

Armi Auvinen

KUIVAUSPROSESSIN KÄYTTÄJÄLÄH- TÖISEN ENERGIATEHOKKUUDEN PA- RANTAMINEN

Opinnäytetyö

Tekniikan ammattikorkeakoulututkinto

Biotuotetekniikan koulutus

2024



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä/Tekijät	Armi Auvinen
Työn nimi	Kuivausprosessin käyttäjälähtöisen energiatehokkuuden parantaminen
Toimeksiantaja	Metsä Wood
Vuosi	2024
Sivut	39 sivua, liitteitä 2 sivua
Työn ohjaaja(t)	Ritva Käyhkö, XAMK & Hannamari Repo, Metsä Wood

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tavoitteena oli edistää Metsä Groupin strategian mukaisia, energiatehokkuuden parantamiseen tähtääviä toimenpiteitä. Metsäteollisuuden toimijat ovat suurten muutosten keskellä ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi, mikä vaatii energiatehokkuuden hallintaa ja siihen liittyviä vastuullisia toimia.

Tämän työn tarkoituksena oli parantaa kertotehtaan kuivausprosessin käyttäjälähtöistä energiatehokkuutta. Tavoitteena oli myös tehdä toimintasuunnitelma löytyneiden energiankulutuskohteiden kehittämiseksi ja kuvata, kuinka prosessiin kohdistuvilla toimilla voidaan vaikuttaa energiatehokkuuteen sekä löytää keinoja juurruttaa energiatehokkuustyötä osaksi arkea.

Työ toteutettiin tapaustutkimuksena, joka mahdollisti syvällisen ymmärryksen lisääntymisen kuivausprosessista ja siihen oleellisesti liittyvästä kontekstista. Aineistot kerättiin haastatteleamalla kuivauksen operaattoreita. Lisäksi aineistoja muodostui tuotannon seurantajärjestelmistä. Haastatteluaineistot analysoitiin sisällönanalyysin avulla.

Työn tuloksena syntyi toimintasuunnitelma, jossa kuvataan kuivausprosessin käyttäjälähtöisten energiankulutuskohteiden parantamiseen vaikuttavia tekijöitä sekä keinoja energiatehokkuustyön juurruttamiseksi. Operaattoreiden mukaan energiatehokkuuteen voidaan vaikuttaa työmenetelmien ja työyhteisöviestinnän keinoin sekä kuivaajan käytettävyyttä kehittäville toimenpiteillä. Myös mittaamiseen ja laatutekijöihin liittyvistä toimista löydettiin energiatehokkuuteen vaikuttavia piirteitä. Tuotannon seurantajärjestelmistä kerätyistä tiedoista pystytään havaitsemaan energiankulutukseen vaikuttavia kohteita sekä tunnistamaan kuivaajiin liittyviä eroja. Näiden tietojen avulla voidaan kohdentaa kehittämistoimia energiatehokkuutta tukeviin kohteisiin.

Asiasanat: energiatehokkuus, viilupuu, kuivaus

Degree title	Bachelor of Engineering
Author (authors)	Armi Auvinen
Thesis title	Improving user-oriented energy efficiency of drying process
Commissioned by	Metsä Wood
Time	2024
Pages	39 pages, 2 pages of appendices
Supervisor	Ritva Käyhkö, XAMK & Hannamari Repo, Metsä Wood

ABSTRACT

The purpose of the thesis was to promote the improvement of energy efficiency in line with Metsä Group's strategy. The forest industry is undergoing major changes to mitigate climate change, which requires energy efficiency management and related responsible actions.

The aim of this study was to improve the user-oriented energy efficiency of the drying process at a Kerto mill. It also aimed to draw up an action plan to improve the energy consumption points identified, to describe how process measures can contribute to energy efficiency and to find ways to embed energy efficiency work in everyday life.

The work was carried out as a case study, which allowed an in-depth understanding of the drying process and its essential context. The data was collected through interviews with drying operators. Data were also collected from production monitoring systems. The interview data were analyzed using content analysis.

The work resulted in an action plan describing the factors influencing the improvement of user-oriented energy consumption in the drying process and ways to embed energy efficiency work. According to the operators, energy efficiency can be influenced through working methods, workplace communication and measures to improve dryer availability. Measurement and quality measures were also found to have an impact on energy efficiency. The data collected from production monitoring systems allow the identification of points that affect energy consumption and the identification of differences between dryers. This information can be used to target improvement actions at areas that support energy efficiency.

Keywords: energy efficiency, laminated veneer lumber, drying

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	METSÄ WOOD.....	5
3	VIILUPUU ELI LVL	6
4	VIILUN KUIVAUS	7
4.1	Kuivausmenetelmät ja -tekniikka	9
4.2	Lämpöenergia.....	11
4.3	Lajittelu	13
5	ENERGIATEHOKKUUS	13
6	TUTKIMUS- JA ANALYSOINTIMENETELMÄT	15
7	ENERGIANKULUTUKSEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT.....	17
7.1	Operaattoreiden haastatteluiden tulokset energiatehokkuuden parantamisesta ..	18
7.2	Tuotannon seurantajärjestelmä GEMA.....	21
7.2.1	Tuotantokatkokset kuivauskone 1:llä	22
7.2.2	Tuotantokatkokset kuivauskone 2:lla	23
7.2.3	Tuotantokatkokset kuivauskone 3:lla	25
7.3	Tuotannonseurantajärjestelmät, HSEQ ja OMS-päiväkirja.	28
8	KEHITTÄMISKOHTEET JA YHTEENVETO	29
	LÄHTEET.....	35

LIITTEET

Liite 1. Esimerkki sisällönanalyysistä

1 JOHDANTO

Teollisuuden toimintaympäristö on sekä globaalisti että valtakunnallisesti suuren muutoksen keskellä ilmastonmuutoksen myötä. Ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi on muutettava energiantuotantoa- ja kulutusta. Ilmastonmuutosta vauhdittavat merkittävästi kasvaneet kasvihuonepäästöt, jotka ovat suurimaksi osaksi peräisin fossiilisten polttoaineiden polttoon ja muuntamiseen pohjautuvasta energiantuotannosta sekä energiankulutuksesta. Suurimpia energiankuluttajia ovat teollisuus, kotitaloudet ja liikenne, jonka vuoksi energia- ja ilmastopolitiikka kietoutuvat tiiviisti toisiinsa. (Yleiskatsaus...2017,7.)

Muutokset koskevat myös metsäteollisuutta, ja kestävä kehityksen huomiointi kaikissa toiminnoissa on yksi Metsä Groupin strateginen tavoite. Tavoitteen toteutuessa tuotantotavat ovat materiaali- ja energiatehokkaita, mikä mahdollistaa myös kilpailukykyisen aseman säilyttämisen markkinoilla. Tulevaisuuden menestymisen avaimena nähdään vastuulliset toimet. (Metsä Group 2023c.)

Energian säästöön kannustaa positiivisten ilmasto- ja ympäristövaikutusten lisäksi tuotannon materiaali- ja energiatehokkuuden parantuminen. Prosessien tehokkaaseen toimintaan pyrkimällä ja tuotannon sivuvirtojen hyötykäytön maksimoinnilla voidaan saavuttaa sekä energiatehokkuustoimenpiteille että ympäristöjohtamiselle asetetut tavoitteet. (Työ- ja elinkeinoministeriö s.a; Metsä Wood 2019.)

Tämän työn toimeksiantaja on Metsä Wood Punkaharjun Kertotehdas. Opin näytetyön tavoitteena on kartoittaa kertotehtaan käyttäjälähtöisiä kuivausprosessissa esiintyviä suuria energiankulutuskohteita ja energiahukkia sekä selvittää löytyneiden kohteiden kehittämismahdollisuuksia. Lisäksi tarkoituksena on kuvata prosessiin kohdistuvien konkreettisten toimien vaikutusta energiatehokkuuteen sekä juurruttaa energiatehokkuustyötä osaksi arkea.

2 METSÄ WOOD

Metsä Group on suomalainen metsäteollisuuskonserni, joka toimii kansainvälisesti 28 maassa ja pitää sisällään viisi liiketoiminta-aluetta. Metsä Groupin emoyhtiönä on yli 90 000 suomalaisen metsänomistajan omistama metsäliitto

Osuuskunta. Metsä Groupilla on 9500 työntekijää ja liikevaihto on 7 miljardia euroa. Liiketoiminta-alueet ovat puukauppaan ja metsänhoitoon keskittyvä Metsä Forest, sellua ja sahatavaraa tuottava Metsä Fibre, puutuotteita tuottava Metsä Wood, kartonkia tuottava Metsä Board sekä pehmo- ja tiivispapereita tuottava Metsä Tissue. (Metsä Group 2023a.)

Metsä Wood valmistaa havu- ja koivuvaneria sekä Kerto® LVL-tuotteita. Tuotantoyksiköitä Metsä Woodilla on Suomessa Lohjalla, Punkaharjulla, Suolahdessa sekä Äänekoskella ja kansainvälisesti Pärnussa, Bostonissa, King`'s Lynnissä sekä Widnesissä. Punkaharjun tuotantoyksikössä valmistetaan koivuvaneri- sekä kertopuutuotteita. Punkaharjun koivuvaneritehdas on aloittanut toimintansa vuonna 1964 ja vuonna 2001 Punkaharjulla aloitettiin kertopuun tuotanto. Vaneritehtaan kapasiteetti on 55 000 m³ koivuvaneria vuosittain ja se kuluttaa tuotantoon 170 000 m³ koivua. Kertotehtaan kapasiteetti on 180 000 m³, johon tarvitaan havupuuta 450 000 m³. (Metsä Wood Punkaharju 2023.)

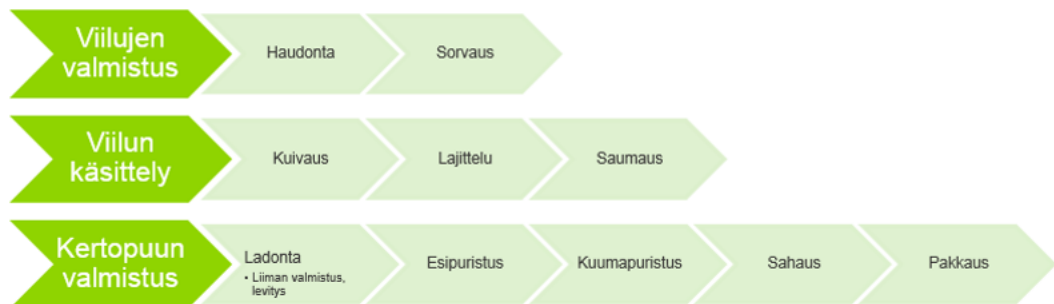
3 VIILUPUU ELI LVL

Viilupuun (LVL = Laminated Veneer Lumber) on rakenteellinen puutuote, joka on valmistettu lujuuslajitelluista 3 mm:n paksuisista sorvatuista havuviiluista. Metsäliitto Osuuskunta valmistaa viilupuuta tuotenimellä Kertopuu® ja Kerto® LVL. Opinnäytetyössä käytetään tuotteelle kertopuu- nimitystä. (Puuinfo 2020; Metsä Group 2023b.)

Kertopuun valmistusprosessin vaiheet ovat kokonaisuudessaan esitetty kuvassa 1. Kertopuun tuotanto alkaa tehtaalle toimitettujen tukkien purkamisesta lajittelulinjalle tai varastoimisella mittausasemalta saatujen ohjeiden mukaisesti tukkikentälle. Seuraavaksi tukit lajitellaan, mitataan, kuoritaan ja katkaistaan sorvipöleiksi. Katkaisun jälkeen pöllit haudotaan, josta ne ohjautuvat sorville. Sorvilla huolehditaan sorvauksesta, viilumaton leikkauksesta, lajittelusta ja pinkkauksesta. Sorviltä märkäviilupinkat siirretään välivaraston, josta ne siirretään kuivauksen syöttöön. (Sorjonen 2012; PKN 2022.)

Viilut kuivataan, lajitellaan ja pinkataan kuivausprosessin aikana. Kuivatut ja lajitellut viilut siirtyvät seuraavassa tuotantovaiheessa ladontaan. Ladonnassa

säänkestävällä fenoliformaldehydiliimalla liimoitetut viilut ladotaan kerroksittaiseksi jatkuvaksi laataksi, joka esipuristetaan paineen avulla. Ladonta-aihiopuristetaan esipuristuksen jälkeen kuumapuristimessa lämpötilaa, painetta ja puristusaikaa tarpeen mukaan muokkaamalla. Viimeisessä vaiheessa jatkuvat aihiot katkaistaan asiakasvaatimusten mukaisiin mittoihin ja sahataan joko palkeiksi, levyiksi tai lankuiksi. Tarvittaessa tehdään kosteussuojakäsittely ja lopuksi tuotteet pakataan laatuvaatimusten edellyttämällä tavalla. (Ladonnan käsikirja, s.a.; Kertopuun valmistus, 2021.)



Kuva 1. Kertopuun valmistusprosessin vaiheet. (Ohje...2021)

Koposen (2002, 82) mukaan kertopuun pääasialliset käyttöalueet ovat niin uudis- kuin korjausrakentamisessa pilareina, palkkeina, levyinä, laattoina ja puurakenteiden osina esimerkiksi ristikoina. Kertopuuta voidaan käyttää myös betonivalurakenteissa sekä ajoneuvojen lattioissa. Kertopuun keskeisiin ominaisuuksiin kuuluvat lujuus ja jäykkyys sekä mittapysyvyys sen ollen lisäksi kevyttä. Kerto® LVL-tuoteperheeseen kuuluvat palkit (Kerto-S), seinätolpat (Kerto-T) ja levyt (Kerto-Q). Kertotuotteet voidaan valmistaa asiakkaan mitoilla sekä niitä voidaan pintakäsitellä ja työstää käyttötarkoituksen ja mahdollisten erityistoiveiden mukaisesti. (Metsä Wood Academy 2023; Metsä Group 2023b.)

