

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Jarno Mutanen

VIILUN 1-KUIVAUSKONEEN TEHOLLISEN KÄYNTIAJAN JA
TUOTANTOTEHOJEN LISÄÄMINEN

Opinnäytetyö
Kesäkuu 2018



OPINNÄYTETYÖ
Kesäkuu 2018
Konetekniikan koulutusohjelma

Tikkarinne 9
80220 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä
Jarno Mutanen

Nimeke
Viulun 1-kuivauskoneen tehollisen käyntiajan ja tuotantotehojen lisääminen

Toimeksiantaja
UPM Plywood Oy, Joensuun vaneritehdas

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli pyrkiä nostamaan Joensuun vaneritehtaan 1-kuivauskoneen tehollista käyntiaikaa ja tuotantotehoja. Tavoitteena oli selvittää kuivauskoneessa eniten häiriötä aiheuttavat tekijät ja pyrkiä löytämään parannuskeinoja häiriöaikojen pienentämiseksi. Kuivauskoneen sisäisiä kuivausolosuhteita haluttiin myös mahdollisesti parantaa tässä opinnäytetyössä.

Opinnäytetyön pohjatietona käytettiin Joensuun vaneritehtaan omaa tiedonkeruujärjestelmää ja laitetoimittajan tekemää raporttia linjan toiminnasta. Laitetoimittajan raporttia käytettiin tulosten vertailussa. Kuivauskoneen toimintaa seurattiin kahden työvuoron verran, kahtena eri päivänä ja lisäksi tehtiin useampia yksittäisiä käyntejä. Kuivaajassa esiintyneet häiriöt ja niiden kestoajat kirjattiin muistiin myöhempää analysointia varten. Lisäksi kuivauskoneen toiminnasta kerättiin tietoa haastattelemalla kuivauskoneen hoitajaa.

Tutkimustulokset vahvistavat jo olemassa olevaa tietoutta kuivauskoneen toiminnasta ja siihen liittyvistä häiriöistä. Opinnäytetyön lopussa on kerrottu omia ajatuksia kuivauskoneen ongelmista ja esitetty mahdollisia korjaavia toimenpiteitä, joita ei kuitenkaan ehditty testaamaan tämän opinnäytetyön aikana.

Kieli
suomi

Sivuja 66
Liitteet 1

Asiasanat
vaneri, viilu, viulun kuivaus, verkkokuivaaja, seurantatutkimus, haastattelututkimus



THESIS
June 2018
Degree Programme in
Mechanical Engineering

Tikkariinne 9
80220 JOENSUU
FINLAND
+358 13 260 600

Author (s)
Jarno Mutanen

Title
Increasing the Efficient Running Time and Production Rate of the 1-Veneer Dryer
Commissioned by
UPM Plywood Oy, Joensuu Plywood Mill

Abstract

The purpose of this thesis was to increase the efficient running time and production rate of the 1-veneer dryer. The aim was to determine, which factors produce the most malfunctions at the dryer and to find out the remedies to reduce the downtime. Another aim was to possibly improve the interior drying conditions of the dryer.

The initial data for this thesis was the Joensuu Plywood mill's own data acquisition system and the report of the drying line's performance by the equipment supplier. The equipment supplier's report was used in comparing the results. The performance of the dryer was monitored for the duration of two shifts on two different days and several individual visits were also made. The malfunctions at the dryer and their duration were logged for later analysis. In addition, information about the dryer's performance was collected by interviewing the operator of the dryer.

The examination results confirm the existing knowledge about the dryer's performance and the related malfunctions. My own thoughts about the problems with the dryer and some remedies are presented in the end of this thesis. Because the lack of time the remedies were not tested during this thesis.

Language

Finnish

Pages 66

Appendices 1

Keywords

plywood, veneer, veneer drying, veneer dryer, follow-up research, interview research

Sisältö

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Johdanto | 5 |
| 2 | UPM Plywood Oy | 6 |
| 3 | Joensuun vaneritehdas | 7 |
| 4 | Opinnäytetyön rajausta | 8 |
| 4.1 | Lähtötilanne | 9 |
| 4.2 | Vanerin valmistus | 12 |
| 4.3 | Viilun kuivauksen tarkempi kuvaus | 17 |
| 4.4 | Viilun kuivausvirheet | 20 |
| 5 | Verkkokuivauskone | 21 |
| 5.1 | Viilun kuljetuslaitteet | 24 |
| 5.2 | Lämpölaitteet | 24 |
| 5.3 | Kuumen ilman kierrätyslaitteet | 25 |
| 5.4 | Viilun jäähdytyslaitteet | 25 |
| 6 | Aineisto ja menetelmät | 25 |
| 6.1 | Lean yleisesti | 25 |
| 6.2 | Laitetoimittajan raportti | 35 |
| 6.3 | Tiedonkeruujärjestelmä | 35 |
| 6.4 | Seurantatutkimus | 36 |
| 6.5 | Haastattelututkimus | 36 |
| 7 | Tulokset | 37 |
| 7.1 | Tiedonkeruudata | 37 |
| 7.2 | Seurantatutkimuksen tulokset | 40 |
| 7.2.1 | Häiriöseuranta | 41 |
| 7.2.2 | Täyttöaste | 46 |
| 7.2.3 | Kuivauskoneen kunto | 49 |
| 7.3 | Haastattelututkimuksen tulokset | 51 |
| 7.4 | McNaughtin viilun kuivauksen perusteet | 52 |
| 8 | Tulosten analysointi | 54 |
| 8.1 | Tiedonkeruudatan analysointi | 54 |
| 8.2 | Seurantatutkimuksen tulosten analysointi | 55 |
| 8.3 | Haastattelututkimuksen tulosten analysointi | 59 |
| 8.4 | McNaughtin viilun kuivauksen perusteiden analysointi | 60 |
| 9 | Johtopäätökset | 61 |
| 10 | Yhteenveto | 62 |
| | Lähteet | 65 |

Liitteet

Liite 1 Kuivauskoneenhoitajan haastattelu

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö tehtiin toimeksiantona UPM Plywood Oy, Joensuun vaneritehtaalle. Opinnäytetyö rajattiin Joensuun vaneritehtaan 1-kuivauslinjan kuivauskoneeseen. Opinnäytetyössä ei ollut tarkoitus tutkia muita vanerin valmistukseen liittyviä työvaiheita.

Kuivauskoneen tehollista käyntiaikaa ja tuotantotehoja haluttiin nostaa. Kuivaajaan käyntiajasta turhan suuri osa kuluu tuottamattomaan työhön, erilaisten häiriöiden muodossa. Opinnäytetyössä oli tarkoituksena selvittää, mitkä tekijät aiheuttivat eniten häiriöitä kuivausprosessissa ja kuinka näitä voitaisiin mahdollisesti vähentää.

Tuotantoteholla tarkoitetaan kuivausprosessissa sitä, kuinka nopeasti viilu voidaan kuljettaa kuivauskoneen läpi. Tämä tarkoittaa käytännössä kuivauskoneen ajonopeutta. Ajonopeuteen vaikuttavat oleellisesti kuivauskoneen sisäiset kuivausolosuhteet ja viilun loppukosteus, jonka mukaan kuivauskoneen ajonopeutta säädellään.

Opinnäytetyössä kerättiin tietoa erilaisia tiedonkeruumenetelmiä käyttäen. Tehtaan tiedonkeruudataa käytettiin kuivauskoneen nykytilan kartoittamisessa ja tulosten vertailussa. Koneen toimintaa seurattiin kahtena eri päivänä tuotannon ollessa käynnissä ja tehtiin lisäksi useita yksittäisiä käyntejä. Kuivauskoneeseen liittyvistä häiriöistä kerättiin tietoa myös haastatteleamalla kuivauskoneenhoitajaa.

Tutkimustyön tuloksia vertailtiin jo olemassa olevaan tietouteen kuivauskoneen ongelmista ja laitetoimittajan tekemään tutkimusraporttiin kuivauskoneen toiminnasta ja sen kehittämisestä.

2 UPM Plywood Oy

UPM Plywood on maailmanlaajuinen erilaisia pinnoitettuja ja pinnoittamattomia vaneri- ja viilutuotteita valmistava ja toimittava metsäteollisuusyhtiö. UPM Plywood tunnetaan korkealaatuisesta WISA®-vaneri tuotemerkistään, joka valmistetaan tehokkaasti ja ympäristöä kunnioittaen. Wisa tuotemerkin omaava vaneri- tai viilutuote takaa, että tuote täyttää kaikki keskeiset ympäristömääräykset ja tekniset standardit. UPM Plywood valmistaa Wisa®-tuotteita pääsääntöisesti rakentamiseen ja kuljetusvälineteollisuuteen (UPM Plywood Oy 2017c.)

UPM Plywood työllistää 2470 työntekijää ja toimii kymmenessä eri maassa. UPM Plywoodilla on tehtaita yhdeksässä eri maassa ja sen liikevaihto on 444 miljoonaa euroa. (UPM Plywood Oy 2017b.)

Visio, toiminta-ajatus ja arvot

Visio: Uuden metsäteollisuuden edelläkävijänä UPM yhdistää bio- ja metsäteollisuuden ja rakentaa uutta, kestäväää ja innovaatiovetoista tulevaisuutta. Kustannusjohtajuus, muutosvalmius sekä henkilöstömme sitoutuminen ja turvallisuus muodostavat menestyksemme perustan.

Toiminta-ajatus: Luomme lisäarvoa uusiutuvista ja kierrätettävistä raaka-aineista. Hyödynnämme osaamistamme ja teknologiaa kuitu-, energia- ja tekniset materiaalit liiketoiminnassa.

Arvot: Luota ja ole luotettava – Tuloksia yhdessä – Uudistu rohkeasti. (UPM Plywood Oy 2017a.)

3 Joensuun vaneritehdas

Joensuun vaneritehtaan historia alkaa jo vuodesta 1912, jolloin se aloitti lankarullatehtaana. Vuonna 1917 tehdas muutettiin vaneritehtaaksi ja tästä vuotta myöhemmin vanerin valmistus aloitettiin.

Tehdas valmistaa koivuvaneria pääasiassa kuljetusvälineiteollisuuteen ja on erikoistunut kuljetusvälineiden lattioihin ja LNG-alusten eristerakenteisiin. Suurin osa tuotteista jatkojalostetaan erikoispinnoittamalla, työstämällä tai lakkaamalla.

Joensuun tehtaan tuotantokapasiteetti on 55,000 m³ vaneria vuodessa. Vaneritehdas työllistää tällä hetkellä noin 160 henkilöä. (UPM Plywood Oy 2017e.)

Joensuun vaneritehtaan historia

1912 Joensuun rullatehdas aloittaa Sirkkalassa

1917 Itä-Suomen Faneeritehdas Oy perustetaan

1918 Vanerituotanto alkaa

1922 Wilh. Schauman Faneeritehdas Oy omistajaksi, nimi säilyy ennallaan

1930 suurpalo tuhoaa tehtaan

1935 vaneritehtaan uudelleen rakentaminen alkaa

1937 vanerin vuosituotanto ylittää 10 000m³

1973-1990 lastulevytuotanto

2004 UPM-Kymmene Wood Oy

2015 Tehtaan vuosikapasiteetti on 55,000 m³

(UPM Plywood Oy 2017e.)

4 Opinnäytetyön rajaus

Tämä opinnäytetyö tehdään toimeksiantona UPM Plywood Oy, Joensuun vaneritehtaalle. Opinnäytetyön tarkoituksena on parantaa Joensuun vaneritehtaan 1-kuivauslinjan viilunkuivauskoneen toimintaa.

Kuivauskoneen tuottavaa käyntiaikaa saadaan lisättyä, kun kuivauskoneessa esiintyvien häiriöiden määrä saadaan pienemmäksi. Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää kuivauskoneen suurimmat ja yleisimmin esiintyvät häiriöt ja pyrkiä löytämään mahdolliset ratkaisut häiriöiden vähentämiseksi. Häiriöllä tarkoitetaan kuivausprosessissa ongelmaa, joka estää kuivauskoneen kunnollisen ja jatkuvan toiminnan. Häiriö aiheuttaa kuivausprosessissa tuotannollista hukkaa, tuottamattoman työajan muodossa.

Häiriöaikojen vähentämisen lisäksi, opinnäytetyössä oli tarkoituksena parantaa kuivauskoneen tuotantotehoa. Tuotantoteholla tarkoitetaan, kuinka nopeasti viilua pystytään kuivaamaan eli käytännössä kuivauskoneen ajonopeutta. Ajonopeuteen vaikuttaa olennaisesti viilumaton kosteus. Kuivauskoneen ajonopeutta säädetään kosteusmittarin näytön mukaan. Kun viilun loppukosteus nousee, joudutaan koneen ajonopeutta hidastamaan ja päinvastoin. Viilun loppukosteus halutaan tietylle tasolle, jotta viilu soveltuisi myöhemmin liimaukseen.

Joensuun vaneritehtaalla on käytössä kolme viilun kuivauslinjaa ja tämä opinnäytetyö rajattiin 1-kuivauslinjan viilun kuivauskoneeseen. Opinnäytetyössä ei ollut tarkoitus tutkia muita vanerin valmistusprosessiin liittyviä työvaiheita, mutta vanerin valmistusprosessi eri vaiheet on kuvattu lyhyesti tässä opinnäytetyössä.

4.1 Lähtötilanne

Tässä luvussa kerrotaan hieman Joensuun vaneritehtaan kuivauskoneenhoitajan eli leikkaajan työtehtävästä ja työpisteestä. Lisäksi kerrotaan laitetoimittajan tekemistä havainnoista 1-kuivauskoneesta, joita on käytetty lähtötietona tässä opinnäytetyössä.

