Osa vikatyypeistä vaikuttavat nuohoimen toimintaan heikentävästi mutta eivät pysäytä nuohointa. Esimerkiksi poksitiiviste on komponentti, joissa voi esiintyä vuotoa, mutta nuohoin on mekaanisesti muuten toimintakuntoinen. Poksin vuotaessa osa höyrystä pakenee poksitiivisten ohi ja täten nuohouksen teho heikkenee ja viallisen nuohoimen kohdalla kattila alkaa likaantumaan.

Toiset vikatyypit kuten vaihdelaatikon viat tai vääntynyt putki voivat pysäyttää nuohoimen toiminnan täysin. Tässä tilanteessa ainoa vaihtoehto on korjata nuohoin, ennen kuin kattila pääsee likaantumaan. Seuraavissa luvuissa käydään läpi yleisimmät nuohoimien vikatyypit.

Poksitiiviste

Poksitiivisten vuoto on hankala havaita ennakoivasti, sillä vuotavan poksin voi havaita vain nuohoimen ajaessa. Koska nuohoimet ajavat erilaisilla ajomäärillä ja korkeinaan muutama kerrallaan voi joidenkin nuohoimien poksivuotojen havaitsemiseen mennä kauan. Kohdalle sattuesssa vuotavan poksin tunnistaa kattilahuoneeseen nuohoimen takaosasta vuotavasta höyrystä ja vuodon synnyttämästä voimakkaasta äänestä. Kuvassa 19 näkyy vuotava höyrypoksi. Kuvassa näkyy, kuinka vaurioitunut poksi vuotaa höyryä läpi kattilahuoneeseen. (Vähätupa 2019, 26–28.)



Kuva 19. Vuotava nuohoimen poksitiiviste (Janne Lensu 2022)

Yksi höyrypoksin kestävyyyteen vaikuttava tekijä on tuloputken ja poksipesän pintojen kunto. Naarmuuntuneet pinnat voivat aiheuttaa poksin ennenaikaista kulumista, vaikka poksi olisi

muuten asennettu oikein. Toinen vaikuttava tekijä voi olla nuohoimen vaunun vino asento. Jos nuohoimen vaunu on vinossa, tiivistepesä ei ole symmetrisen muotoinen, jolloin poksitiiviste ei tiivistä kunnolla jostain kohdasta ja toisessa kohdassa se voi hangata liikaa poksipesän seiniin, jolloin poksi pääsee kulumaan nopeasti. (Vähätupa 2019, 26–28.)

Nuohoimen vaihdelaatikon putkiakselin, eli toisin sanoin poksipesä kuuluu poksitiivisten läpi vuotavasta höyrystä. Höyrystä siirtyy myös lämpöä nuohoimen vaihteeseen, joka voi vahingoittaa nuohoimen vaihteen voiteluaineen ominaisuuksia ja täten johtaa vaihteen enenaikaiseen vaurioitumiseen (Kunnossapitoasentaja, tiedonanto 28.3.2022). Pitkään käytössä olleeseen höyryputkeen on voinut syntyä naarmuja esimerkiksi löystyneen poksitiivisten pohjaholkista ja poksipainimesta. Löystyessään nämä osat voivat raapia höyryputken pintaa, joka puolestaan vaikuttaa uuden höyrypoksitiivisten tiiveyteen. (Box Consulting, tiedonanto 6.4.2022.)

Poksitiivisten kestävyyteen vaikuttaa myös nuohoimen linjaus. Nuohoimen tulisi olla linjattu siten, että sivusuunnasta katsottuna nuohoimen tulisi olla kulmaventtiilin puoleisesta päästä noin 50–60 mm koholla vaakatasoon nähden. Tällöin putkeen pääsevä lauhde valuu ulos nuohoimen putkesta. Lauhdetta syntyy, kun nuohoukseen käytetty höyry jäähtyy ja tiivistyy takaisin vedeksi, eli lauhteeksi (Vähätupa 2019, 31). Jos nuohoimen linjaus on pielessä ja nuohoimen putki on vaakatasossa tai osoittaa kohti kattilan kattoa, lauhde voi jäädä suutinputkeen ja valua poksitiivisille. Kulmaventtiilin auetessa ja höyryn virratessa nuohoimeen lauhde höyrystyy ja samalla laajenee, ja täten kuluttaa poksitiivisiä. (Kunnossapitoasentaja, tiedonanto 30.3.2022.)

Suutinputki ja höyryputki

Yleisin suutinputken vika on suutinputken vääntyminen. Yleisin syy putken vääntymiselle on kattilaan kertyneen suolakertymän, puhekielessä kamin putoaminen putken päälle. Kameja muodostuu alueille, joissa nuohous ei ole ollut riittävä, johtuen esimerkiksi vuotavasta höyrypoksitiivisistä tai muuten toimimattomasta nuohoimesta. Kuumassa kattilassa oleva nuohoimen höyryputki on lämmön määrästä hyvinkin herkkä vääntymiselle kamin pudotessa putken päälle. Joissain tapauksissa putki vääntyy niin vähän, että nuohoin pystyy ajamaan edelleen, mutta on myös mahdollista, että suutinputki vääntyy niin pahasti, ettei nuohoin pysty ajamaan itseään pois kattilasta, jolloin nuohoin pitää ajaa ulos kattilasta apuvälineitä käyttäen. (Vähätupa 2019, 29.)

Nuohoimen suutinputki voi myös vääntyä, jos se jää liian pitkäksi aikaa kattilan sisälle. Yleensä tämä johtuu muusta mekaanisesta viasta, esimerkiksi vioittuneesta vaihteesta. Jumiin jäädessään soodakattilan lämpö vaikuttaa nuohoimen putkeen ja se alkaa taipumaan

kohti kattilan pohjaa. Tarpeeksi kauan ollessaan kattilassa suutinputki joudutaan vaihtamaan. (Ahokas, tiedonanto 31.03.2022.)

On myös tapauksia, joissa suutinputken vääntymä on saanut vaunussa aikaan sivuttaista liikettä ja vahingoittanut myös kiskoja ja vaihdelaatikkoo. Vääntynyt putki voi myös vaurioittaa kattilan seinäpoksia, sillä käyrä putki pyöriessään hankaa poksia tiivisteitä vasten ja kuluttaa niitä enemmän kuin normaalisti. (Joutseno SAP.)

Kuten aikaisemmissa luvuissa on mainittu, nuohoimen höyryputken pintaan voi ajan saatossa syntyä kulumaa ja naarmuja. Yleensä muita vikoja ei höyryputkissa esiinny. Yleensä suutinputken vaihdossa vaihdetaan samanaikaisesti myös höyryputki, joten harvoin tilannetta syntyy, jossa suutinputki olisi kunnossa, mutta höyryputki olisi huonossa kunnossa. (Box Consulting, tiedonanto 6.4.2022.)

Kulmaventtiili

Kulmaventtiileissä yleensä vikaantuva kohde on sulkukeilan ja istukkapinnan väli, joka kuluessaan laskee höyryä jatkuvasti nuohoimelle, vaikka nuohoin olisikin paikallaan. Jatkuva höyryn tulo nuohoimelle kuumentaa sitä jatkuvasti ja täten lisää vaurioitumisen riskiä.

Tämän lisäksi kulmaventtiilistä voi irrota tappi, joka sijaitsee vaihteen päällä ja aktivoi nuohoimen vivuston, joka on yhteydessä kulmaventtiilin karan vipuun. Tällöin kulmaventtiili ei pääse aukeamaan, jolloin nuohoimesta ei pääse höyryä läpi. (Vähätupa 2019, 30.)

Vaihde ja hammaskiskot

Nuohoimen hammaskiskot kuluvat yleensä kolmesta syystä. Yksi on voiteluaineen pois huuhtoutuminen kiskoilta, kun nuohoimeen ilmaantuu poksivuoto. Tämä ongelma liittyy aikaisemmin mainittuun ongelmaan, jossa vuotavaa poksia on hankala havaita. Jos vuotavaa poksia ei löydetä, se huuhtoo vuotaessaan voiteluaineen kiskoilta, jolloin kiskot pääsevät kulumaan ennakkoisesti (Kunnossapitoasentaja, tiedonanto 25.2.2022). Tähän vikaan liittyy toinen mahdollinen syy, joka on puutteellinen voitelu. Jos nuohoimen kiskoja voidellaan liian vähän tai huonosti toimivalla rasvalla, kiskot kuluvat nopeammin. (Ahokas, tiedonanto 11.03.2022.)