4 VIILUN KUIVAUS

Viilun kuivauksessa viilun kosteus lasketaan liimaukseen sopivalle tasolle sekä pyritään saavuttamaan lopputuotetta ajatellen optimaalinen kosteus. Taivoiteltu optimaalinen loppukosteus vaihtelee puumateriaalin ja lopputuotteelle asetettujen vaatimusten mukaan. Viilun kuivaus pohjautuu puun hygroskooppisuuteen eli puun kykyyn asettua ympäristön ilman suhteellisen kosteuden ja

lämpötilan kanssa tarvittavaan tasapainotilaan. Kyseisen ominaisuuden ansiosta puu kuivuu, kun lämpötila nousee, ja ilmankosteus puolestaan laskee puun tasapainokosteuteen. Tuoreessa puussa esiintyy vapaana kaikissa puuaineen vapaissa tiloissa, soluonteloissa sekä sitoutuneena solujen seinämiin. (Koponen 2002, 49–50; Raute 2023.)

Viilun kuivuminen jaetaan lämmitys-, tasapaino- ja loppuvyöhykkeeseen. Kuivauksen aikana viilussa muuttuvat sekä kosteus että lämpötila ja kuivumisnopeus. Aluksi lämpötilaa nostetaan kuivausilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden asetusarvojen edellyttämälle tasolle. (Tenhunen 2003, 6.)

Ensimmäisessä vyöhykkeessä viilun lämpeneminen tapahtuu voimakkaasti kuitenkin hidastuen viilun ja kuivausilman lämpötilaeron pienentyessä, jolloin ei varsinaista kuivumista juurikaan tapahdu. Tasapainovyöhykkeessä viilun kuivuminen on hyvin nopeaa ja viilun lämpötila pysyy samansuuruisena kuin ilman märkälämpötila koko vaiheen läpimenoajan. Veden poistuminen tapahtuu tässä vaiheessa kapillaarisesti soluonteloista. Veden höyrystyminen hidastuu vyöhykkeen lopulla viilun saavuttaessa puun syiden kyllästymispistettä (PSK) vastaavan kosteuden. Loppuvyöhykkeessä viilun kuivuminen hidastuu veden poistuessa diffuusion vaikutuksesta solujen seinämistä ja puun kosteus on PSK:n alapuolella. Solurakenteeseen sidotun veden poistuminen aiheuttaa puun kutistumista. Viilut jäähdytetään lopuksi, jonka avulla voidaan tasoittaa viilun kosteuseroja ulko- ja sisäkerroksissa sekä pienentää epätasaisuuksia aiheuttavia kuivausjännityksiä. (Koponen 2002, 49–50; Tenhunen 2003, 6.)

Pulkkisen ym. (2000,11) mukaan viilunkuivaus on yksi tärkeimmistä vaiheista ajatellen lopputuotteen laatua. Kuivauksesta aiheutuneita virheitä ei voi korjata myöhemmin prosessin aikana, joten viilun loppukosteus ja sen hajonnan saaminen hallintaan on tärkeää. Kuivausaikaan vaikuttavista tekijöistä, jotka johtuvat kuivaajasta, puulajista tai viilusta tärkeimpiä ovat kuivauslämpötila, suhteellinen kosteus, viilun paksuus, puulaji, kuivaajan puhallusnopeus viilun pintaan ja viilun loppukosteus. Lisäksi kuivausaikaan vaikuttaa merkittävästi puun alkukosteus, joka on hyvin erilainen koivulla ja havupuilla. Havupuilla, kuusella ja männyllä on lisäksi suuri kosteusero myös pinta- ja sydänpuun välillä. Tuoreen puun tilavuuspainon laskiessa sen sisältämä vesimäärä kasvaa. Esimer-

kiksi tuoreen koivun kosteuspitoisuus on keskimäärin 70 %, jolloin sen sisältämä vesimäärä on noin 410 kg/ m³. Kuusen pintapuun kosteuspitoisuus on 120 % luokkaa, jolloin se sisältää vettä noin 530 kg/ m³, kun sydänpuun arvot puolestaan ovat 45 % ja 190 kg/ m³. (Koponen 2002, 51–53.)

Koponen (2002, 57–58) tuo esiin, että viilunkuivauksessa olisi ymmärrettävä viilun kuivaukselle asetettuja vaatimuksia, jotta luodaan otolliset olosuhteet liimauksen onnistumiselle sekä laadukas lopputuote. Tärkeimmät onnistuneen kuivauksen tekijät ovat automaattisen kosteuspitoisuuden mittauksen lisäksi viilun teknisen laadun tarkkailun toimet. Lisäksi kuivaukselle asetetut vaateet kohdistuvat kuivausprosessin säätämiseen sopivaksi esimerkiksi puulajin mukaan, kuivaajan jatkuvan ja häiriöttömän toiminnan varmistamiseen operaattorin toimin sekä huoltamalla kuivauslinjaa riittävästi. (Raute 2023.)

Viilun kuivauksessa on hallittava merkittävimmät siihen vaikuttavat tekijät:

- kuivauksessa esiintyvät ilmiöt
- sallittu kosteuspitoisuus viilun liimauksen ja siihen liittyvien teknisten laatuvaatimusten kannalta
- kuivaajan toimintatapa ja rakenne
- viilun kuivauksessa esiintyvien ongelmien korjaus
- kuivauksen energiankulutus ja siihen vaikuttavat tekijät

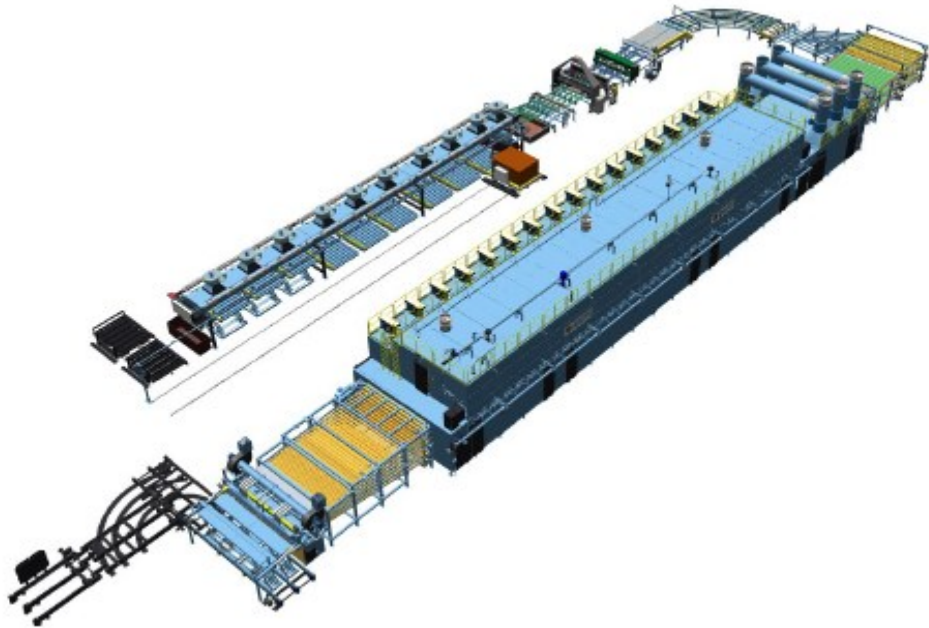
(Koponen 2002, 57.)

4.1 Kuivausmenetelmät ja -tekniikka

Viilun kuivauksessa voidaan käyttää tela- tai verkkokuivaajaa. Verkkokuivauskoneessa viilu kulkee syysuunnassa poikittain ja se tulee suoraan sorvilta mattona kuivauskoneen syöttöön. Viilumatto kulkee useita kertoja lämmitysvyöhykkeessä koneen lävitse parillisten verkkojen välissä sekä koneen alaosassa olevan jäähdytysvyöhykkeen läpi. Verkkokuivauskonetta käytettäessä viilu leikataan kuivauksen jälkeen. (Koponen 2002, 53.)

Telakuivaajaan viilut syötetään pituussuunnassa leikattuina arkkeina, joita voidaan syöttää useampi rinnakkain. Viiluarkit kulkevat kuivausvyöhykkeen lävitse useammassa kerroksessa olevien telaparien vetäminä. Tyypillisimmin telakuivaajissa on neljästä kuuteen kerrosta. Telakuivaajassa on poikittainen ilmakehto ja suutinpuhallus, joista viiluihin puhalletaan kuumaa ilmaa. Kuivaus-

koneiden tarvitsema lämpöenergia siirretään koneen kuumissa osissa kiertävään ilmaan höyrypattereilla. Suutinpuhalluslaatikoissa puhallus on pyörteistä ja toteutuu suurella ilmannopeudella, jonka avulla pystytään parantamaan viilun lämpenemistä sekä kosteuden siirtymistä pinnasta ilmaan. (Koponen 2002, 53–55.)



Kuva 2. Rauten telakuivaajan ja lajittelulinjaston havainnekuva. (Raute s.a.a)

Kuvassa 2. on nähtävissä telakuivaajan rakenteen osat sekä lajittelulinjasto. Kuivaajan rakenteessa on kuumaosa, joka on jaettu väliseinillä kolmeen vyöhykkeeseen sekä jäähdytysosa. Kuivaajan vyöhykkeillä estetään ilman kulku vyöhykkeeltä toiselle. Vyöhykkeiden kosteutta ja lämpötilaa voidaan säätää itsenäisesti laadun varmistamisen ja energiatehokkuuden vuoksi. Kuivauksessa syntyvien kaasujen pääsy tehdashalliin estetään kuumaosan molemmissa päissä olevien savunpoistokennojen avulla. Jäähdytysosat jäähdytetään ulkoa otetulla kylmällä ilmalla, joka päästetään takaisin ulos ja varsinkin talviaikaan ilmaa kierrätetään uudelleen. Kuivaajan lämmönsäätöä ohjaa logiikka. (Raute s.a.a; Raute 2006.)

Kuivaajan kosteutta mitataan kastepistelähettimen avulla. Vyöhykkeiden yksilöllisen kosteuden säädön toteuttaminen on mahdollista venttiileillä. Kuu-

maosissa on kostutusjärjestelmä, jonka avulla kosteustaso saadaan korkeammaksi kuin pelkästään vettä haihduttamalla. Kostutusjärjestelmän ohjauksesta huolehditaan kuivausresepteihin tallennetun ohjaustiedon sekä kosteusantureiden välittämän tiedon avulla automaattisesti tai ohjaus voidaan suorittaa myös manuaalisesti. Kuivaajan ilmankosteutta saadaan nostettua nopeasti syöttämällä kuivaajaan viilua, tällöin vesihöyryn osapaineen kasvaessa on kuivaajan ilman päästävä vaihtumaan. (Raute s.a.a; Raute 2005; Raute s.a.b.)

Sisäilman kosteuden säätö tapahtuu poistoilmakanavissa olevien siipisäätimien avulla. Siipisäätimiä voidaan avata tai sulkea kosteuden asetus- ja oloarvon erotuksen määrittelemän määrän verran, jolloin saadaan kuivaajan poistoilman määrää säädettyä. Kosteuden asetusarvo pyritään määrittämään niin, että kuivaajan ilmanvaihto pysyy mahdollisimman taloudellisena sekä päästämättä tehdashalliin käryä. (Raute s.a.a; Raute 2005; Raute s.a.b)

Kuivaajalle voidaan asettaa asetusarvoina kuivaajan nopeus, lämpötila ja kosteus. Kuivauslinjan hälytykset ja muun muassa lämpötilan, kosteuden, siipisäätimien ja venttiilien asemien oloarvot ovat seurattavissa valvomon PC:ltä, jonne ne siirtyvät logiikan muistista Ethernet-verkon kautta. (Raute 2006.)

4.2 Lämpöenergia

Kertopuun valmistuksessa käytetään lämpö- ja sähköenergiaa, joiden käytössä pyritään häiriöttömään saantiin sekä taloudelliseen käyttöön. Lämpöenergian tuottamisessa pyritään hyödyntämään valmistuksen sivutuotteet. Höyrykattilan kuorma määritetään valmistusprosessissa tarvittavan lämmön määrän mukaan. (Koponen 2002, 178.)

Punkaharjun tehdasalueella sijaitsee hakevoimalaitos, joka tuottaa prosessihöyryä kerto- ja vaneritehtaalle sekä kaukolämpöä Punkaharjun taajaman kiinteistöjen lämmitykseen. Kattilalaitoksella poltetaan tehtaista tulevien puupolttoaineiden sekoitusta. Puupolttoaine muodostuu muun muassa kuoresta, pürusta, hiomapölystä, viilumurskeesta sekä kertotehtaan mobiilimurskeesta. Pääkattilana on käytössä teholtaan 30 MW:n luonnonkiertokattila sekä huippuja varahöyrynlähteenä teholtaan 18,2 MW:n maakaasukattila. (Energiakatselmus 2021; Puronaho 2023.)

Kertotehtaan kokonaishöyrykulutuksesta viulun kuivaimet kuluttavat yhteensä noin 80 %, loput kuluvat kuumapuristimilla sekä tilojen lämmityksessä. Kummallekin tehtaalle on oma tehdaskohtainen höyrynkulutusmittaus, mutta kuivainkohtaista höyrynkulutustietoa ei ole saatavissa. Kokonaissähkökulutuksesta kuivaimet käyttävät noin 40 %. Kuivainkohtaisessa lämmönkulutuksessa on eroja, mutta esimerkkinä valmistajan arvioima kulutustieto kuivauskoneella 3 on keskimäärin 12,8 t/h (mikäli kuivattavana kuusen pintaviilu 3,2 mm, kuivaajan täyttöaste 86 %, 140 IMC-% ja lämpötila 192°C) (Raute s.a.a, 31; Energiakatselmus 2021; Puronaho 2023.)

Kattilaan syötettävän polttoaineen syöttöä muutetaan kattilasta otettavan höyrynkulutuksen mukaan. Höyrynkulutuksen muutokset voivat olla huomattavasti höyryntuotannon muutoksia nopeampia. Luonnonkiertokattilassa polttoaineen määrän muutokset näkyvät hitaasti, eikä kattilan säätönopeudella pystytä vastaamaan esimerkiksi kuivauskoneilla tapahtuvien suurien muutosten seurauksena äkillisesti nousevaan tai laskevaan höyrynkulutukseen. (Huhtinen ym. 2000, 118; Puronaho 2023.)

Höyryä käytetään paljon teollisuuden prosesseissa, koska höyryn lauhduttua vedeksi siitä vapautuu erittäin paljon lämpöä jokaista lauhtuvaa höyrykiloa kohti. Höyryn käytön etuja on myös edullisuus, mahdollisuus käyttää sitä tarvittaessa ilman kustutukseen sekä lauhtuvan höyryn hyvä lämmönsiirtokerroin. Höyryjärjestelmän tehtävänä on kuljettaa höyryä prosessin loppukäyttäjille. (Huhtinen ym. 2013, 80.)