Leikkaajan työtehtävä

Joensuun vaneritehtaalla on käytössään kolme viilunkuivauslinjaa. Kuivauslinja sijaitsee vanerin valmistuksessa sorvausprosessin jälkeisenä työvaiheena. Kuivauskoneen hoitajaa kutsutaan leikkaajaksi ja hänen vastualueeseensa kuuluvat kuivauskoneet, leikkurit ja kuivaviilun pinkkauslaitteet eli pinkkarit. Leikkaaja valvoo kunkin kuivauskoneen, leikkurin ja pinkkareiden toimintaa.

Leikkaajan työtehtävän helpottamiseksi on asennettu kameroita sellaisiin kohtiin, joissa useimmiten syntyy esimerkiksi ruuhkaa. Leikkaajan työpisteessä on kameroiden kuvaa näyttävät monitorit, joka helpottavat ongelmakohtien seuranta. Kameroiden avulla leikkaaja pystyy nopeasti reagoimaan ja poistamaan ongelman. Leikkaaja tarkkailee kuivauskoneiden arvoja ja tarvittaessa säätää kuivauskoneiden ajonopeuksia kuvan 1 mukaisesta paneelistä.

Kuivauslinja pyörii myös leikkaajan taukojen aikana tauotuskäytännön ansiosta. Näin kuivauskoneita ei tarvitse turhaan pysäyttää ja tuotanto pysyy käynnissä.



Kuva 1. 1-kuivauskoneen säätö- ja näyttöpaneeli. (Kuva: Jarno Mutanen).

Laitetoimittajan havainnot 1-kuivauskoneesta

Laitetoimittaja teki vuonna 2014 sorvaus-kuivauslinjoista tutkimuksen ja sen tavoitteena oli kyseisten linjojen kapasiteetin ja etenkin tuotannon nostaminen. Tätä opinnäytetyötä varten tutkin raportista pelkästään 1-kuivauslinjan viulun kuivauskoneeseen liittyviä havaintoja.

Tutkimusraporttiin on kirjattu lukuisia toimenpiteitä, joilla nykyistä kuivauskoneen tehokkuutta pystyttäisiin mahdollisesti parantamaan, sekä esitetty suositteluvia korjaavia toimenpiteitä.

Laitetoimittaja on raportissaan todennut, että pullonkaulalinjoja ovat sorvauskuivauslinjat. Pääsääntöisesti sorvien kapasiteetti ylittää kuivaajien kapasiteetin. Toisinaan kuivaajille ei riitä märkäviilua, jolloin kuivauskapasiteetti jää hyödynämättä, toteaa laitetuimittaja raportissaan. (UPM Plywood Oy 2014d.)

Kapasiteetin parantaminen

Kuivauksen kapasiteettia voidaan laitetoimittajan mukaan parantaa:

- Nostamalla:
 - o käyntiaikaa
 - o täyttöastetta
 - o lämpötilaa
 - o puhallusnopeutta
 - o viilun alkulämpötilaa
 - o viilun loppukosteutta
- Laskemalla:
 - o sisäilman kosteutta

(UPM Plywood 2014d.)

Käyntiajan nostamiseksi laitetoimittaja on esittänyt, että viikoittaista työtuntimäärää lisättäisiin ja että maanantain huoltoseisokki siirrettäisiin viikonlopulle. Laitetoimittajan mukaan linjalla esiintyvien häiriöiden vähentäminen on edullisin tapa nostaa käyntiaikaa. (UPM Plywood Oy 2014d.)

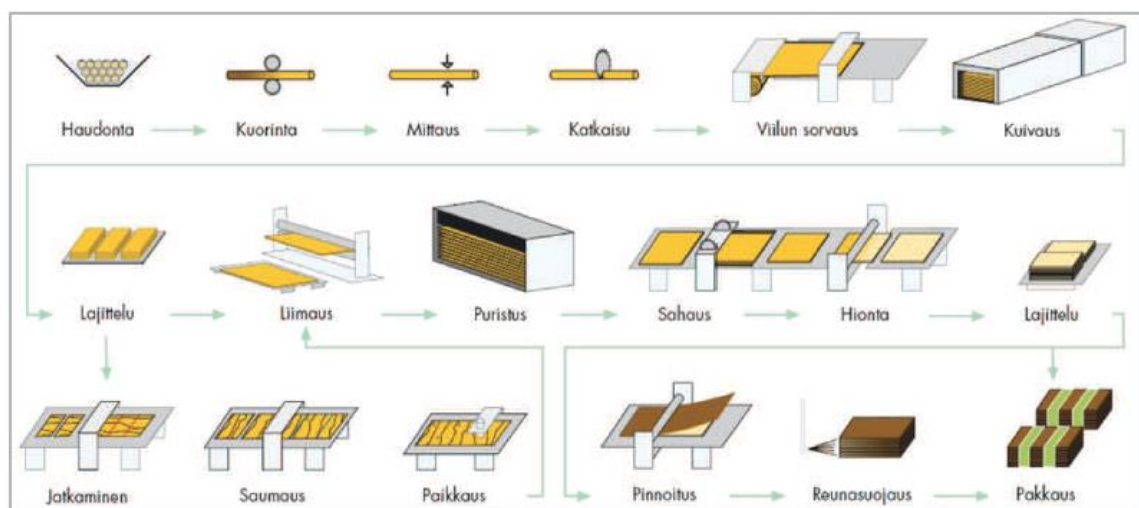
Kuivaajan täyttöaste on laitetoimittajan havaintojen mukaan vajaa ja että sitä voidaan merkittävästi parantaa. (UPM Plywood Oy 2014d.)

Kuivaajan lämpötilan nostaminen lisäisi kuivaajan kapasiteettia, mutta vaatisi mittavia muutostöitä, jotta höyrynpainetta voitaisiin kasvattaa. (UPM Plywood Oy 2014d.)

Laitetoimittajan mukaan nykyiset kosteusmittarit voitaisiin korvata uudemmilla ja tarkemmilla mittareilla, jolloin kuivauskonetta pystyttäisiin tarkemmin säätämään ja viilun loppukosteus olisi paremmin hallinnassa. (UPM Plywood Oy 2014d.)

4.2 Vanerin valmistus

Vanerin valmistus tapahtuu prosessimaisina valmistusvaiheina tukista viiluksi ja siitä edelleen vanerilevyksi. Valmistuksessa pyritään ottamaan raaka-aine talteen mahdollisimman tehokkaasti. Tärkeää on myös varmistaa lujuus- ja laatuvaatimusten täyttyminen kaikissa vanerin valmistusvaiheissa. Vanerin tuotantoprosessi on pitkä ja monivaiheinen, mutta hyvin pitkälti automatisoitua, operaattoreiden valvomana ja sujuvan käytön varmistamana. (Varis 2017, 47.)



Kuva 2. Vanerin valmistusvaiheet. (UPM Plywood Oy 2017e).

Tukkien vastaanotto

Raaka-aineen hankinnan jälkeen tukit kuljetetaan tehtaille yleensä auton tai junan kyydissä, jonka jälkeen ne vastaanotetaan ja puretaan suoraan varastokentälle. Kyydistä tukkuormat puretaan yleensä tukkikentällä liikkuvilla mobiilinos-
tureilla, pyöräkuormaajilla tai kurottajilla. Samoilla koneilla hoidetaan myös tarvittavat tukkien siirrot tukkikentällä, muun muassa tukkien siirtäminen hautomo-
altaaseen. (Varis 2017, 48.)

Tukkien haudonta

Vaneriteollisuudessa tukit pehmennetään haudonnan avulla, joka nostaa samalla tukin sisälämpötilaa, parantaen sorvauksen ja syntyvän viilun laatua. Lämpö ja kosteus lisäävät puun elastisuutta ja myös tiukkasyiset oksat ovat pehmeämpiä ja helpommin sorvattavissa. Suomessa yleisin tukkien haudontamenetelmä on lämminvesihautomoallas, jossa haudontalämpötila koivutukeilla on 40–50 °C. Normaali haudonta-aika on noin vuorokausi. Hautomoaltaan vesi lämmitetään kuivauskoneiden poistoilmaa hyödyntäen. (Varis 2017, 49–50.)

Tukkien kuorinta

Hautomoaltaasta tukit nostetaan tukkikuljettimelle, jota pitkin ne kuljetetaan kuorintaosastolle. Kuorinnan tarkoituksena on puhdistaa tukit mahdollisimman puhtaaksi puunkuoresta ja poistaa samalla tukkeihin mahdollisesti tarttunut hiekka ja pienet kivet, jotta ne eivät vahingoittaisi sorvauksessa teriä. Tukeista poistettu kuori käytetään energiantuotannossa hyödyksi. (Varis 2017, 52.)

Tukkien katkaisu

Kuorinnan jälkeen tukit ajetaan katkaisupöydälle vasteisiin ja katkotaan haluttuihin sorvipöllipituuksiin. Suomessa yleisimmin käytetyt pöllipituudet ovat 130 cm (50”), 160 cm (60”) ja 260 cm (100”). Katkaisussa käytetään kiinteitä vasteita, kun halutun pöllin pituus on vakio. Erimittaisia pöllejä ajettaessa käytetään servo-ohjattuja vasteita, jotta pölli saadaan katkaistua haluttuun mittaan. Itse katkaisu tapahtuu automatisoiduilla heiluri- tai ketjusahoilla. (Varis 2017, 54.)

Viilun sorvaus

Katkaisusta pöllit siirretään sorvaukseen kolakuljettimia pitkin. Sorvauksessa pölliä pyöritetään karoissa ja viilumatto sorvautuu leikkuuterän ja yläpuolella sijaitsevan kiinteän vastaterän muodostamasta raosta. Viilumatto voi olla useita kymmeniä metrejä pitkää, riippuen tietysti sorvattavan pöllin halkaisijasta. Viilu-

matto ohjataan sorvauksesta joko leikkaukseen ja märkänä pinkattavaksi tai suoraan kuivaukseen. Sorvattavan koivuviilun nimellispaksuus märkänä on 1,5 mm. Alussa pöllistä sorvataan muutama kierros pois, jotta pöllistä tulee puhdas ja sorvattavasta viilumatosta mahdollisimman ehjää. Sorvauksen lopussa jäljelle jää enää puun keskiosa, jota kutsutaan purilaaksi. Purilaat putoavat karojen auettua sorvin alapuolella olevalle kuljettimelle ja päätyvät haketettavaksi. Purilaan halkaisija voi olla pienimmillään noin 55 millimetriä. (Varis 2017, 55–59.)

Viilun kuivaus

Tukkien haudonnan tuloksena, pölleistä sorvattu viilu on vielä kosteaa ja kuivauksen tarkoituksena on saattaa viilun kosteus, vanerin liimaukseen soveltuvaan kosteustasoon. Fenolipohjaisia liimoja käytettäessä tavoitekosteus koivuviilulla on 4–6 prosenttia. (Varis 2017, 63–67.)

Vaneritehtailla on käytössä kahden tyyppisiä kuivaajia tela- ja verkkokuivaajia. Periaatteena kummasakin on poistaa viilusta vettä käyttämällä apuna lämpöä ja kiertävää ilmaa (Varis 2017, 63–67). Joensuun vaneritehtaalla on käytössä pelkästään verkkokuivauskoneita, joten telakuivauskoneiden toimintaa ei käsitellä tässä opinnäytetyössä.

Verkkokuivauskoneessa viilumatot kulkevat teräsverkkojen välissä useammissa kerroksessa ylhäältä alaspäin, samalla kun niiden ylä- ja alapinnalle puhalletaan tasaisesti kuumaa ilmaa suutinlaatikoiden kautta. Koivuviilun kuivauslämpötila on yleisesti noin 165–190 °C. Perinteisesti kuivausilman lämpö tuotetaan höyryllä, joka kierrätetään puhaltimien avulla pattereiden läpi ja sitä kautta suutinlaatikoihin. Kuivaajan ajonopeutta säädetään tarkkailemalla viilun loppukosteutta. Kuivaajan alimmassa kerroksessa viilumatto jäähdytetään ja kuljetetaan hihnakuljettimilla kohti leikkuria. Leikkurissa viilumatto leikataan ja lajitellaan laatuluokkiin. (Varis 2017, 63–67.)

Viilun leikkaus

Verkkokuivauskoneen jälkeen on leikkaus ja lajittelulinja. Leikkurille mennessä viilumatosta otetaan automaattisella tunnistimella viilun kosteus ja konenäköön perustuva kamera lajittelee viilut laatuluokkiin. Tämän jälkeen leikkuri leikkaa viilumaton arkeiksi ja saumauskappaleiksi (jonteiksi), sekä huonolaatuiset kohdat haketettavaksi. Viiluarkit ja saumauskappaleet lajitellaan ja kuljetetaan automaattisesti omiin laaturyhtiinsä. (Varis 2017, 67.)

Viilun saumaus

Sorvauksesta saatu viilu pyritään käyttämään mahdollisimman tehokkaasti hyödyksi. Saumauksessa leikkurilta leikatut erikokoiset viilukappaleet eli ”jontit” liitetään toisiinsa puunsyiden suunnassa vierekkäin, jolloin saadaan halutun mittaisia viiluarkkeja. Yleensä saumattuja viiluarkkeja (kutsutaan myös kuiva viiluiksi) käytetään niin sanotusti sisäviiluinä, mutta saumatun pintaviilun valmistamiseenkin löytyy tekniikoita. (Varis 2017, 71.)