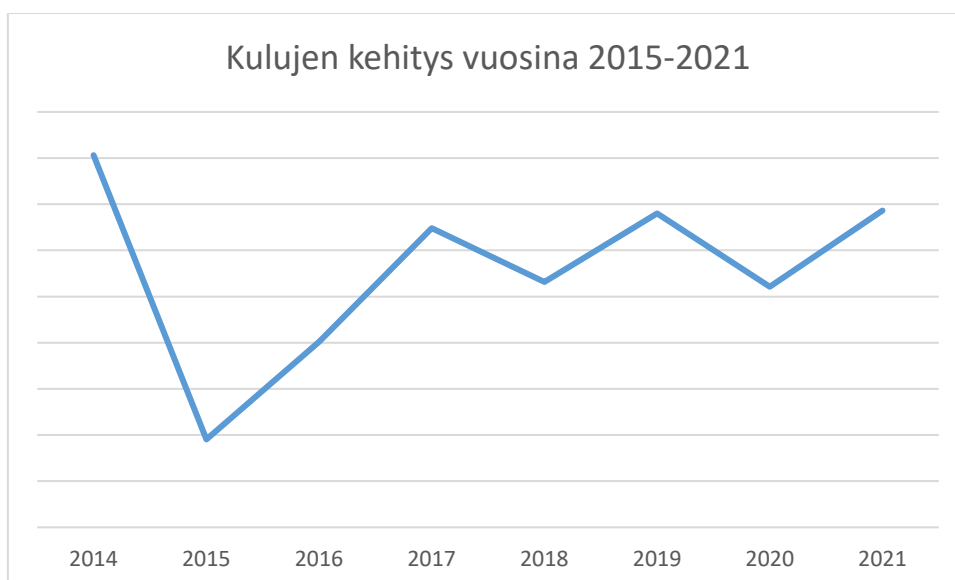
Kolmas syy on nuohoimen kantokiskojen kulumisesta. Koska nuohoimen vaunu lepää kantokiskojen päällä, niiden kuluessa tapahtuu ilmiö, jossa nuohoimen vaunu alkaa kiskojen kulumisen myötä painumaan alaspäin, jolloin syntyy välystä vaihdelaatikon ja hammaskiskon väliin. Tämä aiheuttaa huomattavaa kulumista hammaskiskoihin ja vaihteen hammaspyöriin. (Nuohoinraportti 2022.)

Nuohojen vaihteet voivat vaurioitua viallisesta kattilan seinän rajasta. Tällöin nuohoin ei pysähdy ajoissa määrättyyn rajaan vaan jatkaa matkaa kattilaa kohti, kunnes nuohoin törmää kattilan seinään. Tällöin vaihdelaatikon kannessa sijaitsevat kuormarullat törmäävät seinään ja voivat vaurioitua tai josta lähtee irti täysin. Pahimmassa tapauksessa nuohojen vaihteen kannessa sijaitsevat kantopyörien käpälät voivat vääntyä tai katketa (Kunnossapitoasentaja, tiedonanto 28.3.2022). Toinen yleinen vika vaihteissa on öljyvuodot, jotka johtuvat kuluneista tiivisteistä. Tiivisteet kuluvat esimerkiksi vuotavan poksin aiheuttamasta lämpötilan noususta vaihteessa, joka voi aiheuttaa tiivisteiden kovettumista pitkällä aikavälillä. Myös kuumat olosuhteet, joissa nuohoin joutuu operoimaan vaikuttavat vaihteen tiivisteiden kesto- ja kulumisaikoihin. Nuohojen kuumentumista voidaan välttää antamalla sille riittävästi jäähtymisaikaa. (Kunnossapitoasentaja, tiedonanto 27.4.2022.)

9 Nuohoimien kunnossapito

Joutsenon tehtaalla nuohoimien kunnossapito voidaan karkeasti jakaa kahteen kategoriaan, ennakkohuoltoihin ja häiriökorjauksiin. Ennakkohuollolla nuohoimia huolletaan kuukausittain systemaattisen SAP järjestelmään luodun huolto-ohjelman mukaan. Ennakkohuoltoihin sisältyy pääasiassa tarkastuksia ja voiteluita nuohoimien komponenteille. Häiriökorjauksia suoritetaan nuohoimilla, kun niissä havaitaan vika joko BMS:n asentajien tai Metsä Fibren käyttöhenkilökunnan toimesta. Viikoittain myös BMS:n asentajat käyvät nuohoimilla suorittamassa kierroksia, joissa pyritään löytämään vuotavia höyrypoksia.

Nuohoimien vikaantumiset ovat suuri kuluerä sellutehtaalla ja varsinkin niiden vikaantumiset sitovat kunnossapitoresurssia. Tämän vuoksi on tärkeää löytää keinoja pienentää nuohoimien korjauskustannuksia. Kuvaaja 1 näyttää nuohoimien kustannukset vuositasolla. Vuosi 2014 on otettu taulukkoon mukaan poikkeuksena johtuen kirjanpidollisista syistä. (Kettunen 2022.)



Kuvaaja 1. Nuohoimien kokonaiskustannusten kehitys 2014–2021 (Kettunen 2022)

Häiriökorjaukset

Joutsenon soodakattilan nuohoimien vikaantumisien tarkempaan tarkasteluun valittiin 16 kappaletta nuohoimia, joilla on kaikista eniten käyntikertoja. Myös lämpötilan vaikutusta nuohoimen vikaantumiseen tutkittiin, mutta suuremmaksi tekijäksi vikaantumistaajuutta selvittäessä paljastui nuohoimen käyntikerrat. Lämpötilan vaikutusta tutkittiin vertailemalla kattilan kuumimmassa ja kylmimmässä kohdassa ajavia nuohoimia ja tämän jälkeen tarkastelemalla niiden vikaantumisolmoitusten tyyppisiä ja määriä ja vertaamalla niitä nuohoimiin, jotka ajavat useammin. Vaikka kattilan viileämmissä ja kuumimmissa kohdissa nuohoimien

ajomäärät olleet täysin samoja, olivat ne niin lähellä toisiaan, että voidaan todeta ajomäärästä johtuvan mekaanisen kulumisen vaikuttavan vikaantumiseen enemmän, kuin nuohojen ajamalla alueella vallitseva lämpötila (Box Consulting, tiedonanto 23.03.2022).

Häiriökorjausten aineiston kokoaminen

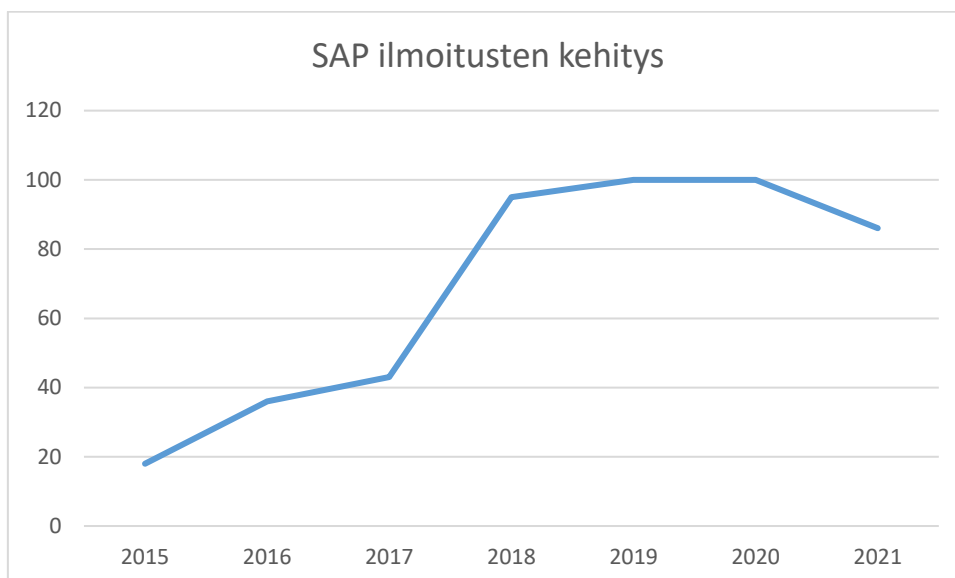
SAP-järjestelmästä valittiin tarkasteluväliksi vuodet 2015–2021 välinen aika. Otantaan valituista vuosista data oli pääsääntöisesti hyvin tasalaatuista, poikkeuksena vuosi 2015, jolloin jostain syystä nuohoimille oli kirjattu hyvin vähän SAP ilmoituksia verrattuna muihin tarkasteluvuosiin. Muilta vuosilta saatu data oli hyvälaatuista ja siitä saatiin muodostettua kuvia, joista selviää tarkemmin SAP ilmoitusten määrät ja mille komponenteille niitä on kohdistettu.