Höyryjärjestelmässä höyry siirtyy höyryputkistoa pitkin jakotukille, josta höyry jaetaan höyrylinjoihin. Höyryputkistoihin tiivistyvän veden poistamiseksi putkistoja on vesitettävä. Lauhteenpoistimilla poistetaan höyryjärjestelmään muodostuva lauhde, päästämällä niiden lävitse höyryjärjestelmään muodostunut vesi, muttei höyryä. Höyryjärjestelmän energiatehokkuuteen voidaan vaikuttaa tehokkaalla lauhteenpoistolla. Lauhdetta johdettaessa matalampaan paineeseen muodostuu myös hönkähöyryä, jonka hyödyntäminen lämmityksessä on energiataloudellista. Höyryjärjestelmän mahdolliset vuodot aiheuttavat suuria kustannuksia sekä tehottomuutta höyrynsiirtoprosessiin. Höyrynsyöttö tulee

sulkea vuotojen ehkäisemiseksi laitteen ollessa pois käytöstä. (Huhtinen ym. 2013, 81; Motiva 2015).

4.3 Lajittelu

Viilut poistuvat kuivaajasta purkurullaston kautta lajittelulinjalle, jota edeltävästi viilujen syysuunta käännetään. Lajittelulinjalla viilut luokitellaan automaattisesti lajittelukameran avulla visuaalisten vikojen sekä kosteuden, tiheyden ja puulajin perusteella laatuluokkiin. Viilut erotellaan ehjiin viiluarkkeihin, saumauskappaleisiin sekä poistettavaan laatuun. Visuaalisia vikoja huomioidessa tarkastellaan muun muassa oksan reikien kokoa ja lukumäärää, halkeamia, pihkaskujuja, kaarnaa ja nilaa. Kameran yhteydessä oleva kosteusmittari mittaa viiluarkkien kosteuden, jonka määrittäminen perustuu sähkönjohtavuuteen. Asetettujen raja-arvojen ylittävät viiluarkit ohjataan sille varattuun lokeroon. Viilujen viat määritellään kameraohjelman avulla, jolloin kullekin viilulaadulle on asetettu sallitut vikojen määrät ja koot ohjelmaan. Myös viilujen tiheys mitataan, minkä määrittäminen tapahtuu radioaaltojen läpäisykyvyn perusteella. Lajittelussa hyödynnetään pc:lle asetettua painolajittelutaulukkoa, jossa on määritetty eri viilulaaduille vaaditut tiheydet. (Koponen 2020, 56; Kerto viilun kuivaus 2020, 4–6, Raute s.a.a; Raute 2005.)

Lajittelun jälkeen arkit pinkataan ennalta määrättyihin lokeroihin laatuluokkien perusteella joko uudelleen kuivattaviin, tolppa-, pinta-, keski- tai leikattaviin viiluihin. Viiluarkit myös mitataan ja liian kapeat viilut ohjautuvat automaattisesti roskaluukkuun. Roskaluukkuun voidaan ohjata viiluarkkeja myös manuaalisesti. (Viilun kuivaus 2020, 13; Raute s.a; Raute 2005.)

5 ENERGIATEHOKKUUS

Suomessa energiatehokkuusdirektiivi (EU)2018/2020 on toimeenpantu Energiatehokkuuslailla (1429/2014). Energiatehokkuusdirektiivin velvoitteiden toimeenpanon onnistumisen edellytyksenä ovat olleet energiatehokkuussopimukset. Vapaaehtoisilla energiatehokkuussopimuksilla myötävaikutetaan useiden toimialojen energiatehokkuuden toteutumiseen. Energiatehokkuusta-

voitteisiin on sitoutunut energiasopimusten myötä lähes 60 % Suomen kokonaisenergiankäyttöön osallistuvista yrityksistä sekä kunnista ja kuntayhtymistä. (Energiavirasto s.a.; Energiatehokkuussopimukset s.a.)

Motiva (2023) ja Elomatic (2022) tuovat esiin energiatehokkuuden toteutumisen vaativan pitkäjänteistä ja systemaattista eteenpäin viemistä. Jatkuvan parantamisen ja kokonaisvaltaisen johtamisen avulla voidaan saavuttaa parhaat tulokset energiatehokkuuden saralla sekä saada energiatehokkuustyö osaksi päivittäistä toimintaa. On kuitenkin huomioitava, että Tirkkonen (2019, 14) toteaa energiatehokkuuden tason ja kehityksen mittaamisen olevan haasteellista eikä siihen ole käytettävissä yksittäistä luotettavaa menetelmää.

Metsäteollisuuden tuotanto kuluttaa paljon energiaa, joten kaikki energiatehokkuustoimet ovat tarpeellisia. Metsäteollisuudessa on vähennetty käytetyn energian määrää tuotteen valmistamisessa, joka on mahdollistanut kilpailukykyyn parantamisen sekä vähentänyt valmistuksessa syntyvien päästöjen määrää. Metsäteollisuuden tehtailla tehdään jatkuvasti energiatehokkuustoimia erilaisten kehittämistoimien sekä investointien avulla. Investointihalukkuuden väheneminen epävarmojen tulevaisuudennäkymien vuoksi kannustaa huomioimaan myös muita tehostamistoimia. Tärkeimpiä metsäteollisuuden energiansäästötoimia ovat olleet tehtaiden tuotantoprosessien, höyryn käytön sekä energiantuotantoon liittyvät tehostamistoimet. (Metsäteollisuus 2023a; Metsäteollisuus 2023b.)

Ilman varsinaisia investointeja voidaan saada aikaan suuriakin säästöjä muun muassa toimintatapojen muutoksilla. Energiankulutukseen vaikutetaan paljon sillä, kuinka koneita ja laitteita käytetään sekä miten tiloissa toimitaan. Höyryä käyttävien laitteiden toimintaa ohjaavan automaation on oltava kunnossa, laitteiden käynnistykset tulisi hoitaa hallitusti ja hitaasti, vuotavat laitteet ja venttiilit tulee korjata sekä laitteiden lämpöeristeiden suojaukseen ja prosessin tarvittavaan lämpötilatasoon tulee kiinnittää huomiota, mikäli halutaan parantaa energiatehokkuutta. (Henkilöstön ...s.a.; Motiva 2015).

Metsä Groupissa ja Metsä Woodissa on sitouduttu energiatehokkuuden johtamiseen ottamalla käyttöön energianhallintajärjestelmä ISO50001:2018, lisäksi

on sitouduttu energiatehokkuussopimukseen. Energiankäytön tehostamistoimenpiteistä noin puolet ovat syntyneet laiteinvestointien ja toinen puoli tuotantoprosesseihin liittyvien analysointi- ja kehittämistoimien seurauksena. Pienillä säästöillä voidaan saavuttaa isoja vaikutuksia, joten kaikki ideat kannattaa huomioida. Useimmiten energiatehokkuustoimet ovat myös pitkäikäisiä, joten energiansäästöä on odotettavissa tulevaisuudessakin aikaansaatuisten parannusten avulla. Suoritusasteen parantamiseksi tarvitaan tulevaisuudessa uuden teknologian hyödyntämisen lisäksi parhaiden käytäntöjen jakamista yli liiketointimintarajojen ja henkilöstön osaamisen kehittämistä. (Energiatehokkuussopimukset 2017; Elomatic 2022; Metsäteollisuus 2023.)

Energiatehokkuudessa henkilöstöllä on merkittävä rooli, jonka vuoksi kehittämisen keskeisiä tekijöitä ovat koulutus ja osaamisen kehittäminen. Energiatehokkuusosaamisen kehittämistä ja mukaanottoa toivotaan toisen asteen sekä korkeakoulujen koulutusohjelmiin syvän prosessiasiantuntijuuden vahvistamiseksi. Myös innovatiivisten ratkaisujen edistäminen sekä henkilöstön aktiivisuus ja havainnointi voidaan nähdä energiatehokkuuden edistämisen keinona. Henkilöstön osaaminen määrittää, kuinka hyvin energiatehokkuuden hallinnassa ja käyttöönotossa onnistutaan. (Henkilöstön ...s.a.; Heikkilä 2008, 47; Tirkkonen 2019, 20.)

Energiatehokkuuteen panostamisella voidaan saavuttaa myös muita monipuolisia hyötyjä energiansäästön lisäksi. Motiva on selvittänyt vuonna 2018 suomalaisyrityksiltä heidän saavuttamiaan oheishyötyjä energiatehokkuustoimien seurauksena, joista on noussut esiin muun muassa työturvallisuuteen, tuotannon tehokkuuden lisääntymiseen ja työolosuhteiden sekä asiakaskokemusten parantumiseen liittyviä hyötyjä. Kun huomioidaan ja tuodaan esille energiansäästöjen lisäksi kaikki saavutettavissa olevat oheishyödyt, saadaan monista energiatehokkuustoimista entistä kilpailukykyisempiä ja kannattavampia. Yritykset voivat hyödyntää Motivan laatimaa työkalua oheishyötyjen arvioimiseksi. (Motiva 2022.)

6 TUTKIMUS- JA ANALYSOINTIMENETELMÄT

Opinnäytetyö toteutettiin tapaustutkimuksena. Tapaustutkimuksen tarkoituksena on tutkia rajattua kokonaisuutta tai yksittäistä tapahtumaa hyödyntämällä

monipuolisia ja eri menetelmillä hankittuja aineistoja. Tapaustutkimukseen liittyy oleellisesti valitun tapahtuman tai kokonaisuuden kuvaaminen ja selittäminen pääosin, miksi- ja miten kysymysten avulla. Useimmiten tarkasteltavan kiinnostuksen kohteena ovat prosessit. (Saaranen – Kauppinen & Puusniekka 2006.)

Tapaustutkimuksellisin menetelmin pyritään Saaranen-Kauppinen & Puusniekan (2006) mukaan lisäämään ymmärrystä tietystä ilmiöstä syvällisemmin sekä ottamaan huomioon siihen oleellisesti liittyvä konteksti, kuten olosuhteet ja muut taustatekijät. Tuloksia arvioitaessa voidaan niitä pohtia laajemmassa mittakaavassa, vaikka tapausta tutkimalla ei pyritä synnyttämään yleistettävää tietoa. Kuitenkin saatujen tulosten soveltamista muualle ja muuhun voi hyödyntää.

Tuomen & Sarajärven (2009, 71) mukaan aineiston keräämisen menetelmiä voi hyödyntää ja käyttää rinnakkain, yhdistellen tai vaihtoehtoisestikin. Opinnäytetyössäni käytin sekä kvalitatiivisia että kvantitatiivisia menetelmiä aineiston keruussa. Pääasialliset menetelmät olivat strukturoimattomat haastattelut sekä tuotannon seurantajärjestelmistä kerätyn tiedon hyödyntäminen. Tuotannon seurantajärjestelmistä saatu kvantitatiivinen tieto vahvisti ilmiön kuvaamista sekä toiminnan ymmärtämistä tilastollisen yleistyksen sijaan. Lisäksi pidin opinnäytetyöprosessin ajan vapaamuotoista päiväkirjaa, johon kirjasin energiankulutukseen liittyviä tapahtumia, havaintoja, tapaamisissa käytyjä asioita ja ennen kaikkea ajatuksiani ajallisessa järjestyksessä. Hyödynsin päiväkirjaa lähinnä omien ajatusteni ja havaintojeni selkiyttäjänä sekä raportin kirjoittamisen tukena. (Tuomi & Saramäki 2009, 85).

Strukturoimattomassa haastattelussa nähdään tärkeänä vain käsiteltävä aihepiiri, jonka sisällä keskustelua voidaan käydä vapaasti. Avoin haastattelu antaa haastattelijalle mahdollisuuden ymmärtää haastateltavan ajatuksia, mielihiteitä, tunteita ja käsityksiä luonnollisesti etenevästä keskustelusta sitä mukaa, kun ne aidosti tulevat esiin. Koska avoimessa haastattelussa ei ole ennalta määriteltyä runkoa, jää keskustelun tarvittava ohjailu haastattelijan tehtäväksi. (Hirsjärvi ym. 1997, 207–209). Haastattelun aikana tein muistiinpanoja ja tarvittaessa varmistin ymmärtäneeni asian haastateltavan tarkoittamalla tavalla. Kirjoitin muistiinpanot puhtaaksi heti haastattelun jälkeen varmistaakseni

kaikkien keskusteluissa käytyjen asioiden tulevan kirjatuksi mahdollisimman tarkasti.

Tässä opinnäytetyössä operaattoreiden haastatteluiden tuottama aineisto analysoitiin sisällönanalyysimenetelmää käyttäen aineistolähtöisesti (liite 1). Sisällönanalyysimenetelmä kuvataan perusmenetelmäksi kvalitatiivista aineistoa analysoitaessa, koska sen avulla aineiston järjestäminen tiivistettyyn muotoon helpottuu sekä voidaan lisätä asiaa koskevan informaation arvoa. Analyysiyksiköksi valikoitui asiakokonaisuudet, koska sana tai lause analyysiyksikkönä olisi voinut irrota herkästi asiayhteydestä. Seuraavaksi aineistoon oli perehdyttävä uudelleen ja muodostettava kokonaisnäkemys sisällöstä. Tämä aineistoon perehtyminen ja sen kanssa käytävä vuoropuhelu muodostaa perustan koko analyysille. (Tuomi & Sarajärvi 2009, 91, 96–97; Kyngäs & Vanhanen 1999, 5.)

Analyysi aloitettiin poimimalla aineistosta taulukkoon ilmaisuja, joilla voidaan vaikuttaa energiatehokkuuteen. Asiakokonaisuuksittain poimitut ilmaisut korostettiin Word-tiedostoon eri väreillä sekä ryhmiteltiin asiasisällöittäin. Alkuperäisilmaukset pelkistettiin, joissa kuitenkin pyrittiin säilyttämään alkuperäisilmauksien merkityksellinen tieto.