Viilun jatkaminen

Vanerin rakenne koostuu niin sanotusta ristikkäisrakenteesta. Tätä rakennetta varten tarvitaan valmiin levyn mittaisia pitkiä sisäviiluja, jossa puunsydyt ovat levyn pituuden suunnassa. Tätä varten viilut on jatkettava syiden suunnassa peräkkäin viistolimasaumauksella. Jatkettujen koivuviiluarkkien tarve koko viilumäärästä on noin 45 prosenttia, koska ristikkäisrakenne vaatii, että joka toinen kerros on jatkettua liimaviilua. (Varis 2017, 74.)

Viilun paikkaus

Vanerin valmistuksessa pintaviilun saanto on erittäin tärkeässä osassa, sillä pintaviilua käytetään nimensä mukaan vanerin näkyvissä pintakerroksissa. Tarvittavaa virheetöntä pintaviilua ei kuitenkaan saada riittävästi, joten virheet joudutaan paikkaamaan. Yleensä koivuviilussa esiintyvät ja korjauskelvolliset virheet ovat erilaisia oksankohtia. (Varis 2017, 77.)

Ladonta ja liimaus

Ladonnassa alkaa varsinainen vanerin kokoaminen. Siinä pohjalle asetetaan vasteita vasten pintaviilu, jonka jälkeen ”ladotaan” vuoron perään saumattuja ja jatkettuja viiluarkkeja. Kaikkien sisäviilujen yläpinnalle levitetään joko fenoli- tai ureapohjaista liimaa. Yleisesti liiman levitykseen käytetään tela- tai valssilevitystä, muita levitystapoja ovat esimerkiksi verho- ja juovalevitys. Ladonnassa on tärkeää, että viiluarkit asemoidaan tarkasti vasteita vasten, sillä niin sanottua ”kovaa reunaa” käytetään myöhemmin levyn kohdistamiseen. Viiluarkkeja kasataan riittävä määrä päällekkäin, jotta haluttu levyn paksuus saavutetaan. Lopuksi rakenteen pinnalle asetetaan pintaviilu. Ladonnassa useita vaneriaihioita kasataan päällekkäin ja siirretään rullakuljettimilla kohti esipuristusta. Tätä aihio pinoa kutsutaan ladelmaksi. (Varis 2017, 80–85.)

Puristus

Ladonnan jälkeen ladelman ”esipuristetaan”, jotta liima tarttuisi viiluihin paremmin eikä pääsisi kuivumaan ennen varsinaista kuumapuristusta. Esipuristuksessa ei käytetä ollenkaan lämpöä vaan ladelmaa puristetaan kasaan hydraulisyliinterien avulla ja samalla vaneriaihiot saavat levymäisen muodon. Esipuristuksen jälkeen vaneri aihiot siirretään 25–50 puristusväliseen kuumapuristimeen, jossa jokainen vaneriaihio puristetaan omassa välissään. Siinä viilujen liimaus tapahtuu korkean lämpötilan ja paineen avulla. Yleisesti vanerin valmistuksessa käytetty liima vaatii kovettuaakseen yli 100 °C lämpötilan ja esimerkiksi fenolipohjainen liima jopa 170 °C lämpötilan. Luonnollisesti puristusaika riippuu puristetta-

van levyaihion paksuudesta ja puristuksessa käytettävä paine koivuvaneriilla on 15–20 baaria. (Varis 2017, 86–87.)

Viimeistely

Vanerilevyjen reunat ovat puristuksen jälkeen epätasaisia ja niissä on liimapur-seita. Sahauksessa levyt asemoidaan ladonnassa saatujen ”kovien reunojen” mukaan ja levyjen reunat sahataan suoriksi. Sahauksesta vanerilevyt siirretään hiontaan, jonka jälkeen niistä tarkistetaan mahdolliset laatuvirheet. Hyväksytyt vaneri levyt pakataan ja varastoidaan odottamaan asiakkaalle toimitusta. (Varis 2017, 90.)

Pinnoitus

Käyttökohteen mukaan vanerilevyt voidaan vielä pinnoittaa ja reuna maalata ennen pakkaamista, jolloin parannetaan vanerin kosteuden kestävyttä. Vaneri-levyjen pinnoittamisessa käytetään myös lakkaamista. (Varis 2017, 98.)

4.3 Viilun kuivauksen tarkempi kuvaus

Puun rakenne koostuu erilaisista soluista ja näillä soluilla on oma tehtävänsä puun kasvussa. Puu tarvitsee kasvaakseen erilaisia ravintoaineita. (Koponen 2002.)

Nämä tärkeät ravintoaineet saadaan siirtymään juurista aina lehtiin saakka, koska puun rakenteessa on suurin osa rungon suuntaisia soluja, joita pitkin ra-vintoaineet kulkevat. Puun pinnan nilakerroksesta nesteitä ohjataan muihin so-luihin ns. ydinsäteiden avulla. (Koponen 2002, 49.)

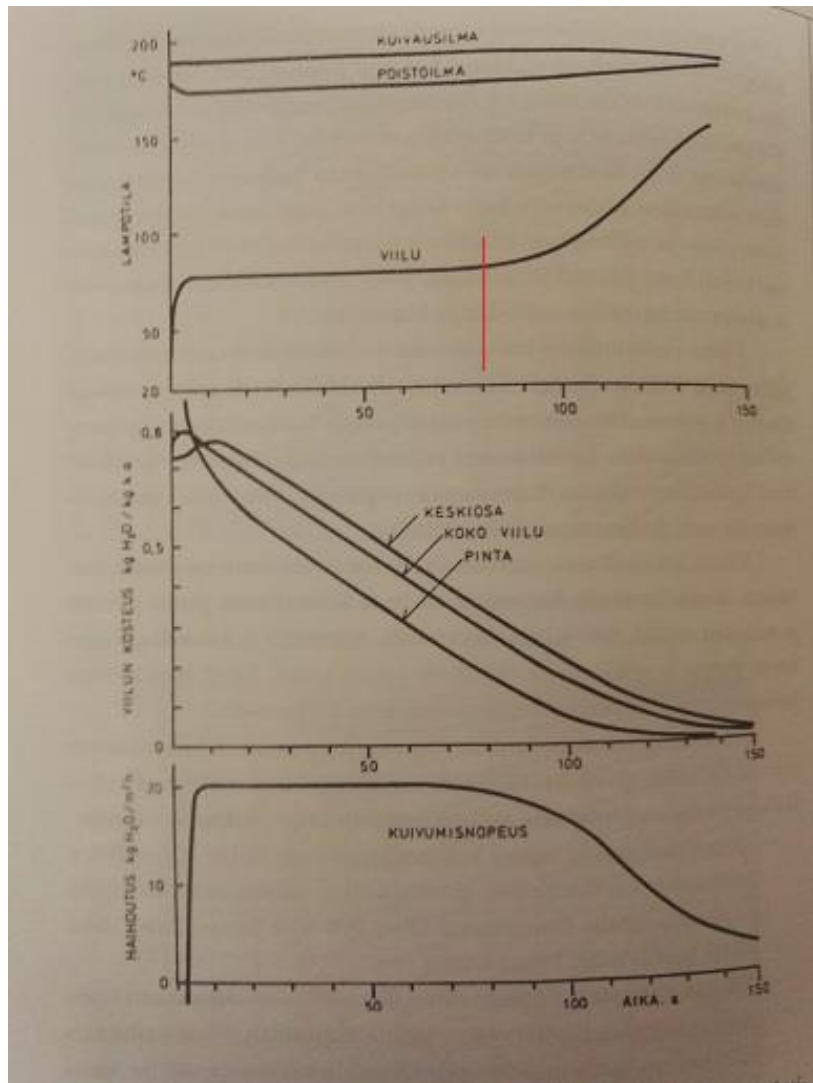
”Viilun kuivaus perustuu puun hygroskooppisuuteen, ts. puun ominaisuuteen asettua ympäröivän ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden edellyttämään tasapainotilaan” (Koponen 2002, 49).

Viilun kuivauksessa käytetään lähes 200 °C:n lämpötilaa, koska lämpötilaa kasvatettaessa edellä mainittua tasapainotilaa saadaan laskettua. Kuivauksessa puun soluissa esiintyvä vesi poistuu ensimmäisenä soluonteloista, kunnes puunsiyöt saavuttavat niin sanotusti kyllästymispisteensä. Tämän jälkeen poistuu solujen seinämiin sitoutunut vesi ja tämä haihtuminen aiheuttaa puun kutistumisen. Kotimaisilla puulajeilla kyllästymispiste on noin 30 %. (Koponen 2002, 49.)

Sorvatulla koivuviilulla kutistuma viilun tason suunnassa on noin 8 %, kun viilun loppukosteus on 5 %. Viilun kutistuminen vaikuttaa merkittävästi kuivauskoneen ajonopeuteen, sillä koneen nopeus on sovitettava niin, ettei viilu pääsisi turhaan rikkoutumaan kuivauksen aikana. Viilun alkukosteudella on suuri merkitys viilun kuivumisprosessissa. Viilun kuivausprosessi voidaan Koposen mukaan jakaa kolmeen vaiheeseen, 1) viilun lämpötilan nostaminen, 2) varsinainen viilun kuivuminen, 3) viilun jäähdyttäminen. (Koponen 2002, 51.)

Viilun kuivausprosessiin vaikuttavat Koposen (2002, 51) mukaan seuraavat fyysiset ilmiöt:

- Viilun lämpötilan nousu kuivausilman lämpötilan suhteellisen kosteuden edellyttämälle tasolle, jolloin varsinaista kuivumista ei juuri tapahdu. Kuivattaessa lähes 200 °C:n lämpötilassa, tämä vaihe kestää noin 10 sekuntia.
- Viilun kuivausvaihe, jolloin viilun lämpötila on voimakkaan haihtumisen vuoksi lähellä veden kiehumispistettä. Tässä vaiheessa viilu kuivuu hyvin nopeasti ja jokseenkin vakionopeudella puunsiyiden kyllästymispisteeseen.
- Viilun kuivuminen kyllästymispisteen alapuolella on hitaampaa ja viilun lämpötila alkaa lähestyä kuivausilman lämpötilaa. Tämä vaihe alkaa kuvan 3 ylimmässä kuvaajassa noin 80 sekunnin kohdalla kuivauksen alkamisesta.
- Viilujen jäähdyttäminen käsittelylle sopivaksi. Tässä vaiheessa tasaantuvat myös viilun ulko- ja sisäkerrosten väliset kosteuserot ja viilun epätasaisuutta aiheuttavat kuivausjännityksen pienenevät.



Kuva 3. Viilun käyttäytyminen kuivauksessa ajan suhteen. (Koponen 2002).

Koposen (2002, 52) mukaan tärkeimmät viilun kuivumisaikaan vaikuttavat tekijät ovat:

- kuivausilman lämpötila
- kuivausilman suhteellinen kosteus
- ilman puhallusnopeus viilun pintaa vastaan
- puun kosteuspitoisuus kuivauksen alkaessa
- viilun loppukosteus
- puulaji
 - o solurakenne
 - o tilavuuspaino
 - o pinta- ja sydänpuu

Viilun kuivumisaikaa pystytään Kopsen (2002, 53) mukaan merkittävästi lyhentämään, kun nostetaan kuivausilman lämpötilaa. Vaarana kuitenkin on viilun tummuminen ja suoranainen palaminen. Kuivumisaikaa voidaan lyhentää myös laskemalla kuivausilman suhteellista kosteutta, mutta viilu saattaa mennä helposti liian koppuraiseksi, jolloin laatu kärsii. Tämän vuoksi kuivaus tapahtuu ilman suhteellisella kosteudella. Kopsen mukaan, mitä pienempi tilavuuspainoinen tuore puu on, sitä enemmän se sisältää vettä. Tuoreen koivupuun kosteuspitoisuus on keskimäärin noin 70 %, eli sisältää vettä noin 410 kg / m³. (Koponen 2002, 53.)

4.4 Viilun kuivausvirheet

Loppukosteuden epätasaisuus

Viilun loppukosteuden epätasaisuus johtuu tavallisimmin kuivattavien viilujen alkukosteus eroista, kun viilusta haihtuu erimäärä vettä viilun eriosissa. Kuivausilman nopeuden korotuksella voidaan tasoittaa pienemmät loppukosteus erot. (Aho & Hillu 1964, 668.)

Viilujen aaltoilu

Aaltoilu johtuu lähinnä puussa olevista rakenteellisista eroista, kuten oksien kohdista. Näissä kohdissa viilu kutistuu eri tavalla ja aiheuttaa siten aaltoilua. Viilun kosteuserot aiheuttavat myös aaltoilun muodostumista. Kuivausilman puhallusnopeuden kasvatuksen on todettu pienentävän aallon muodostumista. (Aho & Hillu 1964, 669.)

Reuna-aaltoilu

Yleisimmin esiintyvä viilunkuivumisvirhe on viilun leveyden suuntainen reuna-aaltoilu. Tämän kaltainen laatuvirhe ilmenee liimauksen yhteydessä, liiman levityksen hankaloitumisena ja viilun reunan halkeiluna puristuksessa. J. F. Lutz:n tutkimuksen mukaan, reuna-aaltoilu johtuu viilun reunojen nopeammasta kuivumisesta keskiosaan verrattuna. Laboratorio-olosuhteissa reuna-aaltoilu on saatu estetyksi kuivaamalla viilut siten, että reunat ovat ½” limittäin. (Aho & Hillu 1964, 669.)

Viilun tummuminen

Kuivauksen aikana koivuviilu pyrkii hieman tummumaan. Tummumisasteen suuruuteen vaikuttavat kuivausilman lämpötilan suuruus, ilman suhteellinen kosteus sekä kuivumisajan pituus. Lehtipuiden rakenteessa tapahtuu muutoksia, kun lämpötila nousee yli 60 °C ja havupuilla yli 90 °C. Lyhyillä kuivausajoilla pystytään kuitenkin huomattavasti korkeampia lämpötiloja käyttämään, koska tummumisreaktion syntymiseen tarvitaan aikaa. (Aho & Hillu 1964, 670.)