SAP- järjestelmästä saadusta tiedosta pitää huomioida, että ilmoitukset ovat kirjattu käsin järjestelmään joko BMS:n tai Metsä Fibren henkilöstön toimesta, eivätkä ilmoitukset ilmaannu järjestelmään automaattisesti. Tämä tarkoittaa kerätyn aineiston laadun kannalta sitä, että 100 % kaikista vuosien 2015–2021 vioista ei välttämättä ole kirjattu ilmoituksia SAP järjestelmään. Ilmoitukset, joita on SAP järjestelmään kirjattu, selittävät yleensä hyvin selkeästi mitä kohteessa on ollut vikana ja mitä on tehty, jotta vika on saatu korjattua. SAP järjestelmä on kuitenkin ainoa tietokanta kunnossapidolla, jonne häiriöt ja korjaukset Joutsenossa kirjataan.

Aineiston käsittely

Järjestelmästä kerättiin kunnossapitoilmoitukset vuosilta 2015–2021 nuohoilta 61,62,67,68,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,43 ja 44. Kyseiset nuohoimet ovat lueteltu ajomääriltään suurimmasta pienimpään ja kyseiset nuohoimet ajavat aktiivisimmin kaikista 82 nuohoimesta Joutsenon soodakattilalla. Tämän jälkeen tarkastettiin jokaisen 16 nuohoimen SAP ilmoitukset läpi vuosilta 2015–2021 ja ilmoitukset käsiteltiin siten, että joukosta eliminoitiin duplikaatit, väärin kirjatut ilmoitukset ja ilmoitukset, joissa ei vaadittu korjaustoimia ongelman ratkaisuun. Ilmoituksista karsittiin myös sähkö ja automaatio ilmoitukset pois, sillä työn tarkoituksena on tutkia mekaanista kunnossapitoa.

Lopputuloksena aineistosta luotiin kolme taulukkoa. Kuvaaja 3 näyttää SAP-ilmoitusten perusteella häiriökorjausten määrän 16 eniten ajavalla nuohoimella vuosien 2015–2021 ajalta kappalemäärinä. Kuvaaja 4 kuvaa vuosilta 2015–2021 eniten ajavien nuohoimien komponenteille kohdistettujen ilmoitusten määrän. Kuvaaja 2 näyttää ilmoitusten määrän kehityksen vuosina 2015–2021.

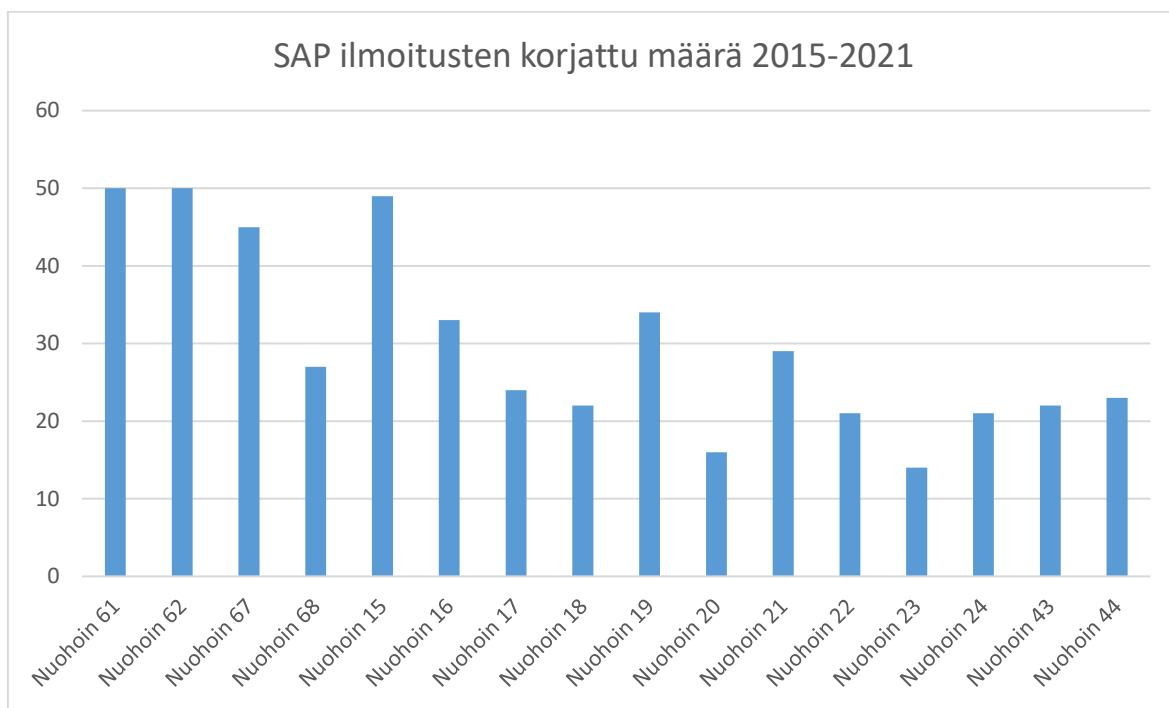


Kuvaaja 2. Mekaanisten SAP ilmoitusten kehitys otannan nuohoilma 2015–2021 (SAP Joutseno)

Näiden kahden taulukon tarkoituksena on havainnollistaa miten nuohoimien ajomäärä vaikuttaa teoreettisesti vikaantumisien määrään ja millaisia määriä eri komponenteille kohdistuu vikaantumisia ja miten paljon ilmoituksia nuohoilma on tarkastelun vuosina tehty. Varsinkin jälkimmäinen taulukko antaa hyvän lähtökohdan nuohoimien ennakkohuoltojen toimenpiteiden tarkasteluun ja mahdolliseen parantamiseen.

Aineiston tutkinta

kuvaajasta 3 näkee edellä mainitusti 16 eniten ajavan nuohoimen SAP ilmoitusten lukumäärät vuosilta 2015–2021. Ilmoitukset olivat tähän taulukkoon katsottu läpi niin että esimerkiksi kaksi kertaa samasta asiasta kirjatut ilmoitukset ovat jätetty pois. Kyseisessä taulukossa ei myöskään ole huomioitu ilmoituksia, jossa ei ole tarvinnut tehdä komponentin vaihtoja/huoltoja, eli taulukko pyrkii antamaan tarkan kuvan todellisista häiriökorjauksista 2015–2021 aikavälillä.



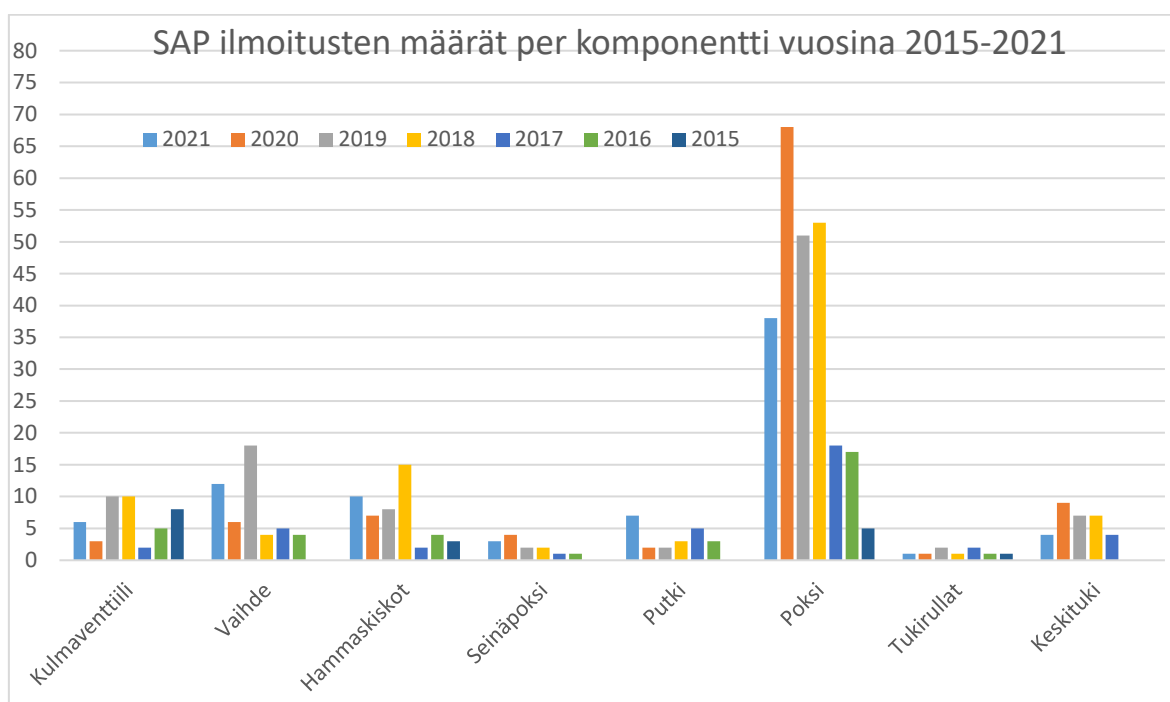
Kuvaaja 3. Nuohoimien SAP lukumäärät 2015–2021 (SAP Joutseno)