Sisällönanalyysi prosessi etenee aineiston pelkistämisen jälkeen ryhmittelynä ja abstrahointina. Ryhmittelyssä samansisältöiset ilmaisut yhdistettiin omaksi kategoriaksi, joka pyrittiin nimeämään sisältöä kuvaavasti. Tutkijalla on vapaus käyttää omaa tulkintaansa siitä, minkälaisia asioita voidaan yhdistellä samaan kategoriaan. Lopuksi aineistoa abstrahoidaan eli käsitteellistetään mahdollisimman pitkälle yhdistelemällä samansisältöisiä kategorioita toisiinsa ja edelleen nimeämällä ne sisältöä vastaavasti. (Kyngäs & Vanhanen 1999, 5–7.)

7 ENERGIANKULUTUKSEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Tässä luvussa tuodaan esiin operaattoreiden haastatteluista kootun aineiston analyysin myötä syntyneet tutkimustulokset sekä tuotannon seurantajärjestelmistä kerätyistä tiedoista kootut tulokset energiatehokkuuden kehittämiseksi.

7.1 Operaattoreiden haastatteluiden tulokset energiatehokkuuden parantamisesta

Tulosten mukaan operaattoreiden merkityksellisiksi kokemat asiat energiankulutukseen vaikuttavista toiminnoista voitiin jakaa neljään yläkategoriaan: työmenetelmiin, kuivaajan käytettävyyteen, työyhteisöviestintään sekä mittaamiseen ja laatutekijöihin.

Työmenetelmät

Työmenetelmät liittyivät operaattoreiden mukaan erilaisiin toimintatapoihin työskenneltäessä, yhtenäisten ja ajantasaisten toimintaohjeiden puuttumiseen sekä toiminnan ja työn kehittämiseen. Erityisesti esiin nousivat vaihtelevat toimintatavat vaihdettaessa kuivattavan viulun lajia pinta- ja sydänviilujen välillä sekä koneen lämmittämiseen ja alasajoon liittyen. Myös säädöissä (manuaali vs. automaattikka) esimerkiksi kuivaajan nopeus, venttiilien ja säätimien asentojen muuttamisessa sekä höyry- ja lisäkostutuksen käytössä tuotiin esiin erilaisia toimintatapoja. Yhteisesti sovituista toimintatavoista avunannon suhteen toivottiin pidettävän kiinni esimerkiksi suurien ruuhkien purussa ja vuoronvaihtosiivouksissa.

Operaattorit toivat esiin, että toimintaohjeet eivät olleet ajantasaisia eivätkä aina edes säilyneet työpisteissä. Koettiin, että selkeät toimintaohjeet helpottaisivat toimintaa. Toimintaohjeiden suhteen nostettiin esiin myös onnistuneita ja operaattoria palvelevia ratkaisuja. Käytössä on ollut hyvin laaditut kuivauskoneen ajo-ohjeet, joita on käytetty perehdyttämisen tukena. Näiden ohjeiden päivystarpeisiin vastaamisessa on ollut haasteita, jonka vuoksi ohjeita on poistettu käytöstä. Toimintaohjeiden tarvetta perusteltiin myös jokaisen kuivaajan toisistaan eroavilla ominaisuuksilla. Koettiin, että erityisesti uudet työntekijät tai moniosaajuuden vahvistamiseen liittyen harvakseltaan kuivauksessa olevat hyötyisivät selkeistä toimintaohjeista.

Automatisoitujen kuivaajien säätöjen toivottiin toimivan niin, että automaattikkaa voisi hyödyntää esimerkiksi kuivausreseptiä vaihdettaessa, eikä tarvitsisi tehdä säätöjä manuaalisesti. Kuivaajan lämmitysventtiilien ja -rampitusten on koettu olleen toimivammat ja lämpötilan säätö portaittain on toiminut nykyistä

paremmin. Käyttäjäkokemusten mukaan myös ymmärrys kuivaajan toiminnasta sekä prosessin seuraavista vaiheista selkiyttää toimintatapojen merkitystä energiatehokkuudessa. Lisäksi esille nostettiin työn ja toimintatapojen kehittämisen tarve, johon liittyen toivottiin tehtävän myös erilaisia kokeiluja. Tuotannon seuraaminen ja käyttäjien kuuleminen nähtiin merkityksellisenä työn ja toimintatapojen kehittämisen lähtökohtana.

Kuivaajan käytettävyys

Kuivaajan käytettävyyteen liitettiin energiatehokkuuden kannalta tärkeänä osana kuivaajien kunnossapitoon liittyvät toimet, prosessiosaaminen, häiriöt ja työturvallisuuden paraneminen. Erityisesti kunnossapidon organisointiin ja toteutukseen toivottiin muutosta. Koettiin, että tiettyjen tuotantoa häiritsevien vikojen korjaaminen vie liian kauan aikaa. Näistä yhtenä esimerkkinä nostettiin esiin kuivauksen syötön viat, jotka voivat vaikuttaa päivittäin aiheuttaen pitkiä ruuhkanpurkuja. Myös siipisäätimien ja poistoilmapuhaltimien toimintaan ja säätöihin toivottiin kiinnitettävän huomioita useiden vastaajien toimesta. Yleisesti ottaen tärkeänä nähtiin, että kuivaajat olisivat ja pysyisivät kunnossa.

Prosessiosaamiseen liittyen tuotiin esiin operaattoreiden hyvällä prosessin ymmärryksellä sekä ammattitaidolla olevan yhteyttä kuivaajan käyntivarmuuteen ja tuotantokatkojen vähenemiseen sekä toiminnan tehostamistarpeiden löytymiseen. Moniosaajuuteen liittyvät tehtäväkierrot nähtiin joidenkin operaattoreiden mielestä energiatehokkuutta lisäävänä asiana, koska ymmärrys työprosesseista syvenee ja voidaan miettiä oman toiminnan vaikutusta laajemmin.

Kuivaajien häiriöt, myös lyhyet käyntihäiriöt, jotka eivät johdu koneen rikkoutumisesta, kuvattiin energiatehokkuuteen vaikuttavana tekijänä. Lisäksi työturvallisuuteen vaikuttaminen nostettiin esiin energiatehokkuuden oheishyötynä esimerkiksi hyvän kunnossapidon seurauksena hankalat ruuhkanpurut harventuvat tai putkien vuodoista johtuvia vesilätäköitä ei ole latioilla vähentäen työtapaturmariskiä.

Energiatehokkuuden kehittämisen yhtenä tekijänä nähtiin työvälineisiin, koneisiin ja prosesseihin tehtävät investoinnit ja muokkaukset. Puutteita oli havaittu

työvälineistä sekä niiden sopivuudesta ajateltuun tehtävään esimerkiksi ruuhkanpurkutilanteissa. Operaattoreiden kokemuksen mukaan joitain työvälineitä voisi kehittää tekemällä niihin muokkauksia. Muutama operaattori pohti myös erilaisten prosessiin liittyvien investointien hyödyllisyyttä ja kustannustehokkuutta energiatehokkuusnäkökulmasta esimerkiksi viilujen esikuivausta puristamalla.

Työelämäviestintä

Työelämässä viestinnällä nähtiin olevan yhteyttä energiatehokkaaseen toimintaan. Operaattoreilta nousi esiin tiedonkulkuun liittyviä huomioita niin tiimin sisällä kuin työnjohdon ja tiimin välillä sekä yksiköiden väliseen tiedonkulkuun liittyen. Lisäksi hiljaisen tiedon siirtymisen ja hyödyntämisen merkitystä korostettiin yhtenä viestinnän keinona.

Toivottiin, että merkityksellisistä asioista tiedottaminen olisi oikea-aikaista ja riittävää. Sujuvan työyhteisöviestinnän edistävänä tekijänä nähtiin viestien vastaanottamisen varmistaminen. Pääsääntöisesti työtä koskevaa tietoa koettiin jaettavan hyvin erityisesti oman tiimin sisällä ja jokaisen vastuuta asioista selvän ottamisen suhteen painotettiin.

Mittaaminen ja laatutekijät

Mittausten merkitys nähtiin tärkeänä energiatehokkuuden seurannan osatekijänä ja esimerkiksi höyryn virtausmittaustiedon puuttuminen kuivaajalla koettiin hankalaksi energiankäytön seurannan kannalta. Mittaamiseen liittyen nostettiin esiin toive kulutuspoikkeamien näkyväksi tekemisestä. Mittaamisen ja laatutekijöiden yläkategoriaan liitettiin myös operaattoreiden kokemukset viilun laadusta ja huonolaatuisen viilun vaikutuksista toimintoihin. Operaattorit kuvasivat yhtenä laatutekijänä mäntyviilujen ajoittaisen suuren määrän markäviilupinkoissa, jolloin niiden määrä vaikuttaa kuivaajan kosteuteen ja aiheuttaa linjastolla kulkiessaan enemmän häiriöitä. Mäntyviilujen pihkaisuuden kuvataan aiheuttavan ongelmia myös kuivaajan syöttöpäässä viilujen tarttuessa herkästi toisiinsa. Sorvatun viilun laadussa kuvattiin ajoittain esiintyviä vikoja, esimerkiksi leikkuuterän jäljet viilun pinnassa. Laatuksellisia toivottiin järjestettävän sekä uusille, että pidempään talossa olleille työntekijöille. Laatuun liittyvillä

tekijöillä koettiin olevan merkitystä energiatehokkuuden kannalta. Tästä käytettiin yhtenä esimerkkinä tietoa ja ymmärrystä huonolaatuisen viulun poistamiseen jo syöttöpäässä, ettei sen kuivaamiseen käytetä turhaan energiaa ja resursseja. Lisäksi huonolaatuinen viulu voi aiheuttaa ruuhkia purku- tai lajittelinjastolla.

7.2 Tuotannon seurantajärjestelmä GEMA

Kertotehtaalla on käytössä tuotannon seurantajärjestelmä (GEMA), joka kerää ja tallentaa tietoa prosesseista sekä tuotannon eri vaiheista. Operaattori voi rikastaa järjestelmään kerättyä tietoa lisäämällä tekemiään havaintoja ja kirjaimalla yksityiskohtaista tietoa tuotantokatkosten tai teknisten häiriöiden syistä liittyen esimerkiksi laitteiden vikaantumiseen. Järjestelmään voidaan kirjata myös havainnot laatu poikkeamista tai esimerkiksi tuotevaihtoon liittyvistä viivästyksistä. (Operaattorin rooli...2018.)

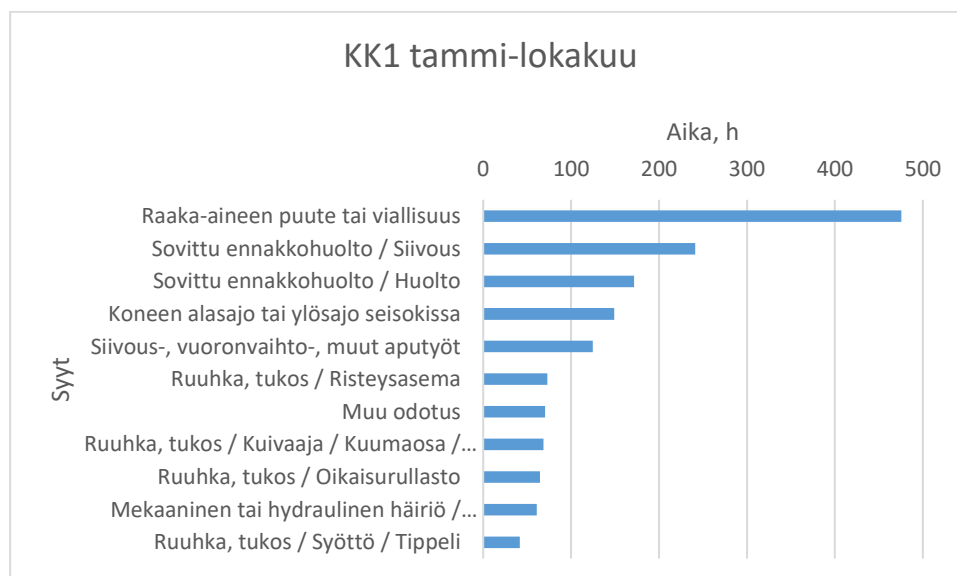
Opinnäytetyöhön kerättiin seurantajärjestelmän tietoja kuivauskoneiden tuotantoajoista sekä tuotantokatkojen syistä. Tarkastelujaksoksi sovittiin 1.1 - 31.10.2023, jotta aineistoa saatiin kerättyä riittävän edustavasti. Aineistoon oli tärkeää saada näkyväksi laajasti kuivauksessa esiintyviä vaihteluita, jotta pystyttäisiin lisäämään ymmärrystä tuotantokatkoja aiheuttavista syistä. Lisäksi tarkasteltiin jokaiselta kuivauskoneelta erikseen kuukausittaiset seurantajärjestelmään raportoidut tuotantotiedot, jotta voitiin tehdä havaintoja kuukausittaisten syiden suhteesta pidempään tarkastelujaksoon verrattuna.

Seurantajärjestelmään tallentuu tuotantovaiheiden, joita ovat kuitattuun odotukseen, automaattikuittaukseen, häiriöihin ja odotukseen käytetty aika sekä suunnittelemattoman tuotannon ajat. Näistä tallentuneista tiedoista tarkasteltiin tarkemmin häiriöitä ja kuitatun odotuksen tietoja, joihin operaattori raportoi syyn. Lisäksi syytä voidaan kommentoida ja tarkentaa. Kaikki alle viisi minuuttia kestävät tuotantokatkokset kuittaantuvat automaattisesti. Sen lisäksi, että seurantajärjestelmästä saadaan tietoa tuotantokatkokseen johtaneesta syystä, saadaan tietoa myös siihen kuluneesta ajasta ja kyseisten häiriöiden lukumäärästä.

Pareton periaatteen (80/20-sääntö) mukaan 20 % syistä aiheuttaa 80 % seurauksista. (Tilastollinen laadunvalvonta s.a.) Tämä tarkoittaa kuivauskoneiden häiriöiden osalta, että 20 % tuotantokatkosten syistä aiheuttaa 80 % niihin käytetystä ajasta. Koska pieni osa syistä aiheuttaa valtaosan seurauksista ei ole tarkoituksenmukaista tarkastella erikseen kaikkia häiriöitä aiheuttaneita syitä.