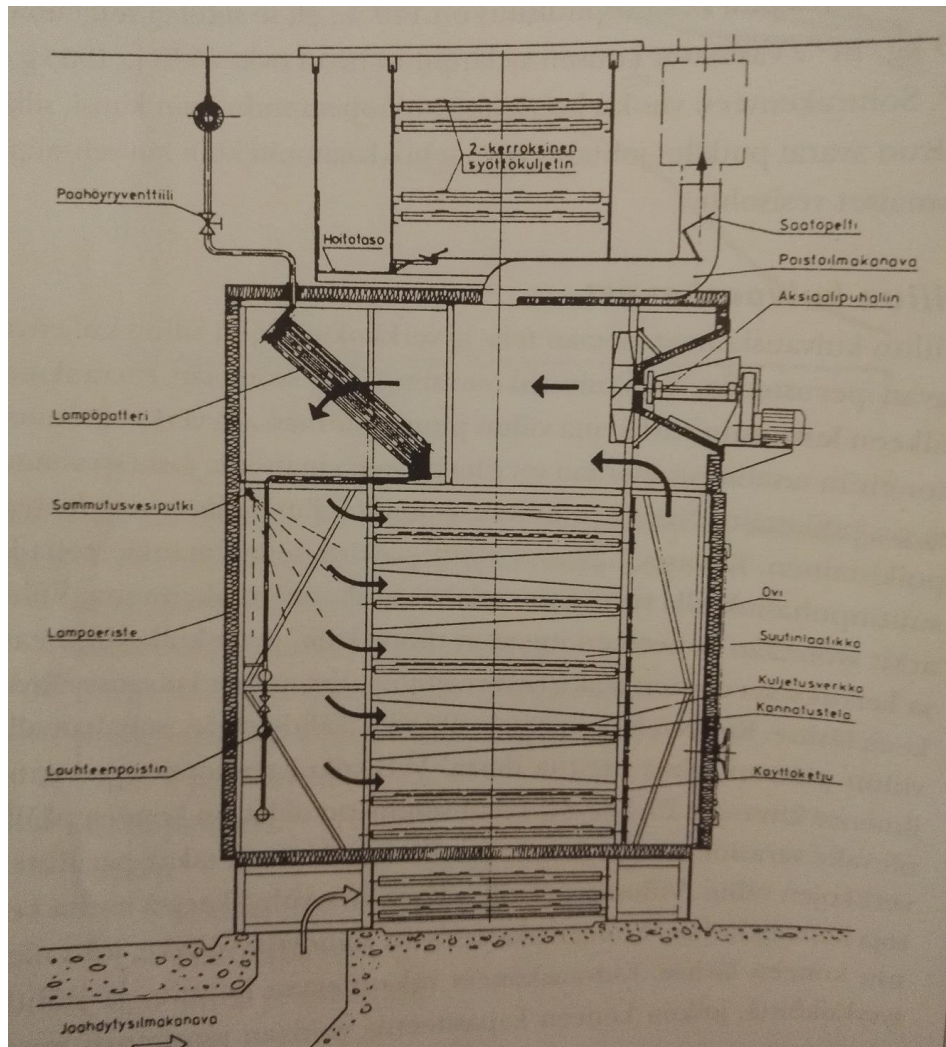
5 Verkkokuivauskone

Viilun kuivauksessa käytetään kahden tyyppistä kuivauskonetta, tela- ja verkko kuivaajaa. Tässä opinnäytetyössä keskitytään verkkokuivauskoneeseen, sillä Joensuun vaneritehtaalla on käytössään viilun verkkokuivausmenetelmään perustuvia koneita.

Pöllistä sorvattu viilumatto ohjataan suoraan verkkokuivauskoneen päällä oleville kerroskuljettimille (varastokuljetin), joista vuoron perään viilua syötetään itse kuivauskoneeseen. Viilumatto kulkee kuivauskoneessa verkkoparien välissä lämmitysvyöhykkeiden läpi useita kertoja. Lämmitysvyöhykkeiden jälkeen viilu-

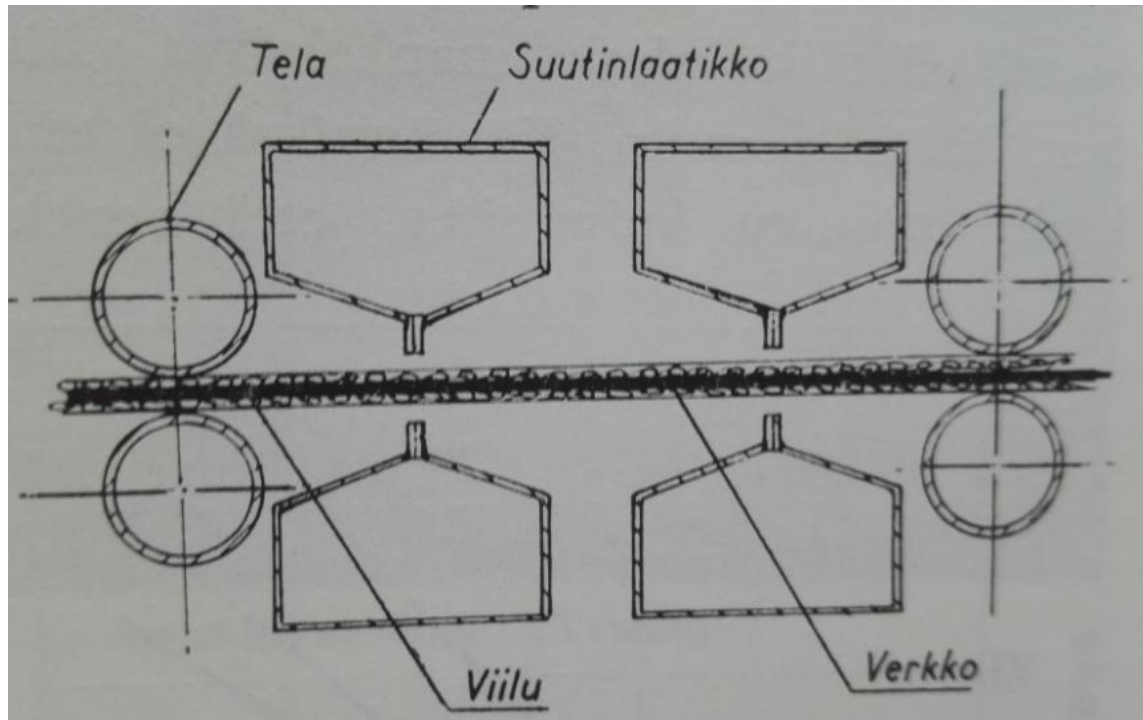
matto kulkee koneen alaosassa olevan jäähdytysvyöhykkeen läpi, jolloin kosteuserot hieman tasoittuvat viilumaton eri osissa. (Koponen 2002, 53–54.)

Kuvasta 4 nähdään sivuttaispuhallusmenetelmään perustuvan verkkokuivauskoneen toimintaperiaate.



Kuva 4. Poikittaispuhalluksella varustettu verkkokuivauskone. (Koponen 2002).

Kuivausilma puhalletaan suutinlaatikoiden kautta viilun ylä- ja alapintaan.



Kuva 5. Periaatekuva suutinpuhalluksesta verkkokuivauskoneessa. (Aho & Hillu 1964, s.687).

Suutinlaatikoilla saadaan aikaan suuri ilmannoisuus ja pyörteisyys, jotka parantavat kosteuden siirtymistä viilun pinnasta ilmaan ja nopeuttavat viilun lämpenemistä. Kuivauskoneessa kiertävä ilma lämmitetään puhaltamalla se lämpöpattereiden läpi, jotka sijaitsevat koneen yläosassa (kuva 4). Viilun kuivaukseen käytetty lämpöenergia on noin 60–70 % koko vaneritehtaalla käytettävästä lämpöenergiasta. (Koponen 2002, 54–55.)

”Kuivauskoneen käyntiä valvotaan mittaamalla viilun alku- ja loppukosteutta, kiertoilman lämpötilaa ja suhteellista kosteutta, kiertoilman puhallusta, poistoilman lämpötilaa ja suhteellista kosteutta sekä kuivauskoneen nopeutta” (Koponen 2002, 55).

Viilun loppukosteudessa ei saisi olla suuria heittoja, jotta kuivaus saataisiin optimitasolle. Viilun keskimääräisenä loppukosteutena pidetään noin 6 %, jolloin viilu soveltuu myöhemmin liimaukseen. (Koponen 2002, 55.)

5.1 Viilun kuljetuslaitteet

Sorvilta viilumatto kuljetetaan kuivaajan päällä oleville kerroskuljettimille, jotka toimivat kuivaajan puskurivarastoina. Kerroskuljettimilta viilumattoa syötetään kuivauskoneen ylimpään kerrokseen ja viilumatto kuljetetaan kahden teräsverkon välissä. Kuljetusverkko muodostuu litteästä spiraalilangasta ja terässauvoista. Litteä lanka lisää verkon ja telan sekä verkon ja viilun välistä kitkaa. (UPM Plywood Oy 2017h.)

Kuljetusverkkoja ohjataan ohjaustelaa kääntämällä, pneumaattisesti toimivan sylinterin avulla. Verkkojen ajautuessa liian reunaan rajakytkin aktivoituu ja lähettää impulssin sylinterille, joka kääntää telaa niin, että verkko alkaa palautua oikeaan asemaansa. Ohjaustela palautetaan lähtöasentoonsa, kun oikea asema on saavutettu. (UPM Plywood Oy 2017h.)

Jäähdytyskerroksessa viilumatto kuljetetaan leveiden kuljetushihnojen ja paininhihnojen välissä (UPM Plywood Oy 2017h.).

5.2 Lämpölaitteet

Viilun kuivuminen tapahtuu pääosin kiertävän ilman vaikutuksesta. Kuivaajan sisällä kiertävä ilma lämmitetään puhaltamalla ilma höyrypattereiden läpi. Patterit sijaitsevat kuivaajan yläosassa kuivauskerrosten yläpuolella. Patterin rakenne muodostuu yhteen hitsatuista ripaputkiriveistä. (UPM Plywood Oy 2017h.)

Höyry kuljetetaan päähöyryputkesta pattereihin käsiventtiileillä varustettuja jakoputkia pitkin. Lauhdevesi poistetaan pattereista lauhdeveden kokoajaputkeen liitetyillä lauhteenpoistimilla ja näitä ennen kullakin patterilla on takaiskuventtiili. (UPM Plywood Oy 2017h.)

5.3 Kuuman ilman kierrätyslaitteet

Kuivaajan sisällä kiertävä ilma saadaan liikkeelle potkuripuhaltimien avulla, joita on yksi kennoa kohti. Ilma puhalletaan pattereiden läpi suutinlaatikoihin, joista se purkautuu suutinreikien kautta suurella nopeudella kohtisuoraan viilun pintaan. Telojen ja suutinlaatikoiden väliin jäävän tilan kautta ilma palaa takaisin puhaltimille ja aloittaa uuden kierron. Osa kosteasta ilmasta ohjautuu kuivaajien katossa oleviin poistokanaviin, joissa on käsin säädettävät ilmaläpät. (UPM Plywood Oy 2017h.)

5.4 Viilun jäähdytyslaitteet

Viilun jäähdyttäminen tapahtuu kuivauskoneen alimmassa kerroksessa. Jäähdytysilma tuodaan ulkoa kuivaajan lattian alapuolella sijaitsevia kanavia pitkin ja puhalletaan jäähdytyskuljettimella kulkevaan viiluun. Osa jäähdytys ilmasta purkautuu kuivaajan päädyistä jäähdyttäen samalla käyttö-, ja taittopään laakereita. Osan tästä purkautuneesta ilmasta kuivaaja imee kuumanosan päädyissä olevien aukkojen kautta, kuivausilmasta poistuneen ilman tilalle. (UPM Plywood Oy 2017h.)

6 Aineisto ja menetelmät

6.1 Lean yleisesti

Lean on asiakaslähtöisen prosessijohtamisen malli, joka perustuu tuotannon virtauksen maksimoimiseen ja samalla hukan eliminoimiseen. Lean tunnetaan

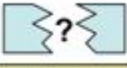




yleensä hukan poistomenetelmänä, vaikka sen perimmäinen tarkoitus on läpimenoajan lyhentäminen. Käytännössä läpimenoajan lyhentäminen tarkoittaa nopeuden kasvattamista, joka on yksi Leanin keskeisistä päätavoitteista. (Six Sigma 2017a.)

Käsitteenä Lean liitetään yleensä ensimmäisenä Toyotaan, sillä se pohjautuukin alkujaan Toyotan tuotantosysteemiin. Nykypäivänä Leania käytetään monissa yrityksissä. (Six Sigma 2017a.)

Lean sisältää paljon erilaisia konsepteja, teorioita ja työkaluja tuotannon kehittämiseen. Leanin työkalut eivät itsessään ratkaise ongelmia, vaan työkalujen tarkoituksena on etsiä prosesseista ongelmat ja tuoda ne esille. (Six Sigma 2017a.)