Taulukossa 2 näkee edellä mainitusti 16 eniten ajavan nuohoimen SAP-ilmoitusten lukumäärät vuosilta 2015–2021. Ilmoitukset olivat tähän taulukkoon katsottu läpi niin, että esimerkiksi kaksi kertaa samasta asiasta kirjatut ilmoitukset ovat jätetty pois. Kyseisessä taulukossa ei myöskään ole huomioitu ilmoituksia, jossa ei ole tarvinnut tehdä komponentin vaihtoja/huoltoja, eli taulukko pyrkii antamaan tarkan kuvan todellisista häiriökorjauksista 2015–2021 aikavälillä.

Kuten aikaisemmin mainittiin, alkuun tarkasteltavaan joukkioon valittiin Joutsenon soodakattilan 16 eniten ajavaa nuohointa ja tarkasteltiin niiden ennakkohuoltoja ja mahdollisia kehitystarpeita sekä niiden vikaantumishistoriaa. Ennakkohuollot käydään läpi omassa luvussa, mutta häiriökorjausten osalta on nähtävissä selkeä trendi, jossa eniten ajavalla nuohoimilla on myös eniten todellisia vikaantumisia. Parhaana esimerkkinä toimivat nuohoinpari 61 ja 62, joista molemmat ajavat noin 240 kertaa seitsemän vuorokauden aikavälillä riippuen tarkastelun ajankohdasta tehtaasta DNA-järjestelmästä. Nuohoimella 61 ilmoituksia kerätyn datan mukaan kuuden vuoden aikana 50 kappaletta ja nuohoimella 62 lukumäärä on myös 50 kappaletta. Taulukosta voi havaita, että nuohoinparien välillä voi olla myös poikkeuksia. Nuohoimella 68 esimerkiksi ilmoituksia on vain 28, mutta nuohoimessa 67 niitä on kerääntynyt 45 kappaletta. Suurimman poikkeaman näkee kuitenkin nuohoimella 15, jossa ilmoituksia on kertynyt 49 kappaletta mutta sillä ajokertoja tulee 7 vuorokauden sisällä noin 140, joka on edellä mainittuihin nuohoimiin verrattuna selkeästi vähemmän.

Kun dataa tutkii, näkee että suurin osa ilmoituksista nuohoimilla kohdistuu poksitiivisteille. Aikaisemmin mainitussa nuohoin 15:ssä poksivaurioita on kertynyt paljon, joka osaltaan selittää suurta ilmoitusten määrää. Poksivaurioita on myös ollut todella paljon muillakin nuohoimilla. Yleisesti vasta vaihdetun poksien pitäisi kestää ehjässä nuohoimessa toimittajan mukaan vähintään vuoden ja grafiittinappipoksilla jopa useamman vuoden. Poksitiivisteiden kestävyys vaikuttaa kuitenkin niin moni asia nuohoimessa, että nopean kulumisen syy löytämiseen pitää varata riittävästi aikaa ja tutkia huolella mistä poksitiivisteiden suuri kuluminen johtuu.

Kuvaaja numero 4 on kerätty nuohoimien komponenteille kohdistuneita ilmoituksia vuosilta 2015–2021. Kuvaaja ei ilmoita nuohoin kohtaisesti, paljon millekin komponentille on kertynyt ilmoituksia tietyllä nuohoimella, mutta siitä näkee vuosittain ilmoitusten määrät komponenteille kaikilta otannan 16 nuohoimelta.



Kuvaaja 4. SAP-ilmoitusten kohdistuminen nuohoimien komponenteille

Kuvaajasta 4 näkee edellä mainitut poksien viat, jotka ovat selkeästi edustettuina jokaisena vuotena. Muut komponentit, joille ilmoituksia kohdistetaan huomattavasti eniten ovat hammaskiskot, vaihde ja kulmaventtiili.

Näistä komponenteista vaihde ja kiskot ovat suoraan mekaanisesti yhteydessä toisiinsa, jolloin yleensä toisen hajoaminen aiheuttaa vaurioita toiseen. Tarkastelemalla tarkemmin kerättyä dataa, huomaa että nuohoimella 15 on poikkeuksellisen paljon ilmoituksia kiskoille, mutta vaihteelle vain kaksi kuluneina vuosina. Tilanne on puolestaan täysin päinvastainen nuohoimilla 61 ja 62, joissa vaihteita on hajonnut paljon vuosien aikana. Kiskoille

kohdistuneita ilmoituksia on vain pari kappaletta usean vuoden ajanjaksolla. Muut nuohomet otannasta sijoittuvat näiden välille, mutta silti niissä vaihde ja kiskovikoja kerätyn aineiston perusteella näyttää olevan huomattavasti vähemmän kuin kolmella edellä mainitulla nuohoimella.

Kulmaventtiilivikoja näyttää kertyneen lähes jokaisen otannan nuohoimelle, mutta kappalemäärällisesti puhutaan yleensä noin muutamasta ilmoituksesta per nuohoin. Kulmaventtiileistä nuohoin 61 on kerännyt ilmoituksia eniten, 13 kappaletta kaikkiaan tarkastelujakson aikana.

Muilla komponenteilla ilmoitusmäärät eivät ole vuositasolla kovinkaan suuria, eikä niistä löytynyt jatkuvasti toistuvia vikoja, vaan häiriöt vaikuttavat olevan enemmän satunnaisia laitevikoja.

Kahdella edellä mainitulla kuvaajalla on päästy hyvin selville, mille komponenteille ilmoituksia on kohdistunut ja miten paljon niitä on kohdistettu otannan nuohoimille. Nämä kaksi taulukkoa eivät kuitenkaan kerro vielä kokonaiskuvaa ilmoitusten laadusta. SAP-ilmoitukset katsottiin läpi tarkemmin pyrkimyksenä löytää kokonaiskuva Joutsenon nuohoimien vikaantumistavoista pääkomponenteittain.

Nuohoimien häiriökorjaukset vuosilta 2015–2021

Joutsenon 16 eniten nuohoavalla nuohoimella kulmaventtiileihin kohdistuneista ilmoituksista löytyi pääasiassa kolmea eri vikaa. Yleisimpinä SAP-kirjauksia oli kulmaventtiilin avausmekanismin viat, joihin yleisin aiheuttaja oli vaihteen päällä sijaitseva avaustapin vääntyminen tai puuttuminen täysin. Harvinaisempia ilmoituksia oli avaushaarukan viat, johon edellä mainitun tapin osuessa tulisi avata kulmaventtiili. Yleisesti haarukka oli ilmoituksessa sanottu huonokuntoiseksi ja täten se oli yleensä vaihdettu. Kulmaventtiileitä oli myös vaihdettu, mutta vuotavia venttiileitä ei suuressa kuvassa ole raportoitu kovinkaan useasti. Usein nuohoimien vuosihuolloissa on kirjattu vaihdetuksi kulmaventtiililtä lähtevän teräspunosletkun vaihto. (SAP Joutseno.)

Nuohoimen vaunun ja vaihteiston ilmoituksissa oli havaintoja vuotavista vaihdelaatikon tiivisteistä, joita oli hyvin usein korjattu nuohoimien vuosittaisissa huolloissa. Yleensä samassa ilmoituksessa oli myös mainittu öljyn lisäyksestä. Vaunuihin on kohdistettu myös paljon kannatinpyörän vikaantumisia ja vetohammaspyörän halkeamisia. Usein hajonneen vetohammaspyörän kohdalla koko vaihde on vaihdettu uuteen. Myös nuohoimen vaunun kannatinpyörille on kohdistettu ilmoituksia puuttuvista pyöristä, mutta usein näistä vioista on selvitty asentamalla uusi kannatinpyörä, jos muut vaunun komponentit ovat olleet kunnossa. (SAP Joutseno.)