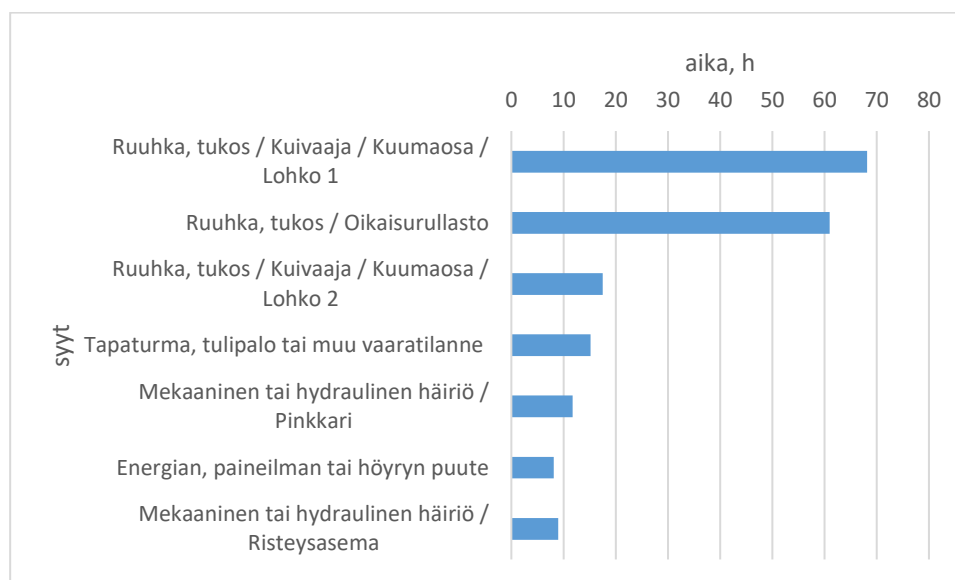
7.2.1 Tuotantokatkokset kuivauskone 1:llä

Pitkän tarkastelujakson aikaiset kuivauskone 1 tuotantokatkojen syyt on taulukoitu, kts. kuva 3. Tällä ajanjaksolla pisimmän tuotantokatkojen ajan aiheutti raaka-aineen puute tai viallisuus. Seuraavaksi eniten tuotantokatkoja aiheutui sovituista ennakkohuolloista ja -siivouksista sekä koneen alas- tai ylösajoista seisokissa. Ennakoimattomista tuotantokatkoksista eniten aikaa oli kulunut risteusaseman, kuivaajan kuumaosan, oikaisurullaston ja tippelin ruuhkiin sekä pinkkarin mekaaniseen tai hydrauliseen häiriöön. Lisäksi muu -odotus merkinnät olivat vieneet aikaa reilu 70 tuntia ja merkintöjä on ollut 225 kappaletta. Näistä merkinnöistä 87,5 % on kirjattu tarkempi syy kommenttikenttään. Muut syyt on viety Exceeliin ja sieltä hakutoimintoa käyttäen on saatu eniten kommentoidut syyt haarukoitua. Valoverho ja -kennoihin liittyvät syyt ovat eniten kommentoituja syitä, joita on 25 %, toiseksi eniten on koeviilut ja lämmityssyyt, joita puolestaan on 20 %. Loput kommentoidut syyt ovat yksittäisiä enintään muutamia kertoja toistuvia.



Kuva 3. KK1 tuotantokatkojen syyt.

Tarkasteltuna kuukausittaisia seurantajärjestelmän raportteja niistä löytyy täysin samat syyt touko-, kesä- ja elokuussa kuin pitkässä tarkastelujaksossa. Pitkästä tarkastelujaksosta poikkeavia yksittäisiä syitä esiintyy tammi-, helmi-, maaliskuu-, huhti-, heinä-, syys- ja lokakuussa. Näistä ennakoitava syy on ollut tammikuussa vuoropalaveri ja koulutukset, johon on kulunut 13,75 tuntia. Ennakoimattomia ja ajallisesti merkittäviä syitä puolestaan ovat olleet (kts. kuva 4) tapaturma, tulipalo tai muu vaaratilanne (palohälytys LTO) ja pinkkarin mekaaninen tai hydraulinen häiriö huhtikuussa, kuivaajan kuumaosan ruuhka heinäkuussa, risteysaseman mekaaninen tai hydraulinen häiriö syyskuussa sekä lokakuussa oikaisurullaston ruuhka ja energian, paineilman tai höyryn puute.



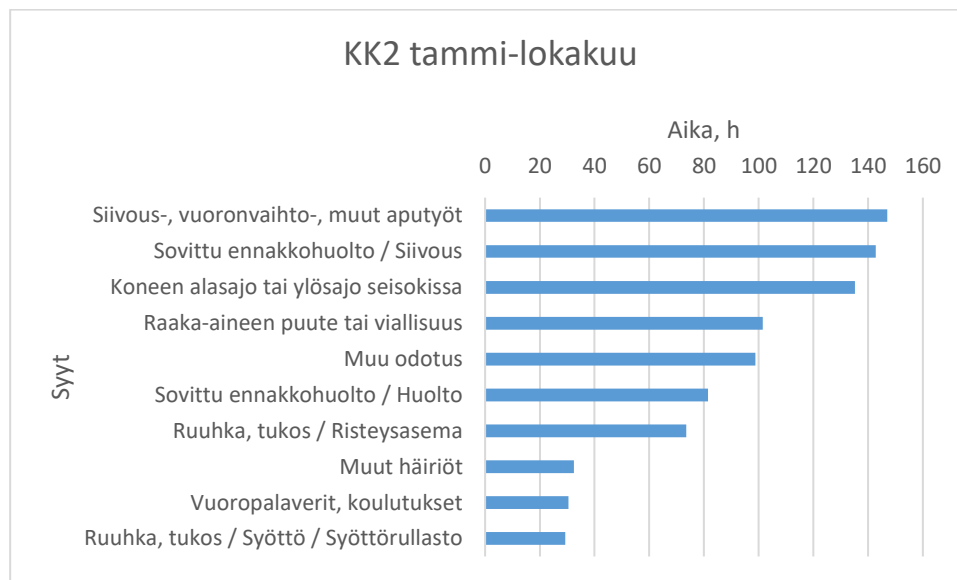
Kuva 4. KK1 yli 8 h tuotantokatkojen syyt

Lisäksi kuukausitason tarkastelussa ilmeni viisi lyhyempää syytä, jotka eivät nousseet esiin pidemmässä tarkastelujaksossa. Nämä olivat kuivaajan jäähdytysosan ruuhka, kosteusmittarin mekaaninen tai hydraulinen häiriö, sähkölaite tai automatiikkahäiriö kuljettimella risteysasemalta pinkkarille, pinkkarin ruuhka ja purkurullaston sähkölaite- tai automatiikkahäiriö. Kuhunkin oli kulunut 3,75–7,25 tuntia aikaa. Nämä häiriöt eivät toistuneet enää uudestaan.

7.2.2 Tuotantokatkokset kuivauskone 2:lla

Kuivauskoneen 2 pitkällä tarkastelujaksolla nousi esiin kuvassa 5 esiintyvät tuotantokatkojen syyt. Pisimmät tuotantokatkokset aiheutuivat siivous- ja vuoronvaihtotöistä, sovituista ennakkosiivouksista, koneen alas- ja ylösajoista

seisokissa, sovituista ennakkohuolloista sekä vuoropalavereista ja koulutuksista. Ennakoimattomista tuotantokatkoksista puolestaan eniten aikaa kului muuhun odotukseen, joista 89 % on kommentoitu tarkempi syy. Muuhun odotukseen liittyviä syitä oli kirjattu 229 kappaletta. Näistä syistä 25 % liittyy lajin vaihtoon, 8 % koeviiluihin tai -ajoon ja 7 % linjastojen hihnoiniin liittyviin syihin. Loput kommentoiduista syistä ovat yksittäisiä. Ennakoimattomia häiriöitä olivat myös risteysaseman ja syöttörullaston ruuhkat sekä muut häiriöt. Muista häiriöistä syy oli kommentoitu 89 % ja suurin osa muihin häiriöihin kuluneesta ajasta (27,5 tuntia) oli käytetty lisäkostutusosan vian selvittelyyn ja rikkoutuneen sähkökaapin pääkytkimen korjaukseen.

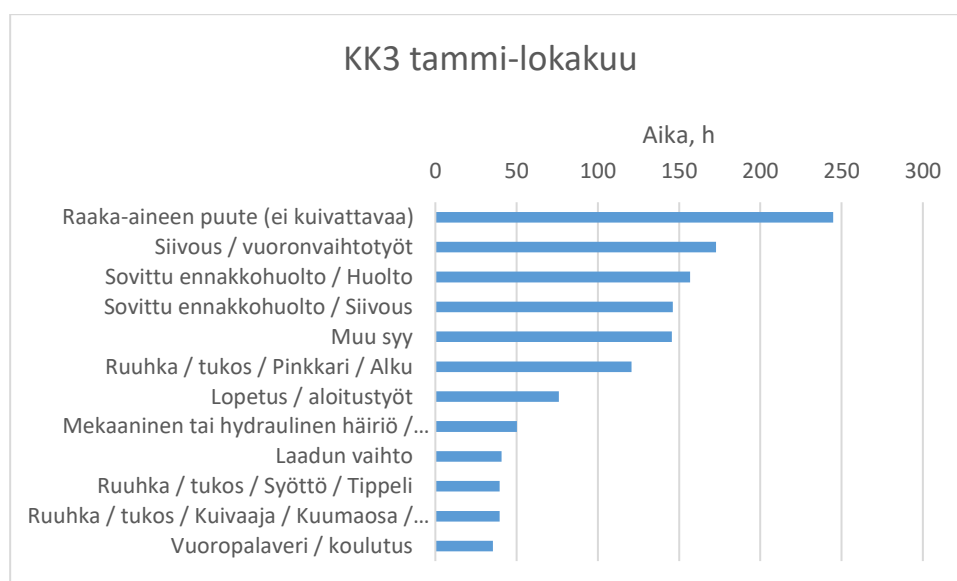


Kuva 5. KK2 tuotantokatkojen syyt

Kuukausitasolla tarkasteltuna helmi-, touko- ja lokakuussa on täysin samoja syitä kuin pitkässä tarkastelujaksossa. Muina kuukausina löytyy noista poikkeavia syitä, jotka ovat kaikki ennakoimattomia ja aikaa häiriöihin on kulunut 3,15–6,75 tuntia. Näitä syitä ovat pinkkarin mekaaninen tai hydraulinen häiriö, laadunvalvonta (Rauten testaaminen; Vitka + loput koeviilut), kuivausosan mekaaninen tai hydraulinen häiriö (paineoven tiivisteen vaihto) ja pinkkarin ruuhka. Kestoltaan merkittävänä voidaan pitää maalisi- ja kesäkuussa esiintynyttä kameran sähkölaite- tai automatiikkahäiriötä, johon oli kulunut maalisi-kuussa 24,5 tuntia ja kesäkuussa 3,5 tuntia. Kesäkuussa kameran häiriön syytä on vielä tarkennettu kommentilla dsp-häiriö.

7.2.3 Tuotantokatkokset kuivauskone 3:lla

Pitkän tarkastelujakson merkittävimmät tuotantokatkosten aiheuttajat kuivauskoneella 3 on esitetty kuvassa 6. Eniten aikaa oli kulunut raaka-aineen puutteeseen sekä siivous- ja vuoronvaihtotöihin, sovittuihin ennakkohuoltoihin ja -siivoukseen. Lisäksi muu syy merkinnöin varustetut tuotantokatkokset ovat vieneet 145,5 tuntia aikaa ja niitä on ollut pitkällä tarkastelujaksolla 443 kappaletta. Noista syistä 83 % on kommentoitu tarkempi syy, joista 19 % liittyy syöttöön, 9 % valoverhoihin tai -kennoihin, 6,5 % traverssin häiriöihin ja 6 % lämmitykseen ja koeviiluihin sekä 6 % laadunvaihtoihin. Muissa syissä on myös paljon erilaisia yksittäisiä tai muutamia kertoja toistuvia syitä. Ennakoimattomista syistä toiseksi eniten aikaa kului pinkkarin alun ruuhkiin. Syöttölaitteen mekaaninen tai hydraulinen häiriö, laadun vaihto, tippelin ja kuumaosan ruuhka olivat myös esiin nousseet ennakoimattomat syyt. Lopetus ja aloitustyöt sekä vuoropalaverit ja koulutukset nousivat esiin pitkällä tarkastelujaksolla.

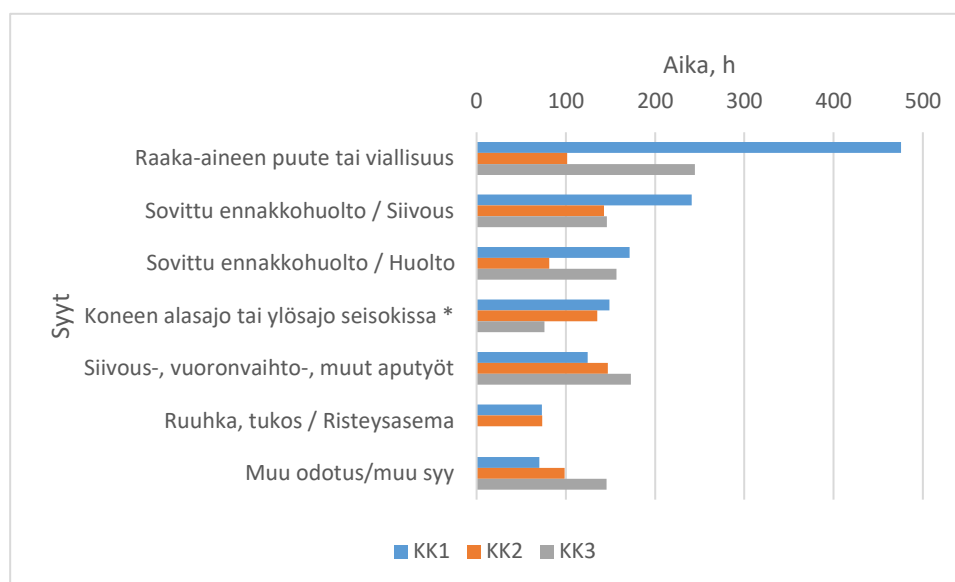


Kuva 6. KK3 tuotantokatkojen syyt

Kuukausitason tarkasteluista nousee esiin poikkeavia syitä helmi-, touko-, heinä- ja elokuussa verrattuna pitkään tarkastelujaksoon. Näistä heinäkuun poikkeava syy raaka-aineen viallisuus kuuluisi kuitenkin kommentoidun syyn (huoltoviikon jälkeen ei märkää viilua) perusteella raaka-aineen puute (ei kuivattavaa) luokkaan. Merkittävä yli 8 tunnin mittainen tuotantokatkos on risteysasemalta pinkkarille vievien kuljettimien mekaaninen tai hydraulinen häiriö elokuussa. Muutoin helmikuussa ollut risteysaseman mekaaninen tai hydraulinen

häiriö sekä toukokuussa esiintynyt lujuusmittarin ruuhka ovat kestoltaan lyhyempiä 4,15–5,75 tuntia.