DMAIC

DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control eli suomeksi määrittely, mittaus, analysointi, parannus, ohjaus) on Lean Six Sigman ongelmanratkaisumenetelmä, jolla pyritään yksinkertaisesti parantamaan prosessien suorituskykyä. Kuvassa 6 on esitetty prosessin parantamisen viisi edellä mainittua vaihetta ja niiden toimenpiteet. (six sigma 2017c.)

| PROSESSIN PARANNUS LEAN SIX SIGMALLA | | |
|--|--|--|
| Lean Six Sigman vaiheet | Prosessin parannus | Prosessin suunnittelu/uudelleen suunnittelu |
|  1. MÄÄRITTELY | <ul style="list-style-type: none"> Tunnista ongelma Määrittele vaatimukset Aseta tavoite | <ul style="list-style-type: none"> Tunnista onko suppeat vai laajat ongelmat Määrittele tavoite/muutos visio Selkeytä ongelman laajuus ja asiakasvaatimukset |
|  2. MITTAUS | <ul style="list-style-type: none"> Kelpuuta ongelma/prosessi Viimeistele ongelma/tavoite Mittaa avainkohdat/inputit | <ul style="list-style-type: none"> Mittaa vaatimusten suorituskyky Kerää prosessin hyötysuhteen määrittelyssä tarvittavaa dataa |
|  3. ANALYSOINTI | <ul style="list-style-type: none"> Luo syy-seuraus hypoteesi Tunnista keskeiset ydinsyyt Kelpuuta hypoteesit | <ul style="list-style-type: none"> Tunnista "paras käytäntö" Arvioi prosessisuunnitelmaa <ul style="list-style-type: none"> arvon/ei-arvon lisäys pullonkaulat/katkokset vaihtoehtoiset "polut" Viimeistele vaatimuksia |
|  4. PARANNUS | <ul style="list-style-type: none"> Luo idea, kuinka ydinsyyt poistetaan Testaa ratkaisu Standardisoi ratkaisu Mittaa tulos | <ul style="list-style-type: none"> Suunnittele uusi prosessi <ul style="list-style-type: none"> haasteelliset oletukset käytä luovuutta virtausperiaate Toteuta uusi prosessi, rakenteet ja systeemit |
|  5. OHJAUS | <ul style="list-style-type: none"> Luo standardimittaukset ylläpitämään suorituskykyä Korjaa ongelmat, jos niitä syntyy | <ul style="list-style-type: none"> Luo mittaukset ja katselmoi ylläpitääksesi suorituskykyä Korjaa ongelmat, jos niitä syntyy |

Kuva 6. DMAIC menetelmän vaiheet. (Six Sigma 2017c.)

DMAIC ongelmanratkaisuprosessi etenee hyvin järjestelmällisesti kohti itse juurisyitä. Ensimmäisessä vaiheessa (D) tunnistetaan ja rajataan ongelmat ja asetetaan niille tavoitteet. (Six Sigma 2017c.)

Toisessa vaiheessa (M) vahvistetaan ensimmäisessä vaiheessa löydetty ongelmat ja etsitään mahdolliset ongelman aiheuttajat. (Six Sigma 2017c.)

Kolmannessa vaiheessa (A) analysoidaan kerättyä tietoa ja sen perusteella pyritään löytämään tekijät, jotka aiheuttavat ongelmia prosessissa. (Six Sigma 2017c.)

Neljännessä vaiheessa (I) etsitään prosessin ongelmaan ratkaisu, jonka jälkeen testataan ratkaisun toimivuus prosessissa. (Six Sigma 2017c.)

Viidennessä vaiheessa (C) varmistetaan, että prosessissa havaittu ongelma pysyy poissa myös kehitysprojektin jälkeen. (Six sigma 2017c.)

KNL/OEE- luku

KNL eli *käytettävyys, nopeus ja laatu* tarkoittaa samaa kuin englanninkielinen termi *Overall Equipment Effectiveness* eli OEE. KNL/OEE-lukua käytetään tuotannon tehokkuutta mittaavana tunnuslukuna. Sen avulla voidaan seurata ja kehittää yksittäisen tuotantokoneen tai jopa koko tuotantolaitoksen tehokkuutta. (Arrow engineering 2015.)

OEE kuuluu osaksi TPM (*Total Productive Maintenance*) eli (kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito) ajattelutapaa. TPM:llä pyritään saavuttamaan mahdollisimman virtaava tuotanto ilman turhia konerikkoja tai muita pysähdyksiä. TPM on kehitetty 1970-luvun alkupuolella Japanissa, jolloin OEE-tunnusluvun laskennasta tuli yksi TPM-konseptin mittareista. OEE-luku ilmaistaan prosenttilukuna eli teoriassa täydellisesti virtaavassa ja tauottomassa tuotannossa OEE-luku olisi 100 %, mutta tämä on käytännössä mahdotonta. Tutkimusten mukaan maailmanlaajuisesti teollisuuden alalla OEE olisi noin 60 %. (Arrow engineering 2015.)

Automaattisen tiedonkeruujärjestelmän avulla saadaan helposti tarvittavia tietoja OEE-luvun laskemiseksi. Suoraan ohjauslogiikoilta kerätty tieto on varmin tapa käsitellä dataa. KNL-luku lasketaan yksinkertaisimmillaan kolmen osa-alueen tulona eli Käytettävyys(K) * Nopeus(N) * Laatu(L). (Arrow engineering 2015.)

Tuotannon hukat

Hukalla tarkoitetaan Lean-tuotannossa kaikkia toimintoja, jotka lisäävät kustannuksia eivätkä lisää tuotteen arvoa asiakkaalle. Hukan tunnistaminen onkin ensimmäinen askel sen poistamisessa. Hukka määritellään Leanin perusperiaatteiden mukaan kolmeen ilmenemismuotoon, jotka tulevat japaninkielisistä sanoista muda, mura ja muri. Näistä yleisimmin käytetty termi muda tarkoittaa lisäarvoa tuottamatonta työtä, muri tarkoittaa ihmisten tai laitteiden ylikuormitusta

ja mura tarkoittaa epätasaisuudesta johtuvaa hukkaa. Edellä mainittuja kolmea japaninkielistä termiä ei enää nykyisin kovin paljoa käytetä, vaan puhutaan yleisesti hukasta. Tänä päivänä tunnetaan kahdeksan erilaista hukkaa aiheuttavaa tekijää tuotannossa. Aikoinaan Toyota on tunnistanut seitsemän hukan muotoa, mutta myöhemmin on lisätty kahdeksas muoto. (Ceriffi 2017.)

Hukan 8 muotoa

1. Ylituotanto
 2. Varastot
 3. Kuljetukset
 4. Laatu hukka
 5. Prosessihukka
 6. Työvaihe hukka
 7. Odotus
 8. Työntekijöiden ideoiden ja luovuuden käyttämättä jättäminen
- (Ceriffi 2017.)

Ylituotanto

Ylituotantoa tehdään silloin, kun tehdään tarpeetonta tuotetta tai kun tehdään enemmän tuotetta, kuin on kysyntää tai ennen kuin tuotetta edes tarvitaan. Ylituotanto aiheuttaa monia ongelmia, kuten materiaalien ja komponenttien ennen aikainen ostaminen, varastojen kasvaminen, epäjärjestyksen aiheutuminen tuotannossa, virheiden määrä lisääntyy sekä tuotteita ja niiden osia voi pilaantua varastoissa. (Tuominen 2010, 16.)

Varastot

Ylituotanto lisää varastoinnin tarvetta ja samalla lisää kustannuksia. Varastot vievät tarpeettoman paljon tilaa, tuotteita saattaa pilaantua ja heikentävät järjestystä tuotannossa ja lisäävät dokumentoinnin tarvetta. (Tuominen 2010, 18.)

Kuljetukset

Turhaa kuljetusten tarvetta aiheuttavat monesti huonosti suunniteltu tehdaslayout eli asettelu sekä ylituotanto ja varastointi. Huonosti suunniteltu layout aiheuttaa pitkät välimatkat prosessien tai työpisteiden välillä, jolloin aikaa kuluu pitkiin matkoihin. Tuotannon koneet voivat olla väärässä järjestyksessä, jolloin tuotteet eivät etene järjestelmällisesti tuotantolinjalla, vaan niitä joudutaan kuljettelemaan. Ylituotanto aiheuttaa materiaalin tai tuotteiden siirtelyn varastoihin tai pois tieltä, jotta yleinen järjestys pysyisi kunnossa. (Tuominen 2010, 20.)

Laatuhukka

Laatuhukka syntyy useimmiten ihmisen tai koneen aiheuttamana. Hukkaa voi aiheuttaa erilaiset virheet, tuotteita ei tarkisteta riittävän usein tai tuotteita ei lajitella riittävän hyvin. Laatupuutteiden ja asiakasvalitusten määrä kulkevat käsikädessä, kun laatupuutteiden määrä kasvaa, kasvaa asiakasvalitustenkin määrä. Laatuhukkaa voivat aiheuttaa myös puutteelliset laatustandardit ja niistä poikkeaminen sekä huolimaton materiaalin käsittely ja kuljetukset. (Tuominen 2010, 22.)

Prosessihukka

Prosessihukkaa voi syntyä esimerkiksi tuotteen valmistuksessa turhista valmistusprosesseista tai työvaiheista sekä tuotteen turhista osista tai ominaisuuksista. Tuotetta saatetaan tehdä niin kuin ennenkin, vaikka sitä olisi muutettu ja tämän takia tuotteeseen on jäänyt turha osa tai ominaisuus. Prosessit eivät ole tarpeeksi tehokkaita eivätkä prosessin henkilöstöt osallistu niiden kehittämiseen. (Tuominen 2010, 24.)

Työvaihehukka

Työvaihehukkaa aiheuttavat yleensä työvaiheen lopputulokseen vaikuttamattomat työsuoritukset. Hukkaa voi myös aiheuttaa työn suoritustapa, työntekijän harjaantumattomuus työtehtävään tai aikastandardin alittaminen. Myös vaihtuvat työmenetelmät sekä puutteelliset työohjeet aiheuttavat työvaihehukkaa. (Tuominen 2010, 26.)

Odotus

Odotuksen yleisimmät aiheuttajat ovat henkilöt, koneet, prosessit sekä työvaiheet. Henkilöitä saattaa joutua odottamaan, että he saapuvat paikalle, koneiden työsuorituksia joudutaan odottamaan, että päästään seuraavaan työvaiheeseen tai materiaali odottaa pääsyä seuraavaan prosessiin. Odotusta saattaa aiheuttaa myös odottamattomat konerikot tai tuotantohäiriöt sekä resurssien huono jakaminen tai sijoittelu. (Tuominen 2010, 31.)

Työntekijöiden ideoiden ja luovuuden käyttämättä jättäminen

Työntekijöillä on yleensä hyvä käsitys omasta työtehtävästään. Heillä saattaakin usein olla kehitysideoita työskentelyn parantamiseksi, mutta kehitysideoita ei välttämättä kuitenkaan syystä tai toisesta uskalleta kertoa tai eivät vain tule puheeksi. Näistä kehitysideoista saattaisi olla oikeasti paljon apua työskentelyn tehostamiseksi ja helpottamiseksi. Tämän vuoksi ne olisi hyvä saada muidenkin tietoon. (Ceriffi 2017.)

Vika-vaikutus- analyysi

Vika-vaikutusanalyysi eli FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) on toimintavarmuutta mittaava systemaattinen analysointimenetelmä. Analyysillä pyritään tunnistamaan kaikki järjestelmälle ominaiset vikaantumismuodot. Merkittävimmille vikautumismuotojen seurauksille pyritään analyysin aikana etsimään keinoja vian estämiseksi tai lieventämään niistä aiheutuvia seurauksia. (Ramentor 2017.)

FMEA:n voidaan lisätä myös kriittisyysanalyysi eli FMECA (Failure mode, effects, and criticality analysis). Sillä pyritään mittaamaan vikaantumistapojen seurausten aiheuttamaa vakavuutta. Vakavuus eli kriittisyys muodostuu vian vakavuudesta, vian havaittavuudesta ja vian esiintymistodennäköisyydestä. (Ramentor 2017.)

FMECA-menetelmää käytetään järjestelmän vikaantumisen ennaltaehkäisemisen työkaluna. FMECA:n päätavoitteena on tunnistaa ja luokitella vikaantumistapojen ja toiminnallisten vikojen välisiä syy-seuraussuhteita. (Ramentor 2017.)

FMECA pyrkii vastaamaan seuraaviin kysymyksiin:

- Mikä voi mennä vikaan?
- Mikä vaikutus vikaantumisella on?
- Miten todennäköinen vian esiintyminen on?
- Mitkä ovat vian seuraukset?
- Mitä asialle voidaan tehdä?
- Miten vikojen aiheuttajat voidaan poistaa?
- Miten vian vakavuutta voidaan vähentää?

(Ramentor 2017.)