Nuohomien hammaskiskoille kirjatuissa ilmoituksissa on usein mainittu kiskojen kuluminen. Hyvin useasti ilmoituksen alussa on todettu nuohoimen pysähtyneen ja paikalla käynyt asentaja on todennut kiskojen olevan vaihtokunnossa. Noin joka kolmannessa tämän tapaisessa ilmoituksessa on myös vaihdettu vaihdelaatikko kiskojen vaihdon yhteydessä. (SAP Joutseno.)

Nuohoimen seinäpoksille kirjattuja ilmoituksia ei ole vuosina 2015–2021 paljon. Parissa ilmoituksessa on todettu poksien olevan vinossa, jolloin sitä on jouduttu tukemaan hitsaamalla erilliset tukiraudat poksiin. Tämän lisäksi seinäpoksia on muutamassa ilmoituksessa rakennettu kokonaan uusiksi ja parissa ilmoituksessa on mainittu poksien kiristäminen toimenpiteenä. (SAP Joutseno.)

Nuohoimen höyrypoksille on kirjattu eniten ilmoituksia höyryvuodoista. Yleensä ilmoituksella on mainittu vuoto, ja korjauksen jälkeen tekijä on kirjannut samalle ilmoitukselle poksien olevan pakattu. Ilmoituksia on myös tehty poksien kiristyksistä ja joissain ilmoituksissa on mainintaa, että höyrypoksiin on asennettu pakkausvaiheessa esimerkiksi uusi pohjaholkki tai uusi painin. Pelkkää pakkausta koskevat toimenpiteet ovat kuitenkin kaikkien yleisimpiä. Poksivuotoa koskevissa ilmoituksissa on harvoin kerrottu tarkkaa syytä, mistä vuoto on johtunut. (SAP Joutseno.)

Nuohoimen höyry- ja suutinputken yleisimmät ilmoitukset koskevat putken tai molempien putkien vaihtoja. Syynä vaihtoon aina ollut putken vääntyminen. Putken oheislaitteissa, keskituen ja tukirullien kohdalla ilmoitukset usein koskevat säätämistä ja voitelua. Keskituen häiriöt koskevat usein vaihdelaatikossa sijaitsevaa tappia, jonka tarkoitus on nostaa keskituki ylös. Yleensä tämän tapin uloke on vinossa, jolloin keskituki ei nouse. Tukirullat usein mainitaan muiden ilmoitusten yhteydessä. Usein maininta koskee voitelua ja säätöä. Harvoin on ilmoituksia, joissa rullat ovat jouduttu vaihtamaan uusiin. (SAP Joutseno.)

Yhteenveto häiriöistä

Yhteenvetona SAP häiriöilmoitusten pohjalta kerätty data antaa hyvää pohjaa tarkastella nuohomien ennakkohuoltoja. Perehtymällä häiriöihin voi selvittää onko suunniteltu ennakkohuolto-ohjelma ajan tasalla ja pitäisikö sitä muuttaa, jotta nuohomien vikaantumisia saadaan jatkossa vältettyä. Varsinkin nuohomien kiskoihin ja vaihdevikoihin, voidaan vaikuttaa hyvällä ennakkohuollolla.

10 Ennakkohuollot

Joutsenon tehtaalla nuohomien ennakkohuolto käsittää pääasiassa tarkastuksia ja voiteluhuoltoja nuohoimille huoltosuunnitelman mukaan. Nuohomien ennakkohuollosta on aikaisempina vuosina vastannut soodakattilan alueen ennakkohuoltomies, mutta viimeimpinä vuosina ennakkohuoltovastuu on siirretty enemmän nuohoimia kiertävän korjaushenkilöstön vastuulle.

Tarkastukset

Joutsenossa kaikille nuohoimille suoritetaan samanlainen tarkastus. Ainoa asia mikä tarkastuksissa muuttuu, on sykli, jossa nuohoimet tarkastetaan sekä huoltosuunnitelma. Huoltosuunnitelmassa määritetään mitkä nuohoimet kuuluvat kyseiseen ennakkohuoltokierrokseen. (SAP Joutseno.)

Yleensä yksi huoltosuunnitelma sisältää useamman nuohoimen ja ne pyritään suorittamaan siten että samassa kerroksessa sijaitsevat nuohoimet kuuluvat samaan huoltosuunnitelmaan, jolloin ennakkohuoltojen toteutus on helpompaa kuin siirtyä useita kerroksia eri nuohomien välillä. Tarkastusten väli vaihtelee huoltosuunnitelman mukaan 13 viikon ja 26 viikon sykleissä. Esimerkiksi huoltosuunnitelma 533 tulee suoritettavaksi 13 viikon välein ja 466 taas 26 viikon välein. Molemmat huoltosuunnitelmat sisältävät eri nuohoimet. (SAP Joutseno.)

Nuohoimen ennakkohuoltotarkastus pitää sisällään silmämääräisiä tarkastuksia ja ohjeeseen on kirjattu myös joitain säätöjä ja pieniä korjaustoimenpiteitä, jos tilanne nuohoimella sen vaatii tarkastuksen aikana. Tarkastuksissa katsotaan nuohoimen rakenteiden kiinnitys silmämääräisesti. Tässä tarkoituksena on katsoa, että nuohomien komponentit ovat tiukasti kiinni, eikä esimerkiksi löysiä pulttiliitoksia näy nuohoimessa. Nuohoimen vaihdelaatikosta tarkastetaan silmämääräisesti kiinnitys ja tiiveys öljyvuotoja ajatellen sekä vaihteiston öljymäärä. Hammaskiskojen kuluneisuus tarkastetaan. Nuohoimen etutukirullien toiminta tarkastetaan ja tarvittaessa säädetään. Tämä toimenpide vaatii nuohoimen koeajon, jotta tukirullien toiminta voidaan nähdä. Nuohoimen tuloputkesta tarkastetaan tiiveys ja tarvittaessa kiristetään. Tämä toimenpide vaatii myös koeajon, sillä jos nuohoimen läpi ei virtaa höyryä, ei tiiveydestä voi olla täysin varma. Seinäpoxsin huuhteluilmaletku tarkastetaan vuotojen varalta. Nuohoimen suutinputkesta tarkistetaan silmämääräisesti suoruus sekä pinta korroosion ja pintavaurioiden varalta. (SAP Joutseno)

Voitelut

Nuohomien voitelusta on nuohoimesta riippuen kaksi tai kolme erilaista voiteluhuoltoa. Nuohoimille on merkattu ennakkohuoltoihin hammaskiskojen voitelut. Kyseiset voitelut ilmaantuvat 13 ja 26 viikon sykleissä riippuen nuohoimesta. Tarkastelemalla huoltosuunnitelmia vaikuttaisi siltä, että enemmän nuohoavat nuohoimet voidellaan 13 viikon sykleissä ja vähemmän ajavat 26 viikon sykleissä. (SAP Joutseno)

Toinen voitelu suoritetaan yhden vuoden sykleissä. Tässä voitelussa voidellaan nuohoimen etutukirullien laakerit sekä keskituen laakerit. Lisäksi kulmaventtiin liikkuvat nivelet ja vivusto voidellaan rasvalla. Edelliset toimenpiteet suoritetaan kaikille nuohoimille, mutta osalle nuohoimista suoritetaan lisäksi etutukirullien rasvaus erillisissä 26 viikon sykleissä omana huoltosuunnitelmanaan. Nämä nuohoimet ovat yleisesti aktiivisempia nuohoimia, joille kertyy viikossa paljon käyntikertoja. (SAP Joutseno.)

Ennakkohuolloista tehdyt havainnot

Tätä työtä aloittaessa oli tarkoitus tarkastella ennakkohuoltoja ja niiden mahdollisia kehityskohteita. Ennakkohuoltojen syklejä tutkiessa näkee, että kriittisten nuohomien osalta huoltosuunnitelma vaikuttaa olevan päällisin puolin kunnossa. Joukossa on kuitenkin jotain poikkeamia, jotka ovat joko jäänteitä jostain aikaisemmasta nuohousohjelmasta tai sitten ovat asetettu näin huoltosuunnitelman vuoksi, jossa on koitettu tehdä työ helpoksi siten että huolettavat nuohoimet ovat pääsääntöisesti samassa kerroksessa.