Pitkällä tarkastelujaksolla kaikilla kuivauskoneilla esiintyvät syyt on esitetty kuvassa 7, josta on havaittavissa kuivaajien välisiä eroja. Kuvasta havaitaan, että kuivauskoneella 1 on selkeästi pidempi tuotantokatkos raaka-aineen puutteen vuoksi kuin muilla koneilla. Samoin kuivauskoneella 1 käytetty aika sovitettuun ennakkosiivoukseen ja -huoltoon on merkittävästi muita pidempi. Kuivauskoneella 3 puolestaan on kulunut eniten aikaa siivous- ja vuoronvaihtotöihin sekä muuhun odotukseen verrattuna muihin kuivaajiin.

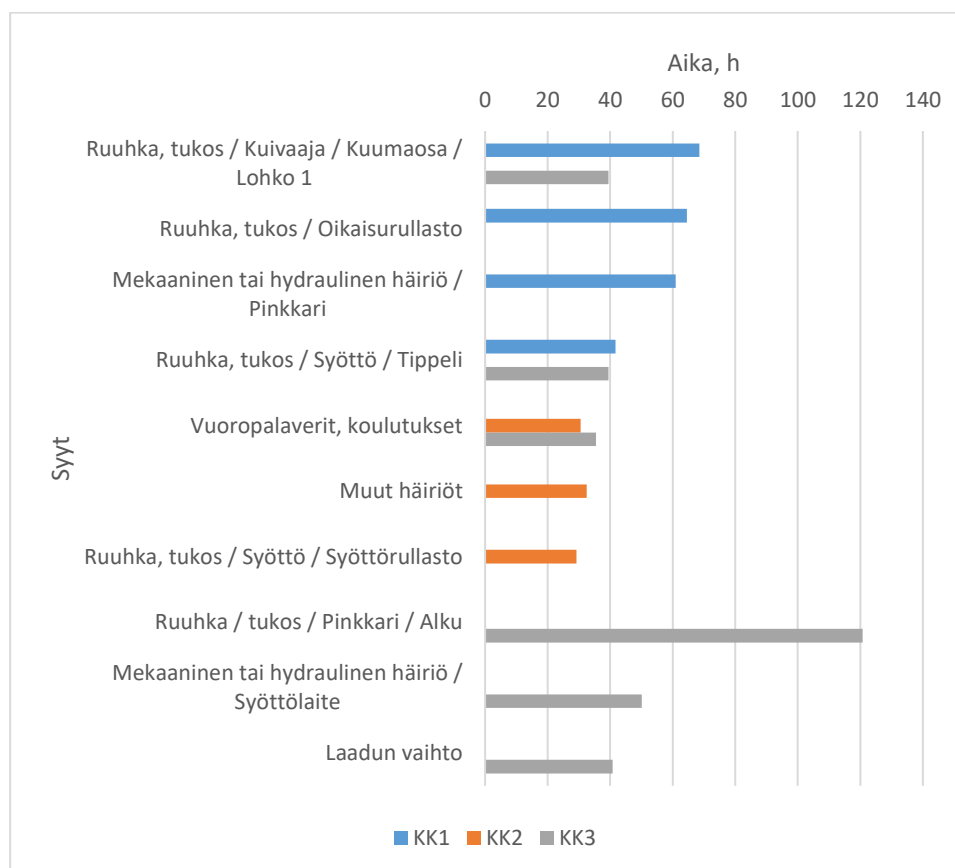


Kuva 7. Tuotantokatkojen syiden jakauma kuivauskoneittain.

Kuvassa 8 on koottuna pisimmät yksittäisten koneiden esille nousseet häiriöiden syyt, ja niihin kulunut aika kuivaajien vertailun helpottamiseksi. Pisin tuotantokatkos on aiheutunut kuivauskoneella 3 pinkkarin alun ruuhkissa (120,75 h), jota ei noussut esiin lainkaan muilla kuivauskoneilla. Myös syöttölaitteen mekaaninen tai hydraulinen häiriö (50,15 h) nousi esiin vain kuivauskoneella 3. Osittain yksittäiset syyt selittyvät sillä, että koneiden tuotannon seurantajärjestelmien luokitukset ovat erilaiset esimerkiksi laadun vaihtoa ei voi valita syyksi kuin kuivauskoneella 3. Myös lopetus / aloitustyöt ovat vain kuivauskoneella 3 käytössä, kun taas kuivauskoneilla 1 ja 2 käytetään koneen alasajo

tai ylösajo seisokissa luokkaa. Kuitenkin kuvaan 7 nämä lopetukseen ja aloitukseen liittyvät syyt on kirjattu saman syyn alle kuivauskoneiden erojen vertailun helpottamiseksi.

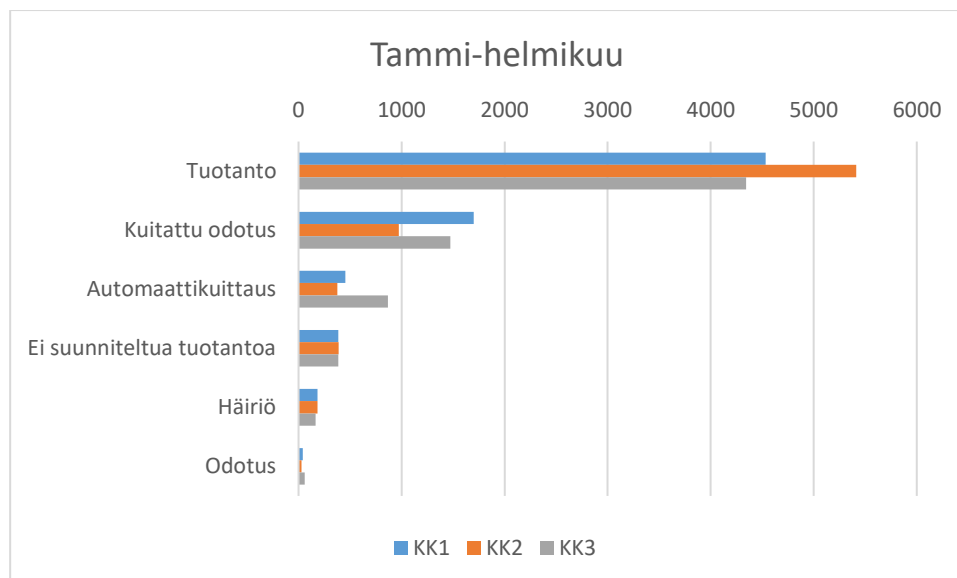
Kuivaajan kuumaosan ruuhkaa esiintyi sekä kuivauskoneella 1 (68 h) ja 3 (39,5 h), kuten tippelin ruuhka (KK1 49,75 h ja KK3 39,5 h). Myös vuoropalaveri ja koulutukset nousivat esiin kahden kuivaajan tuotantokatkojen syynä. Ainoastaan kuivauskoneella 1 esiintyi oikaisurullaston ruuhka (64,5 h) ja pinkkariin mekaaninen tai hydraulinen häiriö (61 h). Pelkästään kuivauskoneella 2 esiintyviä syitä olivat muut häiriöt (32,5 h) ja syöttörullaston ruuhka (29,25 h).



Kuva 8. Yksittäisillä kuivauskoneilla esiin nousseita tuotantokatkojen aiheuttajia

Kaikkien kuivauskoneiden käyntitunteja vertaillaessa (kts. kuva 9.) tuotantoon on käytetty eniten aikaa kuivauskoneella 2 (5413,75 h), kun taas kuivaajilla 1 ja 3 tuotantoon käytetty aika on ollut 4345–4534 tuntia. Kuitattuun odotukseen on käytetty aikaa kuivaajilla 1 ja 3 1471,75–1698,5 tuntia, kun kuivaajalla 2 siihen on kulunut 974,15 tuntia. Automaattiseen kuitaukseen puolestaan on ku-

lunut aikaa kuivaajilla 1 ja 2 378–455,15 tuntia, kun kuivaajalla 3 siihen on kulunut 866,75 tuntia. Aika, jolloin ei ole tuotantoa sekä odotukseen ja häiriöihin käytetyssä ajassa ei ole juurikaan eroja kuivaajien välillä.



Kuva 9. Kuivauskoneiden käyntitunnit

7.3 Tuotannonseurantajärjestelmät, HSEQ ja OMS-päiväkirja.

Tietoa kerättiin Geman lisäksi HSEQ – järjestelmästä, johon kootaan turvallisuus- ja ympäristöraportoinnin sekä sisäiset ja ulkoiset toimintajärjestelmän arvioinnit (Työturvallisuus 2023) sekä OMS-päiväkirjasta. OMS-päiväkirja on toiminnan hallinnan seurantajärjestelmä, johon voi kirjata työpisteittäin havainnot muun muassa laadusta, toiminnasta sekä tehdä kunnossapitopyyntöjä. OMS työkalun avulla yhtenäistetään ja parannetaan tietojen jakamista ja näkyvyyttä koko tehtaan henkilöstölle. (Tietoevry 2023.)

Myös näistä järjestelmistä tarkasteltiin tietoja 1.1-31.10.2023 väliseltä ajalta. OMS-vuoropäiväkirjasta haettiin seurantajaksolta kaikki kunnossapitopyynnot sekä tarkasteltiin kuivauksiin liittyneet päiväkirjamerkinnot. Kuivauskoneelle 1 on tehty tarkastelujaksolla 93 kpl, kuivauskoneelle 2 75 kpl ja kuivauskoneelle 3 103 kpl kunnossapitopyyntöjä. Kunnossapitopyynnot ja kuukausittaisten syiden listaus on tarkasteltu rinnakkain kultakin kuivaajalta. Yksittäisiä kunnossapitopyyntöjä löytyy pidempiä häiriöitä aiheuttaneista syistä kuukausitasolla, mutta on myös kuukausia, jolloin ei ole kunnossapitopyyntöjä tehty OMS-päiväkirjaan lainkaan. Kuitenkin on huomioitava, että kunnossapitopyyntöjä tehdään paljon suoraan kunnossapitohenkilöille sekä työnjohtajan kautta.

Metsä Woodin energiatehokkuuden toimintaperiaatteisiin on kirjattu, että koko henkilöstö voi ilmoittaa energianhallintaan liittyviä kehitysideoita HSEQ- järjestelmän kautta. Tästä syystä myös HSEQ – järjestelmään kirjattuja havaintoja ja poikkeamia on tarkasteltu energiatehokkuushavaintojen kannalta. Tarkastelujakson 1.1.-31.10.2023 välisenä aikana on Kertopuutehtaalla tehty tuhansia HSEQ- ilmoituksia, joten niitä kaikkia ei ollut mahdollista eikä tarpeellistakaan käydä läpi. Kuitenkin useiden satojen tapahtumien otsikot on selattu ja mikäli otsikossa oli viitteitä energianhallintaan liittyvästä informaatiosta niin silloin tapahtuma avattiin ja tarkasteltiin lähemmin. HSEQ-ilmoituksiin ei voi suoraan valita ilmoitustyyppiä energianhallintaan liittyvää tyyppiä, joten ilmoitusten käsitteily on havainnollista ja tiedostettava havaintojen ja poikkeamien sisällöt eri näkökulmista tarkasteltuna. HSEQ – järjestelmään kirjatuista havainnoista ja poikkeamista nousee esiin muun muassa ovien, putkien, venttiilien, tiivisteiden ja paineilmalaitteiden vuotoja sekä kunnollisten työohjeiden puute, puuttuvat tavarat ja ruuhkan purut, joilla on merkitystä myös energiatehokkuuden kannalta.

8 KEHITTÄMISKOHTEET JA YHTEENVETO

Opinnäytetyön tuloksista voidaan nostaa esiin seuraavia energiatehokkuuden kehittämiskohteita kuivausprosessiin liittyen.

Prosessien hallinnan kannalta oleellisen tiedon dokumentointi on tärkeä vaihe. Toimintatavat sovitaan, kuvataan ja dokumentoidaan toiminnoittain. Luotuja dokumentteja on myös seurattava ja päivitettävä säännöllisesti tai tarpeen vaatiessa (Laine 2010, 84, 261.) Myös hallittavan tiedon määrän kasvaessa esimerkiksi perehtymisvaiheessa dokumentoitu tieto helpottaa tiedon omaksumista sekä mahdollistaa tietoon palaamisen myöhäisemmässä vaiheessa. On tarkastettava ja tarpeen vaatiessa päivitettävä keskeiset kuivauksen työ- ja toimintaohjeet, kuten ajo-ohjeet, lämmitys, alasajo, sekä arvioitava, onko kaikki tarpeelliset työvaiheet standardisoitu ja dokumentoitu. Lisäksi on määritettävä päivitysvastuu, ohjeiden säilyttämiseen liittyvät toimet ja varmistettava, että dokumentit ovat helposti löydettävissä.

Prosessien tehokkaaseen ohjaamiseen liittyen tulee varmistaa, että henkilöstö tuntee ja ymmärtää käytössä olevat järjestelmät sekä noudattaa sovittuja toimintatapoja. Oleellisten prosessiparametrien määrittely ja seuranta sekä näiden tietojen tallentaminen ja dokumentointi on energiatehokkuuden näkökulmasta merkittävää. Ojalaisen (2013, 30) mukaan viulun kuivauksen energiansäästökeinoja mietittäessä tulee kuitenkin huomioida, että useimmat energiansäästökeinot vähentävät kuivaajan kapasiteettia. Tämän vuoksi ratkaisuja tehdessä on tasapainoteltava ja punnittava molemmat näkökulmat huolella.