Pareto -analyysi

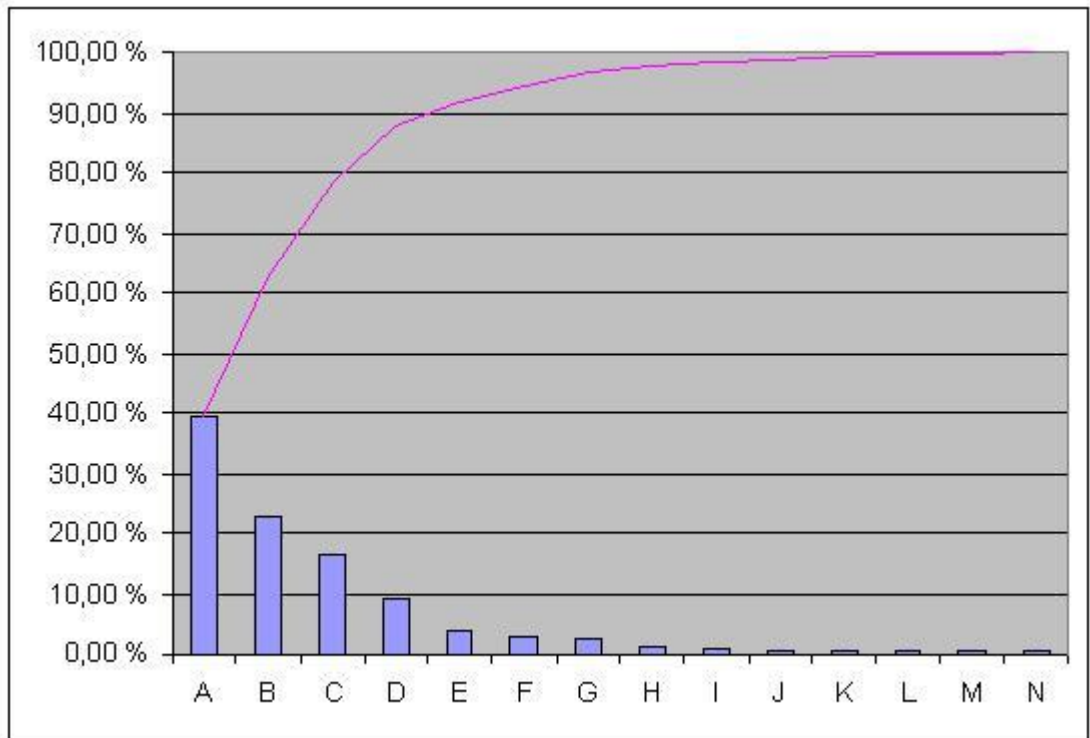
Pareto- analyysin avulla saadaan suuremmastakin havaintoryhmästä esille ne tekijät, joilla on merkittävimmät vaikutukset. Esimerkiksi vikatilanteissa, Pareto-analyysi on oivallinen työkalu, kun halutaan selvittää tärkeysjärjestys korjaustoimenpiteiden välillä. Pareto-analyysillä tulokset saadaan havainnollisempaan muotoon ja suurimmat virheen aiheuttajat saadaan helposti selville. (Qualitas Forum 2017.)

Pareto-analyysi voidaan Qualitas Forumin mukaan jakaa kuuteen eri vaiheeseen.

1. Listataan kaikki vaihtoehdot (esimerkiksi vikatyypit)
 2. Mitataan vaihtoehdot. (Mittaamisessa on huomioitava, että kaikkia vaihtoehtoja täytyy arvioida yhteismitallisesti rahan, esiintymistiheyden, ajan tai muun tekijän suhteen.)
 3. Järjestellään vaihtoehdot. (Pareto-analyysissä luokittelu tapahtuu mittauksen mukaisesti. Tämä tarkoittaa sitä, että kun analyysi tehdään esiintymistiheyden mukaisesti, kohteet luokitellaan esiintymistiheyden mukaan laskevaan järjestykseen. Vastaava luokittelu tehdään kustannusten suhteen.)
 4. Lasketaan kumulatiiviset jakaumat (taulukko 1). (Edellä olevan luokittelun perusteella lasketaan kumulatiiviset esiintymistiheydet ja kustannukset ja ne annetaan myös prosentteina kokonaisarvoista.)
 5. Piirretään Pareto-käyrät (kuva 7)
 6. Tulkitaan Pareto-käyriä. (Yleisesti käytetään 20/80-sääntöä, esimerkiksi 20% vioista aiheuttaa 80% kustannuks
 7. ista).
- (Qualitas Forum 2017.)

Taulukko 1. Esimerkki syiden osuuksista Pareto-analyysissä. (Qualitas Forum 2017).

| Syyt | Prosenttia | Kumulatiivinen |
|------|------------|----------------|
| A | 39,60 % | 39,60 % |
| B | 22,70 % | 62,30 % |
| C | 16,40 % | 78,70 % |
| D | 9,10 % | 87,80 % |
| E | 4,00 % | 91,80 % |
| F | 2,70 % | 94,50 % |
| G | 2,30 % | 96,80 % |
| H | 1,10 % | 97,90 % |
| I | 0,70 % | 98,60 % |
| J | 0,50 % | 99,10 % |
| K | 0,30 % | 99,40 % |
| L | 0,20 % | 99,60 % |
| M | 0,20 % | 99,80 % |
| N | 0,20 % | 100,00 % |



Kuva 7. Esimerkki Pareto-käyrästä. (Qualitas Forum 2017).

Juurisyy- analyysi

Juurisyyanalyysi on paljon käytetty tekniikka, joka antaa hyvät edellytykset ongelman aiheuttajan löytämiseksi. Nimensä mukaan juurisyyanalyysillä pyritään tunnistamaan ongelman alkulähde tiettyjä etenemisvaiheita ja työkaluja apuna käyttäen. Juurisyyanalyysin avulla pyritään vastaamaan kolmeen kysymykseen: *Mitä tapahtui? Miksi se tapahtui ja kuinka tämän tapahtuman esiintymisen todennäköisyys, saataisiin jatkossa mahdollisimman pieneksi?* (LIS Group 2017.)

Juurisyyanalyysin lopputuloksena löytyy monesti kolmen tyyppisiä syitä, joita ovat *fyysiset, inhimilliset ja organisatoriset* syyt. *Fyysisiä* syyn aiheuttajia eli aineellisia voivat olla muun muassa työkalujen, koneiden ja ajoneuvojen vikaantumisen. *Inhimillisiä* syyn aiheuttajia voivat olla ihmisten tekemät virheet tai tekemättä jättämät työsuoritukset. Yleensä virheiden tekeminen tai työsuoritusten laiminlyönti johtaa aineellisiin syihin, esimerkiksi koneen hajoamiseen. (LIS Group 2017.)

Organisatorisia syitä voivat olla puutteelliset tehtävän määrittelyt, esimerkiksi koneen huoltotyöt on laiminlyöty, koska huoltoa ei ole määritetty kenenkään vastuulle. (LIS Group 2017.)

Juurisyysanalyysi voidaan jakaa viiteen eri vaiheeseen.

1. Ongelman määrittely
2. Datan kerääminen
3. Syy-seuraussuhteiden selvittäminen
4. Juurisyiden selvittäminen
5. Ratkaisujen suositteleminen ja toteuttaminen

(LIS Group 2017.)

6.2 Laitetoimittajan raportti

Raute Oyj teki vuonna 2014 seurantatutkimuksen Joensuun vaneritehtaan sorvaus-kuivauslinjoista. Tutkimuksen ensisijaisena tavoitteena oli kapasiteetin ja tuotannon nostaminen. Raportissa esitetään linja kohtaiset kehityskohteet ja mahdolliset kehitysehdotukset näille ongelmille. (UPM Plywood Oy 2014d.)

6.3 Tiedonkeruujärjestelmä

Joensuun vaneritehtaalla on käytössä oma tiedonkeruujärjestelmä, joka kerää tietoa koneiden toiminnasta. Järjestelmä kerää dataa koneiden häiriöstä ja niiden vaikutusajasta. Järjestelmässä on kuitenkin kahden minuutin mittainen häiriö suodatusaika, jonka tarkoituksena on karsia tuota aika lyhyemmät häiriöt pois. Vuoromestari kirjaa järjestelmän ”vuorokommentit” osioon sellaisia häiriöitä, joita järjestelmä ei ole tunnistanut. Keräsin vuorokommentit liittyen 1-kuivauskoneeseen vuoden 2017 ajalta. Näitä tietoja käytin oman seurantatutkimukseni tukena ja tulosten analysoinnissa.

6.4 Seurantatutkimus

Tein seurantatutkimusta 1-kuivauskoneen toiminnasta kahden eri vuoron aikana. Havainnot on kerätty vuodenvaihteen 2017 ja 2018 molemmin puolin. Vuorojen seurannan lisäksi, tein useita yksittäisiä käyntejä tarkkaillen kuivauskoneen toimintaa. Tehtaalla pidettiin hiihtolomaviikon mittainen huoltoseisokki, jolloin pääsin tutkimaan kuivauskoneen kuntoa myös koneen sisäpuolelta.

6.5 Haastattelututkimus

Käytin haastattelututkimusta eräänä tiedonkeruumenetelmänä. Tarkoituksena oli kerätä tietoa kuivauskoneen toiminnasta operaattorin näkökulmasta ja näin pyrkiä eliminoimaan Lean Six Sigman 8. hukan muoto ”Työntekijöiden ideoiden ja luovuuden käyttämättä jättäminen”.

Haastattelu on yksi käytetyimpiä tiedonkeruumenetelmiä. Haastattelu on varsin joustava menetelmä ja haastateltavan vastauksia voidaan tarvittaessa selventää (Hirsijärvi & Hurme, 2000.) ”Haastattelua tekevän tutkijan tehtävänä on välittää kuvaa haastateltavan ajatuksista, käsityksistä, kokemuksista ja tunteista.” (Hirsijärvi & Hurme, 2000).

Päätin käyttää avointa haastattelua yhtenä tiedonkeruumenetelmänä opinnäytetyössäni. Avoin haastattelu on Saaranen-Kauppinen & Puusniekan (2006) mukaan keskustelunomainen ja nimensä mukaan avoin, eikä sitä ole sidottu tiettyyn formaattiin. Haastattelu etenee keskustelunomaisesti ja sen tarkoituksena on kerätä haastateltavan kokemuksia, tuntemuksia ja mielipiteitä (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka, 2006). Avoimessa haastattelussa voidaan esittää selventäviä jatkokysymyksiä normaalin keskustelun tavoin.

Teemahaastattelu ei ole tässä opinnäytetyössä kovinkaan sopiva menetelmä, sillä haastattelu kohdistuu useampaan henkilöön. Teemahaastattelussa asetetaan tietyt teemat, joista tulisi haastattelun aikana keskustella. Ryhmähaastatte-

lukaan ei ole kovin sopiva tiedonkeruumenetelmä tähän opinnäytetyöhön, sillä tietoa ei tarvita isommalta joukolta nopeasti saman aikaiseksi, eikä tarkoitus ole kerätä niinkään mielipiteitä. Strukturoitu haastattelu (lomakehaastattelu) ei ole sopiva haastattelumenetelmä tässä opinnäytetyössä, sillä tietoa pyritään keräämään haastateltavalta, eikä katsota vastaako haastateltava kysymykseen oikein tai väärin. Samalla keskustelun luominen sekä jatkokysymysten esittäminen jää kokonaan pois.

7 Tulokset

7.1 Tiedonkeruudata

Tässä luvussa esitetään Joensuun vaneritehtaan 1-kuivauskoneen KNL-luvun laskennan tulokset, jotka pohjautuvat Joensuun vaneritehtaan omaan tiedonkeruujärjestelmään. Lisäksi on esitetty 1-kuivauskoneeseen liittyvistä häiriöistä, jotka on kirjattu tiedonkeruujärjestelmään sekä vuorokommentteihin.

KNL-luku

KNL-luvun laskentaa varten, keräsin Joensuun vaneritehtaan tiedonkeruujärjestelmästä tarvittavia tietoja ajalta 2.1.2017–29.11.2017.

Toimeksiantajan pyynnöstä KNL-luvun laskennassa käytettyjä arvoja ei ole julkaistu tässä opinnäytetyössä, mutta kuivaajan tehokkuuden tunnusluvun osat alueet on kuitenkin laskettu ja niitä on käytetty apuna tässä opinnäytetyössä. Laskutoimitukset ja niiden tulokset on toimitettu toimeksiantajalle.

Laskennan tuloksena 1-kuivaajan käytettävyyden (K) tehokkuusluvuksi saatiin 69 %, Nopeuden (N) tehokkuusluvuksi saatiin 93 % ja Laadun (L) tehokkuusluvuksi 96 %.

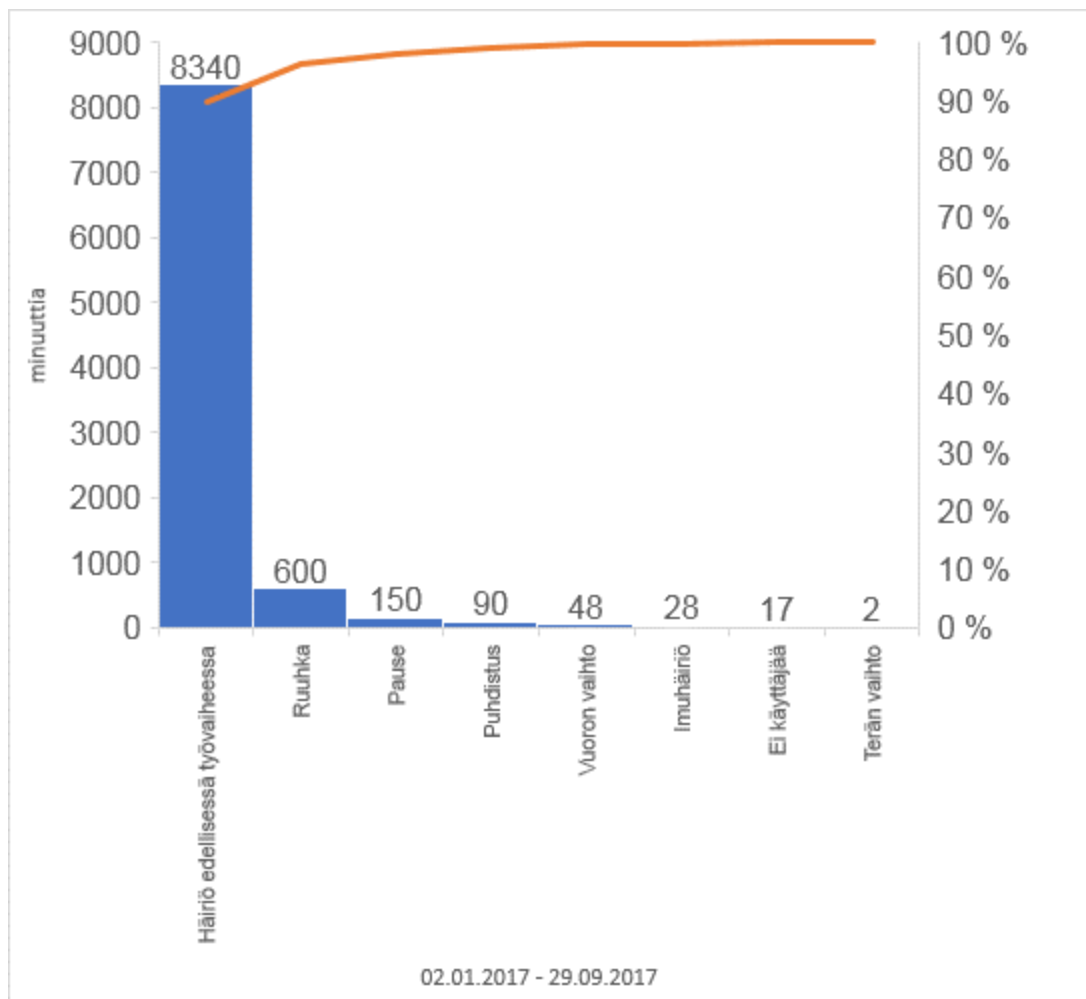
Kuivauskoneen kokonaistehokkuusluku (KNL) saadaan kertomalla edellä lasketujen osa-alueiden tulokset keskenään:

$$\text{KNL} = (K * N * L)$$

$$\text{KNL} = (0,69 * 0,93 * 0,96) * 100$$

KNL-luvuksi saadaan 62 %, joka on keskimääräistä maailmanlaajuisen teollisuudenalan tasoa.