Nuohomien 61 ja 62 huolto on toteutettu siten, että sekä kiskojen voitelu ja tarkastus ovat 13 viikon erillisissä sykleissä. Etutukirullien voitelu toteutetaan 26 viikon välein, ja loput voitelut tehdään yhden vuoden sykleissä. Nämä nuohoimet ovat kaksi eniten nuohoavaa nuohointa Joutsenossa. Samaan aikaan huolettavaksi tulevat nuohoimet 15 ja 16 ja niille toteutetaan ennakkohuollot aivan samalla tavalla kuin nuohoimille 61 ja 62 vaikka 15 ja 16 nuohoavat huomattavasti vähemmän. Myös nuohoimet 17,18,19,20 huolletaan identtisesti kuin edellä mainitut, mutta omilla huoltosuunnitelmillaan. (SAP Joutseno.)

Nuohoimissa 67 ja 68 nuohoavat noin 190 kertaa 7 vuorokauden sisällä, eli ovat soodakatilassa toiseksi aktiivisimmat nuohoimet. Jostain syystä niiden ennakkohuollot eivät toteudu kuitenkaan niin tiheään kuin esimerkiksi nuohomien 15 ja 16 jotka nuohoavat selkeästi vähemmän, noin 140 kertaa 7 vuorokauden aikana. Nuohoimet 67 ja 68 tarkastetaan 26 viikon sykleissä ja niiden hammaskiskot voidellaan saman mittaisessa syklissä. Etutukirullat ja keskituet sekä kulmaventtiilit voidellaan kerran vuoden mittaisessa syklissä. Myös nuohoimet 21,22,23 ja 24 huolletaan samoilla sykleillä kuin 67 ja 68, mutta näissä nuohouskerat ovat samaa tasoa kuin nuohoimissa 15 ja 16. (SAP Joutseno.)

Muita havaintoja oli nuohoimessa 19, jossa oli jostain syystä merkattu sekä lyhyen syklin että pitkän syklin ennakkohuollot, mutta näistä pidemmän syklin huollot olivat pois käytöstä, joten voi olettaa kyseessä olevan joko jäännös aikaisemmista huoltosuunnitelmista tai väärin kirjattu ennakkohuolto järjestelmään. Nuohoimessa 7 puolestaan oli merkattu pelkästään tarkastus ennakkohuolloksi, mutta ei ainuttakaan suunniteltua huoltoa voiteluina. (SAP Joutseno.)

11 Vertailu Rauman ja Joutsenon välillä

Tämän työn yksi tehtävä on vertailla Metsä Fibre Rauman ja Joutsenon tehtaiden nuohomien kunnossapitoa. Tarkoitus vertailulle johtuu siitä, että Joutsenossa on aikaisemmin tehdyn vertailun mukaan selkeästi enemmän kustannuksia nuohoimille kuin mitä Raumalla (Salo 2022). Joutsenon ja Rauman soodakattilat ovat hyvin samanikäisiä, samankokoisia ja nuohomien lukumäärä on myös hyvin samanlainen, Joutsenossa 82 kappaletta ja Raumalla 86 kappaletta. (SAP Rauma ja Joutseno.)

Resurssit

Raumalla nuohoimia huoltaa pääasiassa yksi kunnossapitohenkilö ja tämä henkilö on lähes päivittäin nuohoimilla tekemässä tarkastuksia ja huoltoja nuohoimille. Joutsenossa nuohoimilla käydään korkeintaan noin kahdesti viikossa kahdella asentajalla kiertämässä nuohoimilla. Useimmin Joutsenossa kuitenkin päästään kerran viikossa nuohoimille edellä mainituilla resursseilla. Muut resurssit ovat Raumalla ja Joutsenossa hyvin samantasoisia, ja niistä ei löydy selkeää selittäjää kahden tehtaan eroihin. Raumalla ei myöskään ole vielä tähän saakka käytetty BMS Kemistä saatavaa nuohomien kunnossapitoväkeä suorittamaan nuohomien vuosihuoltoja, mutta aikovat tulevaisuudessa käyttää tätä palvelua. Tähän saakka Raumalla on kerätty ulkoisen toimittajan avulla lista viallisista nuohoimista ja näitä on pyritty kunnostamaan heidän omalla miehistöllänsä. (Tuokkola, tiedonanto 5.4.2022.)

Ennakkohuollot

Ennakkohuollot Raumalla hoidetaan edellä mainituin resurssein, eli yksi henkilö käy nuohoimia läpi itsenäisesti. SAP:ssa on Raumalla myös omat huoltosuunnitelmat nuohoimille. Mekaanisille tarkastuksille on kaksi huoltosuunnitelmaa, joihin molempiin on kirjattu noin puolet kaikista Rauman nuohoimista. Nämä kaksi huoltosuunnitelmaa on ajoitettu 13 viikon sykleihin ja ne molemmat tulevat tehtäväksi samaan aikaan. (SAP Rauma.)

Tarkastukset sisältävät nuohoimen käynnin aikana seinäpöskin ja tuloputken tiiveyden tarkastamisen. Kulmaventtiili tarkastetaan tiiveydeltään ja toiminnaltaan. Hammaspyörien ja kiskojen toiminta tarkastetaan ajon aikana. Tarkastukset sisältävät myös kerran vuoteen tehtävät rasvaukset. Rasvauksessa käsitellään kulmaventtiilin lukitustappi ja haarukka sekä venttiilin avausmekanismi. Myös nuohoimen etukantorullat ja hammaskiskot voidellaan. (SAP Rauma.)

Raumassa nuohomien vaihdelaatikoille on merkattu neljän vuoden välein nuohomien vaihteiden öljynvaihdot. Öljyn vaihdon lisäksi nuohomien vaihteista tarkastetaan

hammaspyörien ja laakereiden kunto sekä vaihteen tiivisteiden kunto ja tarvittaessa vaihto. (SAP Rauma.)

Rauman soodakattilan kunnossapitovastaavan mukaan Raumalla nuohomien huolto tapahtuu kuitenkin pääasiallisesti asentajien toimesta itsenäisesti. Raumalla on olemassa SAP huoltosuunnitelma, jonka avulla nuohomien ennakkohuoltoja suoritetaan samaan tapaan kuin Joutsenossa. Näissä ei siis löydy kahden tehtaan välillä selkeää eroa. (Tuokkola, tiedonanto 5.4.2022.)

Myös Rauman kustannusten vertailu Joutsenon kustannuksiin suoraan on hankalaa, sillä Raumalla nuohoimille on merkattu omat työnumerot lähes jokaiselle työlle, kun taas Joutsenossa käytetään yhtä ja samaa työnumeroa kaikille nuohoimilla tehtäville töille. (Tuokkola, tiedonanto 5.4.2022.)

Nuohousmäärä

Lähtökohtainen tilanne oli verrata molemmista kattiloista muutamaa nuohointa ja selvittää mikä ero nuohouksen määrässä on näillä tehtailla.

Raumalla nuohoimet 9 ja 10 ajavat nykyisellä ajoreseptillä kaikista eniten, noin 190 kertaa seitsemän vuorokauden aikana (Hasanen, tiedonanto 7.4.2022). Nämä määrät ovat jonkin verran pienempiä kuin Joutsenossa nuohoimilla 61 ja 62 joilla nuohotaan lähes 240 kertaa seitsemän vuorokauden aikana (Joutseno DNA).

Raumalla seuraavaksi eniten nuohoavat 61, 62, 55 ja 56 joille kertyy nuohouksia noin 76 kertaa viikossa (Hasanen, tiedonanto 7.4.2022). Joutsenossa nuohoimet 67 ja 68 nuohoavat noin 190 kertaa viikossa. Joutsenossa yli 100 kertaa viikon sisällä nuohoavia nuohoimia on lähes 30 kappaletta, kun Raumalla on vain kaksi nuohointa, jotka nuohoavat yli 100 kertaa viikossa.

Vertailun yhteenveto

Vertailun tarkoituksena oli löytää eroja Rauman ja Joutsenon tehtaiden nuohomien kunnossapidossa ja löytää selitys Joutsenon nuohomien korkeammille korjauskustannuksille vuositasolla. Vertailusta paljastui, että molempien tehtaiden nuohoimia huolletaan erikokoisilla resursseilla ja tapa, joilla resursseja myös käytetään ovat erilaisia kahden tehtaan välillä. Vertailua selvitettäessä paljastui kuitenkin, että kustannusten kirjausten tavassa on kahden tehtaan välillä eroja ja suoraan verratessa kustannusten ero voi näyttää suuremmalta kuin mitä se todellisuudessa on. Ero saattaa kuitenkin kaventua, jos kustannukset saadaan molemmilta tarkasti katsottua. Suurin ero löytyi kuitenkin nuohouksen määrästä, joka Joutsenossa on huomattavasti suurempi kuin Raumalla.