Työn ja toiminnan kehittämisen kannalta henkilöstön osaamisen kehittäminen ja ylläpito on keskeinen tekijä. Osaamisen kehittämistä voidaan vahvistaa muun muassa tiimityöskentelyllä ja toisilta oppimisella, työkierrolla sekä koulutuksella, kehittämisohjelmilla, verkkokursseilla ja webinaareissa. Myös perehdytys ja kehityskeskustelut sekä tiedon jakaminen ovat osaamisen kehittämisen menetelmiä. (Piispanen 2018; Snellman 2020; Tainio - Keinänen 2020). Energiatehokkuusosion lisääminen esimerkiksi perehdytykseen on yksi hyvä keino lisätä tietoisuutta energiatehokkuuden merkityksestä sekä antaa työntekijälle mahdollisuuden kehittää energiatehokkuusosaamista ja -ajattelua heti työn aloittamisesta saakka. Osaamisen kehittämisessä on Snellmanin (2020) mukaan merkittävä rooli työkokemuksilla ja työssä oppimisessa sekä palautteen saamisella ja vuorovaikutustilanteilla.

Työntekijän osaamista tukevan tiedon vahvistumisen yhtenä keinona voidaan pitää hiljaisen tiedon siirtymistä kokeneemmalta tekijältä uudemmalle. Piispanen (2018) kuvaa hiljaisen tiedon sekoitukseksi kokemusta ja sen tuomaa viisautta, joka on rakentunut pidemmän ajan kuluessa erilaisten valmiuksien sekoituksesta. Se on parhaimmillaan vapautta, rohkeutta, luovuutta ja ratkaisukykyä. Työkierto on myös yksi hiljaisen tiedon siirtymisen keino, jolloin mahdollistetaan entistä laajempaa käsityskykyä työyhteisöön, kun annetaan sekä uuden tekijän että kokeneiden tietojen yhdistyä. (Piispanen 2018; Tainio - Keinänen 2020).

Käyttöseuranta kuvataan yhdeksi kunnossapidon tärkeimmäksi välineeksi, joka on perusta kaikelle kunnossapitotoiminnalle. Pääsääntöisesti käyttäjien suorittamaan käyttöseurantaan keskeisiin toimenpiteisiin katsotaan kuuluvan

järjestyksen ja siisteyden ylläpito, pienet säätö- ja kunnostustoimenpiteet, kunnoseurantaan liittyvien havaintojen tekeminen ja niiden kirjaaminen, yhteydenpito ja yhteistyö kunnossapitohenkilöstön kanssa. Nämä ovat sellaisia toimenpiteitä, jotka jo osin toteutuvat tai joihin on jo kiinnitetty huomiota. Koneen käyttäjillä on tuoreinta ja parhainta tietoa koneen käyntiin ja toimintaan liittyen, jonka vuoksi heidän mukaanoito entistä vahvemmin on perusteltua. (Järviö ym. 2011, 115; Kunnossapito s.a.)

Käyttöseurannan vahvistamiseksi käyttöön voisi ottaa tarkastuskierrokset. Käyttäjien suorittamassa tarkastuskierroksessa voitaisiin hyödyntää tehdasympäristön hiljaisuutta tuotannon ulkopuolisena aikana. Tuolloin olisi hyvä havainnoida energiaa turhaan kuluttavia kohteita, kuten vuotavat hanat, liitokset, venttiilit sekä turhaan päällä olevia laitteita ja koneita. Lisäksi tuolloin voidaan hoitaa toimintaympäristön siisteyteen liittyviä toimenpiteitä. Tarkastuskierroksella tehtyjen havaintojen perusteella voi antaa tai tarkentaa olemassa olevia ohjeita esimerkiksi pinkkaajan imupuhaltimien pysäyttämistä, mikäli tiedossa on yli puoli tuntia kestävä häiriö. Toimintaympäristön siistimiseen liittyen voisi tarkentaa viikoittain tehtäviä toimenpiteitä, onko tarve lisätä joitain toimia, esimerkiksi valokennojen puhdistus. Kuitenkin myös käynninaikaisille tarkastuskierroksille on tarve, jolloin puolestaan voidaan tehdä aistinvaraisia havaintoja muun muassa koneen käyntiääniin ja osien lämpötilaan liittyen.

Terävä & Mäkelä - Pusa (2011, 22–23) tuovat esiin työyhteisöviestinnän toimivuuden olevan perusta työyhteisön tavoitteiden saavuttamiselle ja viestintä voidaan nähdä myös työyhteisön voimavarana. Viestinnän avulla asioita tehdään näkyväksi. Toimiva vuorovaikutus mahdollistaa avoimen keskustelun, jonka myötä tiedon sekä annetun ja saadun palautteen välittyminen varmistuu. Monipuolisten viestintävälineiden- ja kanavien käyttö lisää halutun sanoman ymmärtämistä. Asioista viestiminen vaatii myös pitkäjänteisyyttä ja toistoja. Lisäksi on tärkeä viestiä poikkeamista sekä keinoista reagoida niihin. (Laine 2011, 261). Voisiko oikea-aikaisena viestinnän menetelmänä hyödyntää nykyistä enemmän OMS- päiväkirjaa? Digitaalisen kanavan kautta viestittynä kiireettömästä asiasta jää mustaa valkoisella esimerkiksi sisäisen viestinnän välineenä käytettyyn radiopuhelimeen verrattuna. Energiatehokkuusasioiden viestinnässä voisi hyödyntää myös teemaviikkoja, jolloin info-tv:ssä voisi olla esillä kohdennettua viestintää. Lisäksi henkilöstöinfoihin voisi ottaa mukaan

tiettyjä teemoja, jolloin vahvistettaisiin kyseisen asian merkitystä. Säännöllisen viestinnän yhtenä kanavana voisi toimia Kertotehtaan viikoittainen tilanneinfo kasvokkain tapahtuvan viestinnän lisäksi.

Toiminnan kehittäminen on energiatehokkuuden kehittymisen edellytys ja toiminnan tulosten mittaaminen puolestaan edellytys kehittymiselle. Mittaaminen on yksi parantamisen väline ja mittarit ovat oiva keino antaa toiminnasta palautetta koskeva toiminta sitten yksittäistä prosessimittausta tai tiettyä toimintaa. Palaute taas on hyödynnettävissä oppimiseen ja kehittämiseen. Mittauskohteet tulee valita hyvin organisaation strategisia tavoitteita tukien ja huomioida kohteiden ja niistä saatujen tunnuslukujen esille tuonnissa sopiva määrä. Mittaroinnin tuloksia jaettaessa on tärkeää, että jaetaan vain niitä tietoja ja tuloksia, joihin voi omalla toiminnallaan vaikuttaa. Mitä konkreettisemmin keskeisimmät tulokset tuodaan esiin, sitä varmemmin niihin tutustutaan ja toimintaa voidaan muuttaa. (Laine 2010, 238; KnowPulp 2023). Esimerkiksi tehdastasolla mitatun energiankulutuksen näkyväksi tekeminen. Vaikka kulutustietoa ei ole käytettävissä laiteatasolla saataisiin kuitenkin viesti energiatehokkuuden kehityssuunnasta ja vertailupohjaa. Myös energiankulutus suhteessa tuotantomääriin voisi olla näkyväksi tuotuna hyvä keino vaikuttaa toimintatapoihin.

KnowPulpin (2023) mukaan on tärkeä ottaa huomioon toiminnan normaali vaihtelu, ettei yritetä etsiä ja löytää jokaiseen ongelmaan syytä, eikä anneta vaihtelun olla esteenä löytää toiminnasta oleellista. Oleellisen löytämisen apuna voi käyttää kuivauskoneiden tuotannonseurantajärjestelmistä saatua tietoa pisimpiä tuotantokatkoksia aiheuttaneista syistä. Näistä syistä voi poimia keskeisempiä, joihin voidaan paneutua monivaiheisesti juurisyyn tunnistamiseksi. Juurisyysanalyysia tehdessä voi hyödyntää useita työkaluja, esimerkiksi kalanruutomallin hyödyntäminen 5 x miksi työkalun tueksi. Juurisyysanalyysien teossa voi pohtia kuhunkin ongelmaan liittyen sopivaa ja ongelman ratkaisua parhaiten tukevaa monialaista työryhmää, joka sisältää henkilön esimerkiksi kunnossapidosta, operaattorin ja työnjohtajan sekä muut tarvittavat asiantuntijat.

Tuotantokatkoihin liittyen tuloksista nousi esiin myös kuivauskone 3 automaattikuittauksiin käytetty aika, n. 867 tuntia, joka on 489 tuntia enemmän kuin kui-

vauskoneella 2 tai 412 tuntia enemmän kuin kuivauskoneella 1. Tämän merkittävän eron selvittämiseksi voisi toteuttaa tietyn seurantajakson, jolloin näihin katkoihin liittyvät syyt kirjattaisiin ylös. Näiden kerättyjen tietojen perusteella voi miettiä mahdollisia jatkotoimenpiteitä.

Toimenpidesuunnitelma on laadittu opinnäytetyön tekemisessä operaattoreiden näkemysten ja tuotannon seurantajärjestelmistä esiin nousseiden kohteiden perusteella. Toimenpiteet voivat vaatia ennen toteuttamista myös lisäselvitystyötä, jolloin voidaan arvioida tarkemmin toteutukseen liittyviä näkökulmia muun muassa resurssien, vastuutahon, aikataulujen ja ratkaisuvaihtoehtojen kannalta. Toimintaympäristön energiatehokkuustoimiin liittyy myös muuttuvia tekijöitä, jonka vuoksi toimenpidesuunnitelma ei ole ehdoton esitys. Tarkentaminen ja tarkistaminen kuuluvat oleellisesti toimenpiteiden toteuttamiseen. On myös tärkeä, ettei toteuttamisvaiheessa rajata toteutukseen osallistuvien aloitteellisuutta tai uusia näkökulmia pois, vaan pyritään jatkuvaan toiminnan kehittämiseen.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli löytää kertotehtaan kuivausprosessista käyttäjälähtöisiä energiankulutuskohteita ja energiahukkia, mikä toteutui. Tavoitteena oli myös tehdä toimintasuunnitelma löytyneiden energiankulutuskohdeiden kehittämiseksi ja kuvata, kuinka prosessiin kohdistuvilla konkreettisilla toimilla voidaan vaikuttaa energiatehokkuuteen sekä löytää keinoja juurruttaa energiatehokkuustyötä osaksi arkea. Mielestäni tavoitteet saavutettiin kaikilla osa-alueilla.

Energiatehokkuuden lisäämisessä vaaditaan Heikkilän (2008, 83) mukaan tuotantoprosessin, käyttöolojen ja -tapojen sekä laitteiden kunnon sekä iän huomioimista, jonka vuoksi opinnäytetyön toteuttamismenetelmänä tapaustutkimus oli perusteltua. Metodina se mahdollisti laajan ja monipuolisen aineiston keräämisen ja käsittelyn sekä syventää ymmärrystä ja antaa yksityiskohtaista tietoa kuivaukseen liittyvistä prosesseista, mekanismeista sekä jokaisen kuivaajaan omasta erityisestä kontekstista. Laaja aineisto mahdollisti myös kuivaukseen liittyvien havaintojen tekemistä, erilaisten näkökulmien syntyä sekä kuivaajiin liittyvien energiankulutukseen vaikuttavien asioiden purkamista pienempiin osiin.

Opinnäytetyön käytännön toteutus sujui hyvin, vaikka toiminnan tavoitteet tarkentuivat vielä tekemisen aikana. Syntyneet tulokset eivät ole yleistettävissä, vaan antavat tietoa kehittämisen tueksi tälle organisaatiolle sekä ovat sovellettavissa muiden kohteiden energiatehokkuustyön tueksi. On myös huomionarvoista, että opinnäytetyön aineistoa on kerätty käyttäjiltä ja saatu käyttöön heidän näkemyksiään energiatehokkuuden kehittämiseen. Toikko & Rantanen (2009, 97) korostavat, että kun käyttäjien näkemykset saavat painoarvoa niin jatkuvan kehittämisen ajatus toteutuu ja yleensä toiminnan tavoitteiden saavuttaminen tuolloin helpottuu.

LÄHTEET

Elomatic. 2022. EloTalk jakso 4. Teollisuuden energiatehokkuus keskeisenä hiilineutraalisuuden työkaluna. Päivitetty 25.3.2022. Saatavissa: <https://www.elomatic.com/fi/elotalk/> [viitattu 1.11.2023].

Energiakatselmus. 2021. Metsä Wood, Punkaharjun kerto LVL- ja vaneritehdas.

Energiatehokkuusdirektiivi (EU)2018/2002.

Energiatehokkuuslaki 30.12.2014/1429.

Energiatehokkuussopimukset. 2017. Metsä Group: Henkilöstö sitoutuu energiatehokkuuteen. WWW-dokumentti. Päivitetty 15.6.2017. Saatavissa: <https://energiatehokkuussopimukset2017-2025.fi/metsa-group-henkilosto-sitoutuu-energiatehokkuuteen/> [viitattu 13.11.2023].

Energiatehokkuussopimukset. s.a. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://energiatehokkuussopimukset2017-2025.fi/> [viitattu 4.11.2023].

Energiavirasto. s.a. Opetushallitus. Energiatehokkuussopimukset. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://energiavirasto.fi/energiatehokkuussopimukset> [viitattu 4.11.2023].

Henkilöstön motivointi ja koulutus. s.a. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://news.sub.samk.fi/wp-content/uploads/2020/12/Kortti_Henkiloston-motivointi-ja-koulutus.pdf [viitattu 8.11.2023].

Hiilineutraali Suomi 2035- kansallinen ilmasto- ja energiastrategia. 2022. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. Energia. 2022:53. Helsinki. Työ- ja elinkeinoministeriö. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164321/TEM_2022_53.pdf?sequence=1&isAllowed=y [viitattu 5.11.2023].

Huhtinen, M., Kettunen, A., Nurminen, P. & Pakkanen, H. 2000. Höyrykattilatekniikka. 5. uusittu painos. Helsinki: Edita Ab.

Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T. & Urpalainen S. 2013. Voimalaitostekniikka. 3. painos. Helsinki: Opetushallitus.

Järviö, J., Piispa, T., Parantainen, T. & Åström, T. 2011. Kunnossapito. 4. painos. Helsinki: KP Media Oy.

1.0 Sahaus ja pakkauslinjat. s.a. M-Files.

Kertopuun valmistus. 2021. Metsä Wood Punkaharjun Kertotehdas. M-Files.