Keräsin Pareto -kaaviota varten Joensuun vaneritehtaan tiedonkeruujärjestelmästä 2.1.2017–29.9.2017 ajalta eniten ilmentyneiden häiriöiden syyt. Tiedonkeruujärjestelmässä on kahden minuutin mittainen suodatusaika, jolla pyritään karsimaan tuota aikaa lyhyemmät häiriöt pois (UPM Plywood Oy 2014d).

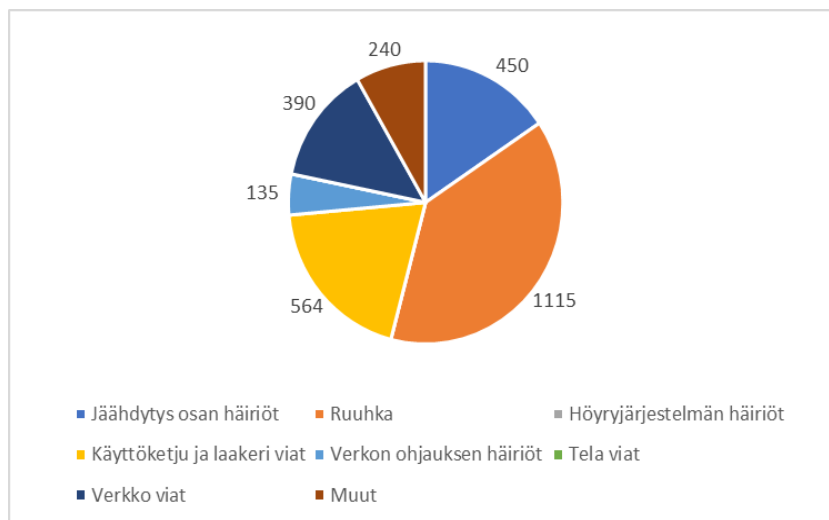


Kuvio 1. 1-kuivauskoneen Pareto -kaavio.

Kuviosta 1 nähdään, että ajallisesti suurimman osan häiriöistä aiheuttaa ”Häiriö edellisessä työvaiheessa”, jonka osuus on yli 90 %. Viilun kuivausprosessia edeltävään työvaiheeseen, ei ole kuitenkaan tarkoitus puuttua tässä opinnäytetyössä. Toiseksi suurimman osan aiheuttaa ruuhka.

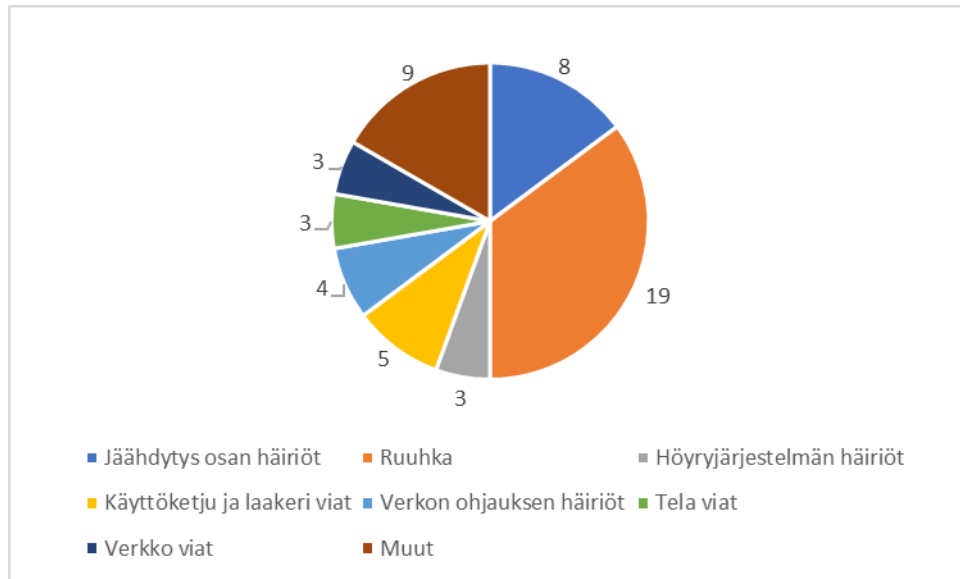
Vuorokommentit

Keräsin Joensuun vaneritehtaan tiedonkeruujärjestelmän ”vuorokommentit” osiosta kaikki 1-kuivauskonetta koskevat häiriökirjaukset vuodelta 2017. Vuoromestari kirjaa vuorokommentteihin koneeseen aiheutuneita häiriötä, joita tiedonkeruujärjestelmä ei ole tunnistanut. Kuviosta 2 nähdään 1-kuivauskoneeseen syntyneiden häiriötyyppien jakauma vaikutusajan mukaan.



Kuvio 2. 1-kuivauskoineen häiriöjakauma minuutteina koko vuodelta 2017.

Kuviossa 3 on esitetty vastaava häiriöjakauma vuorokommentteihin kirjattujen häiriöiden kappalemäärien mukaan.



Kuvio 3. 1-kuivaukoneen häiriöjakauma kappalemäärinä koko vuodelta 2017.

7.2 Seurantatutkimuksen tulokset

Seurantatutkimusta tehdessäni otin kuivaukoneesta kerättäviä tietoja muistiin, verratakseni niitä asetus-, ja tavoite arvoihin. Kirjasin mitattavien tietojen tulokset kahdesti päivän aikana kahtena eri päivänä.

Taulukon 2 mittaukset 1 ja 2 on kerätty 1.3.2018 ja mittaukset 3 ja 4 on kerätty 14.3.2018. Taulukon 1 oikeassa reunassa on esitetty tavoitearvot, jotka on ilmoitettu Joensuun vaneritehtaan leikkaajan työselostusohjeessa.

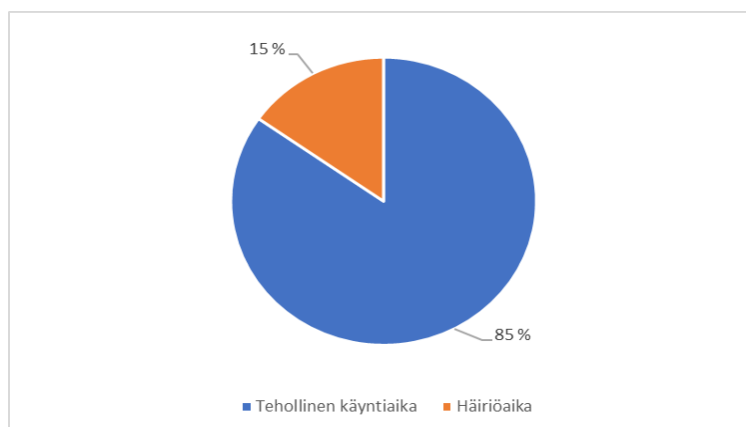
Taulukko 2. 1-kuivauskoneesta kerätyjä arvoja.

| | Kuivaajan kiertoilman kosteus | | | | | Tavoitearvo |
|---------------------|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|------|--|
| | Mittaus 1 | Mittaus 2 | Mittaus 3 | Mittaus 4 | | |
| Höyryn lämpötila | 225 | 203 | 218 | 227 | °C | |
| Höyryn määrä | 2,9 | 5,2 | 4,7 | 5 | t/h | |
| Poistoilman kosteus | 190 | 460 | 415 | 455 | g/kg | >300 g H ² O / kg kuiv.ilmaa. |
| | Kuivauskoneen lämpötila | | | | | |
| | Mittaus 1 | Mittaus 2 | Mittaus 3 | Mittaus 4 | | |
| Kuivauslämpötila | 176 | 173 | 173 | 172 | °C | 175 (+/- 5) °C |
| Höyrynpaine | 11,5 | 11,6 | 11,5 | 11,3 | bar | 11.5 (+/- 0.5) Bar |
| | Viilun kosteus kuivauskoneella | | | | | |
| | Mittaus 1 | Mittaus 2 | Mittaus 3 | Mittaus 4 | | |
| Viilun loppukosteus | 2 | 2,6 | 2 | 4 | % | 3-5% |

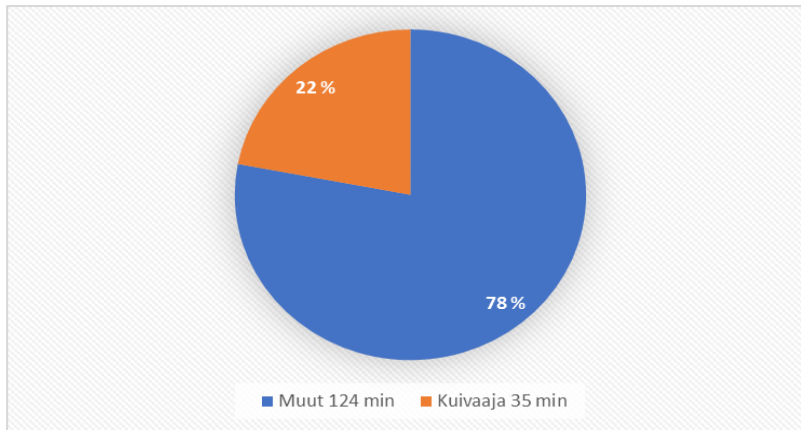
7.2.1 Häiriöseuranta

Seurantatutkimusta tehdessäni seurasin 1-kuivauskoneen toimintaa tuotannon ollessa käynnissä. Seurasin koneen toimintaa kahden eri vuoron aikana, joista ensimmäinen oli vuoden 2017 joulukuun lopulla ja toinen heti vuoden 2018 tammikuun alussa.

Kuviossa 4 on esitetty 1-kuivaajan tehollinen käyntiaika. Tehollinen käyntiaika on saatu vähentämällä häiriöaika kokonaisseurantaajasta.

**Kuvio 4. 1-kuivauskoneen tehollinen käyntiaika.**

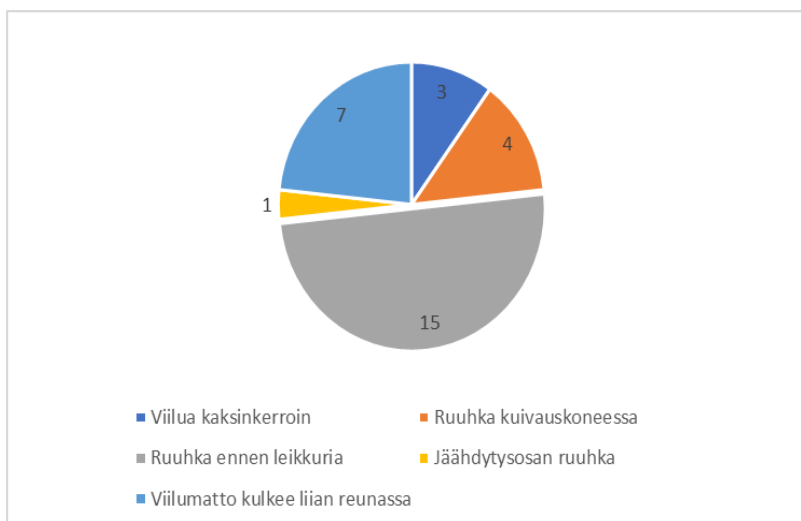
Kuviossa 5 on jaettu edellä esitetty häiriöaika kahteen eri tekijään kirjaamieni havaintojen perusteella.



Kuvio 5. 1-kuivauskoneen pysähtymisen syiden osuudet.