12 Korjausehdotukset ennakkohuoltoihin

Aikaisemmissa luvuissa mainitut puutteet löytyivät 16 eniten ajavan nuohoimen otannasta. Kun tarkastelee nuohoimien ennakkohuoltojen toteutusta suuremmassa mittakaavassa, huomaa että vaikka ennakkohuollot on yritetty ainakin osittain määrittää nuohousreseptin mukaan, ei siinä ole täysin onnistuttu. Tiheässä huoltosyklissä saattaa olla nuohoimia, jotka nuohoavat alle 100 kertaa 7 vuorokauden ikkunassa, josta ei ole haittaa nuohoimelle, mutta resurssin voisi hyödyntää useammin sellaiselle nuohoimelle, millä tarve tiheämpään huoltoon on suurempi. Toisessa ääripäässä on nuohoimia, jotka nuohoavat yli 100 kertaa ja ovat sijoitettuna pidempään ennakkohuolto sykliin. Täten olisi varmaankin hyvä katsoa huoltosuunnitelmia läpi ja yrittää määrittää uudet huoltosuunnitelmat, jossa koitetaan saada nuohoimet huollettua priorisoimalla niiden ajomäärien mukaan.

Haasteena tässä on ennakkohuoltojen vaivattomuuden säilyttäminen, jotta huoltohenkilön ei tarvitse kulkea edestakaisin useassa kerroksessa saman huoltokierroksen aikana. Yksi ratkaisu olisi hajauttaa nuohoimien ennakkohuollot siten, että niitä tehtäisiin useammin pienemmissä erissä. Tämä toteutus vaatisi kuitenkin laajempaa tutkimusta ennakkohuolloista resurssien riittävyyden kannalta. Nuohoimia huoltavalla henkilöstöllä on myös muita työtehtäviä muissa kohteissa, joten nekin pitää ottaa huomioon nuohoimien ennakkohuoltojen uudelleenjärjestelyssä.

Voisi olla myös järkevää järjestellä nuohoimien huoltoja aikataulullisesti uusiksi. Kuvassa 20 on simuloitu sapissa kaikki nuohoimien huoltosuunnitelmat nähtäväksi vuodelta 2021. Kuvasta näkee selkeästi, että iso osa nuohoimien ennakkohuolloista tulee tehtäväksi huhtikuussa, mutta esimerkiksi kesällä ennakkohuoltoja aukeaa paljon vähemmän.

Yksi järkevä toimenpide voisi olla ennakkohuoltojen uudelleen järjestely siten, että niitä aukeaisi tasaisemmin, jolloin kuukausittainen kuorma voitaisiin pitää matalampana kuin tällä hetkellä. Tämä helpottaisi resurssoinnissa, jos työkuorma jakautuisi tasaisemmin kuukausittaisella tasolla. On myös mahdollista, että tällä järjestelyllä olisi mahdollista säilyttää ennakkohuoltojen helppous niitä huoltavan henkilöstön kannalta.

Huoltosuunn. simulointi, lajitt.per: Huoltosuunn. (nrc)																																						
Huoltosuunn.	Helmi 2021				Maalis 2021				Huhti 2021				Touko 2021				Kesä 2021				Heinä 2021				Elo 2021				Sys 2021									
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
80000000465 JOU-40-093 TARKASTUS																																						
80000000466 JOU-40-093 TARKASTUS																																						
80000000467 JOU-40-093 VOITELU																																						
80000000468 JOU-40-093 VOITELU																																						
80000000469 JOU-40-093 VOITELU																																						
80000000470 JOU-40-093 VOITELU																																						
80000000471 JOU-40-093 VOITELU																																						
80000000519 JOU-40-093 TARKASTUS																																						
80000000520 JOU-40-093 VOITELU																																						
80000000521 JOU-40-093 VOITELU																																						
80000000522 JOU-40-093 VOITELU																																						
80000000523 JOU-40-093 TARKASTUS																																						
80000000524 JOU-40-093 VOITELU																																						
80000000525 JOU-40-093 VOITELU																																						
80000000526 JOU-40-093 TARKASTUS																																						
80000000527 JOU-40-093 VOITELU																																						
80000000528 JOU-40-093 VOITELU																																						
80000000529 JOU-40-093 VOITELU																																						
80000000530 JOU-40-093 TARKASTUS																																						
80000000531 JOU-40-093 VOITELU																																						
80000000532 JOU-40-093 VOITELU																																						
80000000533 JOU-40-093 TARKASTUS																																						
80000000534 JOU-40-093 VOITELU																																						
80000000535 JOU-40-093 VOITELU																																						
80000000536 JOU-40-093 VOITELU																																						
80000000537 JOU-40-093 TARKASTUS																																						
80000000538 JOU-40-093 VOITELU																																						
80000000539 JOU-40-093 VOITELU																																						

Kuva 20. Nuohoimen huoltosuunnitelmien simulaatio (SAP Joutseno)

Yksi tarkastettava asia olisi myös miettiä nuohoimia huoltavaa henkilöstöä. Aikaisemmin oli mainittu, että nuohoimien huoltojen painopistettä oli siirretty enemmän ennakkohuolto henkilöstöltä kunnossapitoasentajille. Työn aikana on herännyt ajatus, jos osa ennakkohuolloista siirrettäisiin takaisin ennakkohuoltohenkilöstölle. Mitä useammin nuohoimilla käy kieroksilla, sitä todennäköisemmin niistä löydetään ajoissa vikoja ja vältetään suurempia häiriöitä. Resurssien uudelleenjärjestelyllä esimerkiksi korjaamolta saatava resurssi voisi suorittaa enemmän jo havaittujen höyrypoksien pakkaamisia sen sijaan, että korjaamon resurssi kiertelisi ensiksi kattilaa läpi ja pakkaisi sen jälkeen niitä nuohoimia, mistä ovat vuotoja löytäneet. Kaikkein paras olisi Raumalla käytössä oleva malli, jossa nuohoimilla olisi yksi huoltomies, joka olisi pääasiassa sijoitettu nuohoimille suorittamaan ennakkohuoltoja ja häiriökorjauksia.

13 Jatkokehitys

Työn aikana nousi esille epäselvyys nuohomien linjauksen tilanteesta. Joutsenon omien asentajien mukaan nuohoimissa olisi linjausvirheitä, jolla on suora vaikutus poksien kestävyteen (Kunnossapitoasentaja, tiedonanto 23.03.2022). Box Consulting kanssa keskustellessa asiasta näkemys oli toinen ja todettiin että suuria linjausvirheitä ei Joutsenon nuohoimilla olisi (Box Consulting, tiedonanto 6.4.2022). Jotta asiasta saataisiin varmuus, olisi hyvä tulevaisuudessa tutkia nuohomien linjaukset tarkemmin ja näin saada varma tieto nuohomien linjausten tilanteesta.

Joutsenossa on nuohoimille ollut hankkeena ääneen perustuva kunnonvalvontajärjestelmä. Järjestelmään on syötetty ääninäytteitä vuotavasta höyrypoksista, ja järjestelmän pitäisi pystyä paikallistamaan tarkasti vuotavan poksien sijainti kattilahuoneeseen sijoitettujen mikrofonien avulla, jotka kuuntelevat jatkuvasti nuohoimia. Järjestelmä tulee laajemmin käyttöön Joutsenossa 2022 ja se helpoittasi vuotavien poksien paikallistamisia. Tulevaisuudessa voisi olla hyvä selvittää, voisiko tätä kunnonvalvontajärjestelmää hyödyntää muissa nuohoimen vikojen paikallistamisissa. (Kettunen, tiedonanto 28.4.2022.)

Joutsenossa nuohomien hammaskiskojen voitelu suoritteitaan käsineen. On tiedossa, että esimerkiksi toisen konsernin sellutehtaalla on käytössä nuohoimissa automaattinen voitelujärjestelmä hammaskiskojen voiteluun (Kunnossapitoasentaja, tiedonanto 28.3.2022). Joutsenossa on aikaisemmin selvitetty tämän kaltaista voitelujärjestelmää nuohoimille, mutta asiaa ei ole vielä viety toteutusasteelle. Yhtenä ongelmana on järjestelmän yhteensopivuus Joutsenon nuohoimiin, sillä tämän kaltainen järjestelmä vaatisi uuden tyyppisiä komponentteja (Ahokas 2022). Tulevaisuudessa olisi hyvä selvittää tarve ja kustannukset tämän kaltaiselle järjestelmälle, sillä automaattinen voitelu poistaisi yhden käsineen tehtävän ennakkohuollon täysin ja toimiva automaattinen voitelujärjestelmä voisi ainakin teoriassa parantaa nuohomien käyntivarmuutta.