Kerto viulun kuivaus, kuivaus 1, kuivaus 2 toimintaselostus. 2020. Metsä Wood. Päivitetty 20.7.2020. M-Files.

KnowPulp. 2023. Toiminnan kehittäminen. Saatavissa: https://www.know-pulp.com/www/suomi/prod_environment/7_2_Operational_development/frame.htm?zoom_highlightsub=vaihtelu [viitattu 22.12.2023].

Koponen, H. 2002. Puulevytuotanto. 3. uudistettu painos. Helsinki: Edita Oy.

Kunnossapito – menestystekijä - s.a. WWW-dokumentti. Saatavissa: http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_2-3_kunnossapidon_toiminnot_ennen_vian_ilmenemista.html [viitattu 4.12.2023].

Kyngäs, H. & Vanhanen, L. 1999. Sisällön analyysi. *Hoitotiede* 11, 3–12.

Ladonnan käsikirja. s.a. Metsä Wood Punkaharjun Kertotehdas. M-Files.

Laine, H. 2010. Tehokas kunnossapito. Tuottavuutta käynnissäpidolla. Helsinki: KP- Media Oy.

Metsäteollisuus. 2023. Viisi faktaa metsäteollisuuden energiatehokkuudesta. WWW-dokumentti. Päivitetty 9.10.2023. Saatavissa: <https://www.metsateollisuus.fi/uutishuone/viisi-faktaa-metsateollisuuden-energiatehokkuudesta> [viitattu 15.11.2023].

Metsäteollisuus. 2023a. Viisi faktaa metsäteollisuuden energiatehokkuudesta. WWW-dokumentti. Päivitetty 9.10.2023. Saatavissa: <https://www.metsateollisuus.fi/uutishuone/viisi-faktaa-metsateollisuuden-energiatehokkuudesta> [viitattu 13.11.2023].

Metsäteollisuus. 2023b. Energiatehokkuus – nuukuudella ja käytön rajoittamisella on vissi ero. WWW-dokumentti. Päivitetty 10.10.2023. Saatavissa: <https://www.metsateollisuus.fi/uutishuone/energiatehokkuus-nuukuudella-ja-kayton-rajoittamisella-on-vissi-ero> [viitattu 13.11.2023].

Metsä Group. 2023a. Tietoa meistä. Yritysrakenne. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.metsagroup.com/fi/tietoa-metsa-groupista/tietoa-meista/yritysrakenne/> [viitattu 23.10.2023].

Metsä Group. 2023b. Tuotteet ja palvelut. Tuotteet. Kerto LVL. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.metsagroup.com/fi/metsawood/tuotteet-ja-palvelut/tuotteet/kerto-lvl/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=KertoLVL&utm_term=lvl&gad_source=1&gclid=EAlaQobChMI6Laq-YaOggMvik9HAR2EVQb2EAAYASAAEgLquPD_BwE [viitattu 24.10.2023].

Metsä Group. 2023c. Vastuullisuus. Vastuullisuus Metsässä. 2030 – kestävyystavoitteet. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.metsagroup.com/fi/vastuullisuus/vastuullisuus-metsassa/2030-kestavyystavoitteet/> [viitattu 23.10.2023].

Metsä Wood. 2019. Ympäristöjohtaminen. Intranet.

Metsä Wood Punkaharju. 2023. Intranet.

Metsä Wood Academy. 2023. Kerto ® LVL perusteet. Intranet.

Motiva. 2015. Energiatehokas höyry- ja lauhdejärjestelmä. Koulutusmateriaali. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.motiva.fi/files/10350/Energiatehokas_hoyry- ja_lauhdejarjestelma_VERKKOKOULUTUSAINEISTO_2015.pdf [viitattu 27.11.2023].

Motiva. 2022. Energiatehokkuudesta oheishyötyjä yrityksille. WWW-dokumentti. Päivitetty 1.11.2022. Saatavissa: <https://energiatehokkuussopimukset2017-2025.fi/metsa-group-henkilosto-sitoutuu-energiatehokkuuteen/> [viitattu 13.11.2023].

Ohje. Kertopuun valmistus ja laadunvalvonta Punkaharjun tehtaassa. 2021. Päivitetty 29.9.2021. M-Files.

Ojalainen, J. 2013. Viilun kuivauksen energiatehokkuuden parantaminen. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Teknillinen tiedekunta. Energiatekniikan koulutusohjelma. Diplomityö. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://lut-pub.lut.fi/bitstream/handle/10024/103624/dippa_uusin_julkinen_liitteet_poisettu_3_12_13.pdf [viitattu 17.11.2023].

Operaattorin rooli tuotannosta kerättävän tiedon digitalisoinnissa. 2018. Pinja Blogi. Päivitetty 15.8.2018. Saatavissa: https://blog.pinja.com/operaattorin-rooli-tuotannosta-kerattavan-tiedon-digitalisoinnissa?_ga=2.239593603.1862286047.1702448476-94709388.1702448476 [viitattu 27.11.2023].

Piispanen, R. 2018. Hiljainen tieto tarttuu tarpeen tullen. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.procom.fi/viestijat/tyoelama/hiljainen-tieto-tarttuu-tarpeen-tullen/> [viitattu 4.12.2023].

PKN. 2022. Viilunsorvaus-, leikkaus- ja pinkkauslinja. M-Files.

Pulkkinen, P., Hanhijärvi, A., Rohumaa, A., Sundman, S., Hyttinen, P., Sokka, K. & Paajanen, T. 2000. Viilun kuivaus. Puumateriaalin ja kuivausprosessin vaikutukset tuoteominaisuuksiin. Teknillinen korkeakoulu. Puunjalostustekniikan osasto. Espoo: Otamedia Oy.

Puronaho, S. 2023. Voimalaitospäällikkö. Haastattelu 7.11.2023. Metsä Wood.

Puuinfo. 2020. Viilupuu (LVL). WWW-dokumentti. Päivitetty 23.6.2020. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/puutieto/insinoorituotteet/viilupuu-lvl/> [viitattu 20.12.2023].

Raute. s.a.a Turvallisuusohjeet ja linjan yleiskuvaus. Kuivauslinja 8316. M-Files.

Raute. s.a.b Käyttö- ja huolto-opas. Viilunkuivauslinjan modernisointi 1760.

Raute. 2005. Toimintaselostus.

Raute. 2006. Sähkölaitteiden toimintaselostus.

Raute. 2023. veneer drying – why to do it and how to do it? PDF-dokumentti. Saatavissa: https://materials.raute.com/file/dl/i/g0apyw/9pmYaJrx-Rs0CXdz-ZlbeUQ/Raute-veneer-drying_why-to-do-it-and-how-to-do-it-article-en.pdf [viitattu 27.10.2023].

Saaranen-Kauppinen, A. Puusniekka, A. 2006. KvaliMOTV - Menetelmäope-
tuksen tietovaranto. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L5_5.html [viitattu 22.12.2023].

Snellman, A. 2020. Osaamisen johtaminen ja henkilöstön kehittäminen. Blogi. Päivitetty 9.9.2020. Saatavissa: <https://blogi.savonia.fi/minajaesimiestyoportfo-lio/2020/09/09/4-osaamisen-johtaminen-ja-kehityskeskustelu/> [viitattu 23.12.2023].

Sorjonen, T. 2012. Puutavaran käsittely; prosessikaavio puun vastaanotto. M-Files.

Tainio – Keinonen. K. 2020. Osaamisen kehittämisen menetelmät ja työkalut. Blogi. Päivitetty 23.9.2020. Saatavissa: <https://www.vuolearning.com/fi/blog/osaamisen-kehittamisen-menetelmat-ja-tyokalut> [viitattu 5.12.2023].

Tenhunen, J. 2003. Kuivausolosuhteiden vaikutus koivuviulun ja -vanerin ominaisuuksiin. Osa II. Teknillinen korkeakoulu. Puunjalostustekniikan osasto. Diplomityö.

Terävä, K. & Mäkelä -Pusa, P. 2011. Esimies työhyvinvointia rakentamassa. Helsinki: Kuntoutussäätiö.

Tietoevry. 2023. TIPS Operations Management System (OMS). WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.tietoevry.com/en/industry/pulp-paper-and-fibre/operations-management-system-oms/> [viitattu 20.12.2023].

Tilastollinen laadunvalvonta. s.a. PDF- dokumentti. Saatavissa: https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/1222136/mod_resource/content/15/Luento%2011%20-%20Tilastollinen%20laadunvalvonta.pdf [viitattu 20.12.2023].

Tirkkonen, J. 2019. Energiatehokkuustyöryhmän väliraportti. Työ- ja, elinkeinoministeriön julkaisuja 2019:26. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161490/TEM_2019_26_Energiatehokkuustyoryhman_valiraportti.pdf?sequence=1&isAllowed=y [viitattu 4.12.2023].

Toikko, T. & Rantanen, T. 2009. Tutkimuksellinen kehittämistoiminta. 3. painos. Tampere: Tampereen Yliopistopaino Oy - Juvenes Print.

Työ- ja elinkeinoministeriö. s.a. Energiatehokkuus. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://tem.fi/energiatehokkuus> [viitattu 29.10.2023].

Työturvallisuus. 2023. Metsä Wood. Intranet.

Yleiskatsaus – EU:n energia- ja ilmastotoimet. 2017. PDF-Dokumentti. Saatavissa: https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/LR17_01/LR_ENERGY_AND_CLIMATE_FI.pdf [viitattu 5.11.2023].

Alkuperäisilmaus	Pelkistys	Alakategoria
<p>KK2 ruuhkia eniten risteysasemalla-> modernisoinnin jälkeen omasta ollut aikaisempaa enemmän ja on pohtinut, johtuuko automaattisesta nopeuden säädöstä -> purkurullien ja risteysaseman yhteensopivuus?</p>	<p>risteysasemaruuhkat modernisoinnin jälkeen</p> <p>automaattisäätöjen vaikutus</p>	<p>kunnossapidon tarve</p> <p>asetukset ja lajin vaihdot</p>
<p>KK1 voi parhaiten vaikuttaa omilla toimillaan energian / höyryn kulutukseen, koska säädöt manuaalisesti.</p>	<p>manuaalisten säätöjen vaikutus</p>	<p>asetukset ja lajin vaihdot</p>
<p>Höyrynkulutuksen vaihtelut suuria ja välillä isoja piikkejä lajia vaihtaessa -> suuria eroja operaattoreiden toiminnasta riippuen (kuinka lämpötilaa nostetaan/ höyryventtiiliä suljetaan). Toiset nostaa esim. lämpötilaa 1-2 astetta kerrallaan ja toiset vaihtavat suoraan reseptin uuteen ajettavaan lajiin.</p>	<p>toiminnan vaikutus lajia vaihtaessa</p>	<p>asetukset ja lajin vaihdot</p>
<p>KK3 toiminut nyt hyvin, kun tehty korjauksia. Enää lähinnä lyhyitä katkoksia syötössä huonojen viilujen pois heittämisiksi.</p>	<p>korjauksen jälkeen katkokset lyhyempiä</p>	<p>kunnossapito</p>
<p>Lisäkostutuksen maltillinen käyttö, koska höyrykostutus on käytössä. Lajinvaihtotilanteissa huomioitava maltillisuus eikä voi käyttää pelkästään automaattiohjelmia.</p>	<p>lisäkostutuksen käyttö</p> <p>lajinvaihtotilanteiden maltillisuus</p>	<p>asetukset ja lajin vaihdot</p> <p>asetukset ja lajin vaihdot</p>
<p>Risteysasemahäiriöitä paljon -> purkurullilta toinen viilu jää jälkeen ja laskeutuu päällekkäin toiselta tasolta tulevan viilun kanssa, jolloin joko viilu ei osu vasteeseen tai jää risteysasemalle poikittain</p>	<p>risteysasemahäiriön syyt</p>	<p>kunnossapidon tarve</p>
<p>Toiveena selkeät toimintaohjeet ja hyvää tiedonkulkua asioissa, jotta toimintaa saadaan parannettua. Nyt tunne, että toimintatapoja esim. lajinvaihdossa on yhtä monta kuin käyttäjiäkin, jolla vaikutusta. Toki samoja asioita voi tehdä vaihtaessa monella tapaa, mutta varsin vaikuttaa. Myös kuivauskoneen vauhdilla kokee olleen vaikutusta häiriöiden määrään, jolla voidaan osaltaan vaikuttaa koneen sujuvaan toimintaan ja tasaisempaan höyrynkulutukseen. Esimerkiksi käsin säädetty hiljaisempi vauhti reseptiin on vähentänyt häiriöitä. Hankalaa,</p>	<p>toimintaohjeiden tarve</p> <p>tiedonkulun parantaminen</p> <p>toiminnan vaikutus lajia vaihtaessa</p> <p>kuivaajan vauhdin vaikutus</p> <p>koneen sujuva toiminta</p> <p>käsissäädön vaikutus</p>	<p>toimintaohjeistu</p> <p>kokemus tiedonkulusta</p> <p>asetukset ja lajin vaihdot</p> <p>asetukset ja lajin vaihdot</p> <p>mekaaninen käynnissäpito</p> <p>asetukset ja lajin vaihdot</p>

<p>kun ei näe joka kuivaajalla käytettävän höyryn määrää > toivottavasti päivitetään mittausta, helpottaa kulutuksen seurantaa.</p> <p>Mäntyviilut aiheuttavat usein häiriöitä ja ongelmia koneessa, koska kuivuvat eri tavoin joka vaikuttaa koneessa olevaan kosteuteen ja aiheuttaa linjastolla kulkiessaan ruuhkia.</p>	<p>höyrynkulutuksen seuraaminen</p> <p>viilun laadun vaikutus</p>	<p>mittaamisen tarve</p> <p>häiriöt</p>
--	---	---

ALAKATEGORIAT:

asetukset/säädöt ja lajin vaihdot
toimintaohjeistus
toimintatapa
toiminnan/ työn kehittäminen

YLÄKATEGORIAT:

työmenetelmät

kunnossapidon organisointi
kunnossapito
nossapidettävyys,
kunnossapidon tarve
koneisiin ja laitteisiin investoiminen
mekaaninen käynnissäpito
häiriöt
prosessi osaaminen
työtaturmien vähentäminen

käytettävyys (=toimintavarmuus, kunnossapitovarmuus)

kokemukset tiedonkulusta

työyhteisöviestintä

mittaamisen tarve
laadun varmistus

mittaaminen ja laatutekijät