14 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Joutsenon nuohomien kunnossapitoa ja niiden ennakkohuoltoa. Lähtökotainen oletamus nuohomien ennakkohuolloista oli, että ne eivät olisi oikeassa suhteessa nuohomien ajomääriin. Lisäksi haluttiin selvittää kustannuseroja Joutsenon ja Rauman nuohomien kunnossapitokustannusten eroihin.

Työn aikana selvisi, että Joutsenon nuohomien ennakkohuolloissa on nuohoimia, joissa huoltoa tapahtuu joko liikaa tai liian vähän niiden ajomääriin nähden. On kuitenkin mainittava, että nämä poikkeamat eivät olleet niin suuria kuin aluksi uskottiin. On vielä liian aikaista sanoa, miten suuri vaikutus näillä poikkeamilla on Joutsenon nuohomien toimintavarmuuteen ja miten ennakkohuoltojen mahdolliset muutokset vaikuttaisivat tulevaisuudessa nuohomien toimintavarmuuteen.

Vertailu Rauman tehtaaseen tuotti tuloksia eri tavoin, kuin alkuun oli ajateltu. Kahden tehtaan välillä toimintatavat kustannusten kirjauksessa tekee vertailusta hankalaa ja tuloksista epäluotettavia. Tämän hetken tiedon perusteella voi todeta, että todellisuudessa kahden tehtaan kustannuserot nuohomien kunnossapidossa eivät todennäköisesti ole niin suuria kuin alun perin uskottiin. Vertailusta kunnossapidon toimintatavoista opittiin joitain asioita, joita Joutsenon tehtaalla voitaisiin hyödyntää. Tämä pätee varsinkin resurssien käyttöön, sillä Raumalta saatiin positiivista tietoa heidän resurssien käytöstä.

Työssä tärkeimmät tietolähteet olivat suullisia lähteitä niin Joutsenon kunnossapitoasentajilta, toimihenkilöiltä sekä ulkopuolisten yhtiöiden henkilöstö. Nuohoimista ei ole yleisesti kovinkaan paljon julkisia kirjallisia lähteitä, joten suulliset lähteet olivat tässä työssä hyvin tärkeitä. Tietoa ja aineistoa oli myös paljon saatavalla tehtaan SAP-järjestelmän kautta, johon oli kirjattu paljon ilmoituksia nuohomien häiriöistä sekä nuohoimille kootut ennakkohuolto-ohjelmat. Myös edellisistä opinnäytetöistä sai hyvin tietoa nuohomien perusasioista, mutta nämä aikaisemmat työt käsittelivät nuohoimia muista näkökulmista, jolloin niitä ei laajassa kaavassa voinut tässä työssä hyödyntää.

Kokonaisuutena opinnäytetyössä saatiin vastaukset niihin kysymyksiin, joita siinä lähdettiin etsimään. Saaduilla tuloksilla voidaan tarkastella Joutseno ennakkohuolto-ohjelmaa ja muuttaa sitä vastaamaan paremmin nuohomien tarvetta ajomäärien suhteen. Työstä jäi myös joitain jatkokehityksen kohteita, joista ainakin automaattisen voitelujärjestelmän kartoitus voisi olla tulevaisuudessa hyvä opinnäytetyön aihe.

Lähteet

Ahlstrom machinery Oy. 1998, Soodakattilan Käyttöohje.

Ahokas. A. 2022. Projekti-insinööri. Botnia Mill Service Joutseno. Tiedonanto 11.3.2022 ja 31.03.2022.

Andritz. ProTimoset. 2021. Kaustistamo ja meesauuni. 12.-14.9.2021.

Andritz. ProTimoset. 2021. Soodakattila. 12.-14.10.2021.

Caverion Suomi. Botnia Mill Servicen palvelut. Viitattu 15.11.2021. Saatavilla <https://www.caverion.fi/katalogi/palvelut/botnia-mill-service/>.

Diamond Power. 1999. Instruction manual.

Hasanen, M. 2022. Prosessi insinööri. Metsä Fibre Rauma. Tiedonanto 7.4.2022.

Huhtinen, M., Kettunen, A., Nurminen, P., Pakkanen, H. 2000. Höyrykattilatekniikka. Helsinki. Oy Edita Ab.

Hämäläinen, M. 2022. Toimitusjohtaja. Box Consulting Oy. Tiedonanto 6.4.2022.

Hämäläinen, M.2022. Nuohoinraportti Joutseno. Joutseno Box Consulting Oy. Luettu 1.3.2022

Kettunen. P. 2022. Käyttövarmuuspäälikkö. Botnia Mill Service Joutseno. Tiedonanto 21.4.2022 ja 28.4.2022.

Kunnossapitoasentajat. Botnia Mill Service Joutseno. Useita tiedonantoja 1.03-28.04.2022.

Könönen, T.1967. 60 vuotta selluloosan valmistusta Joutsenossa. 100 vuotta sellua Joutsenosta. Joensuu. Pohjoiskarjalan Kirjapaino Oy.

Metsä Board. Korkealaatuisia kartonkeja pakkaamiseen. Viitattu 13.11.2021. Saatavilla <https://www.metsagroup.com/fi/liiketoiminta-alueet/Pages/default.aspx#Mets-Board>.

Metsä Group. Metsästä maailmalle. Viitattu 15.11.2021. Saatavilla <https://www.metsagroup.com/fi/yhtio/Pages/default.aspx>.

Metsä Fibre. Biotuotteita kasvaville markkinoille. Viitattu 10.11.2021. Saatavilla <https://www.metsagroup.com/fi/liiketoiminta-alueet/Pages/default.aspx#Mets-Fibre>.

Metsä Fibre Joutseno. 2007. 40 vuotta sellua Joutsenosta.100 vuotta sellua Joutsenosta. Kuopio: Kopiojyvä Oy.

- Metsä Fibre. Joutsenon Sellutehdas. Viitattu 13.11.2021. Saatavilla <https://www.metsafibre.com/fi/yhtio/Tuotantolaitokset/Pages/Joutseno.aspx>.
- Metsä Forest. Puuhankinta ja metsäpalvelut. Viitattu 10.11.2021. Saatavilla <https://www.metsagroup.com/fi/liiketoiminta-alueet/Pages/default.aspx#Mets-Forest>.
- Metsä Wood. Puutuotteita teollisella tehokkuudella. Viitattu 11.11.2021. Saatavilla <https://www.metsagroup.com/fi/liiketoiminta-alueet/Pages/default.aspx#Mets-Wood>.
- Metsä Tissue. Puhtaampaa arkea laadukkailla pehmo- ja tiivispapereilla, Viitattu 13.11.2021. Saatavilla <https://www.metsagroup.com/fi/liiketoiminta-alueet/Pages/default.aspx#Mets-Tissue>.
- Mäntymaa, J. 2013. Joutsenon sellutehdas saa puusta nyt enemmän irti. Yle. Viitattu 11.11.2021. Saatavilla <https://yle.fi/uutiset/3-6757523>.
- Penttinen, K. 2018. Soodakattilan tukkeutuminen. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.
- Rantala, M. 2016. Joutsenon sellutehdas. 15.11.2021. Saatavilla <https://www.joutsenolehti.fi/paikalliset/4023396>.
- Sahala. Selluteollisuuden laitteiden suunnittelu ja valmistus edellyttävät vankkaa prosessi-tuntemusta. Viitattu 17.11.2021. Saatavilla <https://sahala.fi/selluteollisuus>.
- Salo, J.2022. Kunnossapitoyksikön päällikkö. Botnia Mill Service Joutseno. Tiedonanto 29.4.2022.
- SAP ERP.2015–2021 Rauma ja Joutseno. Tutkittu vuosina 2021–2022.
- Sulfaattisellun valmistus, Knowpulp. 2021. Viitattu 19.11.2021. Saatavilla <http://www.knowpulp.com/extranet/suomi/kps/ui/process/general/ui.htm>.
- Tiivistetoimittaja. 2022. Yhtiön edustaja. Tiedonanto 18.3.2022.
- Tuokkola, T. 2022. Kunnossapitovastaava. Botnia Mill Service Rauma. Tiedonanto 6.4.2022.
- Tuononen, J. 2012. Soodakattilan nuohouksen tehostaminen. Opinnäytetyö. KYAMK.
- Vähätupa, P. 2019. Nuohouksen käytettävyyden parantaminen. SAMK.