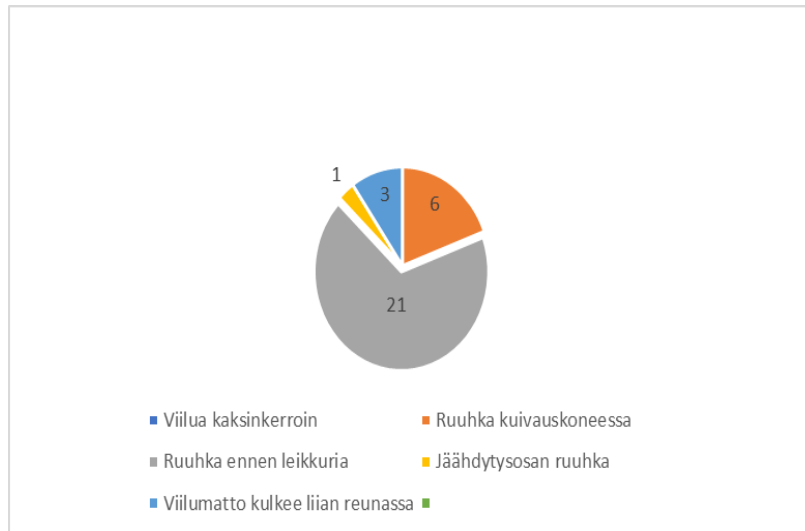
Tässä opinnäytetyössä keskitytään edellä esitetyn kuvion ”kuivaaja” osuuteen, jonka osuus kaikista kirjaamistani häiriöistä seurantatutkimuksessa on 22 %. Loput 78 % ovat muiden tekijöiden aiheuttamia pysähdyksiä kuivauskoneeseen. Muita pysähdyksiä ovat muun muassa aiemmassa työvaiheessa sattuneet häiriöt, kuten pöllien odottelua sorveille. Kuviossa 5 esitetyt ajat perustuvat kirjaamiini häiriöaikoihin.

Kuviossa 6 on esitetty seurantatutkimuksessa tekemieni havaintojen osuudet kappalemäärinä.



Kuvio 6. Seurantatutkimuksen havaintoja 1-kuivauskoneesta.

Kuviossa 7 on esitetty häiriöiden vaikutusaikaa seurantatutkimuksessa tekemiini havaintojen pohjalta.



Kuvio 7. Häiriöaikoja minuutteina 1-kuivauskoneesta seurantatutkimuksessa.

Häiriöaikajakauma perustuu tekemiini havaintoihin ja niiden vaikutusaikoihin. Seuranta ajasta 31 minuuttia oli kuivauskoneen häiriöaikaa, joka on noin 4 % koko seuranta ajasta.

Tein seurantatutkimusta kahden erivuoron aikana. Ensimmäisessä seurannassa kiinnitin huomiota enemmän kuivauskoneen täyttöasteen tarkkailuun sekä leikkurin edustan tarkkailuun. Kuivauskoneen täyttöasteesta tekemäni havainnot on esitetty hieman myöhemmin tässä *seurantatutkimuksen tulokset* osiossa.

Ensimmäisen seurantavuoron aikana sattui ruuhka kuivauskoneen alimmassa kaarteessa (kuva 8).



Kuva 8. Poistettu ruuhka kuivauskoneen alimmasta kaarteesta. (Kuva: Jarno Mutanen).

Viilumatto kulki alimpaan kaarteeseen viilumaton pään ollessa hieman pystyssä, jolloin viilun pää jäi niin sanotusti ”pyörimään” kaarteeseen aiheuttaen kuvan 8 mukaisen ruuhkan. Tämän kuivauskoneen hoitaja huomasi melko nopeasti ja kuivauskone oli kahden minuutin jälkeen taas ajossa, mutta viilu hukkaa syntyi useita metrejä.

Ensimmäisen seuranta vuoron aikana seurasin myös kuivauskoneen täyttöasetta sekä kerroskuljettimien toimintaa. Seuratessani kerroskuljettimia kuivauskone pysähtyi, mutta viilua syöttävä kerroskuljetin ei pysähtynyt, vaan syötti viilun noin 70 senttimetrin matkalta kaksin kerroin.

Kuvassa 9 on tilanteesta otettu kuva.



Kuva 9. Viilumatto kaksin kerroin kerroskuljettimen jälkeen. (Kuva: Jarno Mutanen).

Seuratessani kerroskuljettimia huomasin, että sorvilta tulevan viilumaton pää osui kerroskuljettimen apupyöriin ja viilumaton pää saattoi nousta useita senttimetrejä ilmaan.

Kuvassa 10 nähdään eräs tilanne, jossa viilumaton pää on noussut selvästi ylemmäs kuljettimelta.



Kuva 10. Viilumaton pää noussut selvästi ilmaan osuessaan apupyöriin. (Kuva: Jarno Mutanen).

Viilumaton pää saattaa kovassa vauhdissa taittua kaksin kerroin, kun viilumaton ja kuljettimen väliin jää kuvan 10 mukaisesti ilmaa. Seuratessani kerroskuljettimia näin ei kuitenkaan onneksi kohdallani käynyt, mutta mahdollisuus on aina olemassa.

7.2.2 Täyttöaste

Joensuun vaneritehtaan 1-kuivauslinjan kuivauskoneen täyttöaste on selvästi vajaa. Kuivauskoneen kuuman viiluradan pituus on 180 metriä. Teoriassa kuivauskoneeseen mahtuu tuon verran viilua, jos viilumatot ovat aivan peräkkäin ja viilumattojen pituussuuntaista kutistumaa ei oteta huomioon. Sorvilta tulevat viilumatot syötetään kuivaajan päällä olevilta kerroskuljettimilta vuoron perään kuivauskoneeseen. Kerroskuljettimet toimivat kuivaajan puskurivarastoina, joita on kuivaajan päällä kolme kerrosta. Seurantatutkimusta tehdessäni huomasin, että viilumattojen väliin jää keskimäärin 5–100 senttimetriä tyhjää tilaa. Lukuun ottamatta syötettäessä keskimmäisen kerroskuljettimen jälkeen ylimmältä ker-

roskuljettimelta, jolloin viilumatot olivat 30–50 senttimetriä päällekkäin. Kuvasta 11 nähdään viilumattojen limitys syötettäessä keskimmäisen kuljettimen jälkeen ylimmältä kerroskuljettimelta. Kuvasta 11 nähdään hyvin myös puun laadun vaihtelu.



Kuva 11. Viilujen syöttäminen limittäin kuivauskoneeseen sekä puun laadun vaihtelu. (Kuva: Jarno Mutanen).

Jos viilumatot ovat keskimäärin 22 metriä pitkiä (UPM Plywood Oy 2014d) ja viilumattojen väliin jäävä rako keskimäärin 50 senttimetriä, on täyttöaste silloin:

$$(180 \text{ m} - 4 \text{ m} / 180 \text{ m}) * 100 \% = 97,8\%$$

Huomioiden viilumaton pituussuuntainen kutistuma, joka on noin 8 % (UPM, 2014), kuivauskoneen täyttöaste on:

$$(22 \text{ m} * 0,01 * 8 \text{ kpl} * 8\%) + 4 \text{ m} = 18,08 \text{ m}$$

$$(18,08 \text{ m} / 180 \text{ m}) * 100 \% = 89,95 \%$$

22 m= viilumaton pituus

8 kpl= viilumattojen lukumäärä, joka mahtuu kuivauskoneeseen

8 %= pituussuuntainen kutistuma

4 m= 50 cm raolla laskettuna, viilumattojen väliin jäävä tyhjä tila.

18,08 metriä on viilumattojen kutistuman ja viilumattojen väliin jäävän tyhjän tilan summa, kun lasketaan 50 senttimetrin väleillä.

Kuivauskoneen täyttöasteeksi saadaan 89,95 %, kun huomioidaan myös viilumattojen pituussuuntainen kutistuma.

Toisen seuranta vuoron aikana kiinnitin enemmän huomiota kuivauskoneen verkonohjauksiin ja viilun käyttäytymiseen kaarteissa. Tein kyseisen vuoron aikana useita kuvan 12 mukaisia havaintoja.



Kuva 12. Viilumatto osuu kuivaajan runkoon alimmassa kaarteessa. (Kuva: Jarno Mutanen).

Kuvassa 12 viilumatto kulkee aivan liian reunassa kuvasta katsottuna kuivauskoneen vasenta reunaa ja osuu kuivauskoneen runkoon. Tällaisissa tilanteissa viilumatto usein halkeilee ja repeilee pienempiin osiin. Pienet viilun palaset aiheuttavat usein ruuhkaa kuivauslinjan eri kohtiin kuten leikkurin eteen, joka on hyvin yleinen häiriön syy.

7.2.3 Kuivauskoneen kunto

Joensuun vaneritehtaalla pidetään kahdesti vuodessa 1–3 viikon mittainen huoltoseisokki. Ensimmäinen seisokki on pidempi, yleensä 2–3 viikkoa ja pidetään kesällä heinä-, elokuun vaihteessa. Toinen seisokki on yleensä viikon mittainen ja se pidetään joulun aikoihin. Vuoden 2017 jouluseisokki siirrettiin kevään 2018 hiihtolomaviikolle. Tuon seisokin aikaan tuotanto ei ollut käynnissä, joten minulla oli mahdollisuus tutkia kuivaajaa sisältäpäin.

Puhaltimet ja patterit

Aluksi tutkin kuivaajan patteritilaa. Patteritilasta sain samalla testattua puhaltimien toiminnan kädellä pyörittämällä ja huomasin muutaman puhaltimen pyörintäessä pientä jäykkyyttä, muttei kuitenkaan toiminnan kannalta merkittävää.

Kuivauskoneen sorvinpuoleisessa päädyssä olevien pattereiden lämpöpinnassa oli selkeästi enemmän likaa kuin muissa pattereissa. Lika vaikutti olevan samankaltaista, kuin kuivaajan ketjuihin kuivunut voitelurasva oli mutta pienemmissä määrin. Pääosin kuivaajan pattereiden lämpöpinnoissa oli pinttiintynyttä likaa tai ruostetta sekä hieman pientä viilu silppua ja pölyä. Seisokin aikana patterit puhdistetaan paineilmalla puhaltamalla. Suoritin patteritilan tutkimuksen ennen puhdistusta.

Pattereiden ja putkistojen kunnan tarkastusta vuotojen suhteen oli hankala tehdä, kun pattereissa ja putkistoissa ei ollut höyryä tai lauhdetta, tosin silloin kuivaajan sisällä ei saisi ollakaan. Painepuolella kuivaajan lattiassa oli selkeitä veden valuma kohtia, mutta ne olivat todennäköisesti kuivaajan jäähdytys-, sammutusjärjestelmän aiheuttamia.

Suutinlaatikot

Kuivaajan painepuolelta kuivausilma virtaa suutinlaatikoihin ja sitä kautta ilma puhalletaan viilun pintaan. Joidenkin suutinlaatikoiden perälle oli kerääntynyt

selkeä määrä roskaa ja muutamien suutinlaatikoiden reunat olivat kuluneet puhki.

Lauhteenpoistimet

Kuivaajan pattereiden lauhteenpoistimissa on pattereiden ”vesitila” anturit. Jo ensuun vaneritehtaan kunnossapitoinsinöörin mukaan anturit ovat kuitenkin jo kauan aikaa sitten otettu pois käytöstä, sillä ne eivät tahtoneet pysyä kunnossa. Kuivauskoneen pattereiden lauhteenpoistimena käytetään uimurilauhteenpoistinta. Sen toiminta perustuu lauhteen määrään lauhteenpoistimessa ja lauhteenpoistimen venttiili avautuu, kun lauhdetta on riittävästi. Lauhteenpoistimien toimivuutta ei pystytty testaamaan tuotannon ulkopuolella, koska lauhteenpoistojärjestelmässä ei luonnollisesti ole lauhdetta. Lauhteenpoistimien toiminnan tarkkailu on hankalaa myös tuotannon ollessa käynnissä, sillä koneen sisään ei silloin voi mennä. Lauhteenpoistimissa ei ole mekaanista vipua, jolla uimurin saisi nostettua ja testattua käsin mahdollisten korroosion aiheuttamien tukosten varalta (Konwell akatemia 2016).

Poistoilmakanavan säätöpellit

Kuivauskoneen katossa on poistoilmakanavat, joita pitkin poistetaan kuivaajasta kosteaa ilmaa. Poistettavan ilman määrää säädellään kuivaajan päällä kulkevien poistoilmakanavien säätöpeltien avulla (kuva 4). Säätöpeltien asentoa muutetaan säätövarsien avulla, jotka on asennettu kuivaajan päällä olevien kerroskuljettimien ali, jotta säätäminen olisi mahdollista myös tuotannon ollessa käynnissä. Seurantatutkimusta tehdessäni huomasin, että sorvinpuoleisessa päädyssä olevan kanavan säätöpellin säätövarsi ei ollut paikallaan tai oli otettu pois.

Ovien tiivisteet

Huomasin kuivauskonetta seuraillessani, että painepuolelta kuivaajan ovien välistä purkautui suuria määriä vesihöyryä leikkurinpuoleisesta päädyistä. Kuivauskoneen muidenkin ovien välistä pääsi pieniä määriä höyryä.

7.3 Haastattelututkimuksen tulokset

Opinnäytetyötä varten keräsin tietoa haastatteleamalla kuivauskoneen hoitajaa, joka tunnetaan tehtaalla leikkaajana. Kysyin kuivauskoneen hoitajalta yleisimmistä kuivauskoneessa esiintyneistä häiriöistä. Hänen mukaansa yleisimmät häiriöt olivat ruuhkien muodostuminen leikkurin eteen. Kysyin seuraavaksi, että mistä tämä häiriö hänen mielestään johtuu. Hänen mukaansa leikkurin eteen syntyvät ruuhkat johtuvat usein viilumaton tai viilumaton osan kulkiessa liian reunassa tai poikittain kuljettimella. Kuivaajan sisäiset ruuhkat johtuvat yleensä jostain mekaanisesta viasta, leikkaaja toteaa.

Kysyin häneltä myös, että mistä aiheutuu eniten viilu hukkaa. Hänen mukaansa, kun ajetaan vajaa mittaisia pöllejä sorville, ruuhkat ja kun puun laatu vaihtelee suuresti. Tämä tarkoitti sitä, että jos ajetaan niin sanotusti tervettä ja ”happamampaa” puuta sekaisin joudutaan kuivaajan nopeus sovittamaan märemmän viilun mukaan. Tällöin terveemmästä puuaineksesta sorvattu viilu voi tulla liian kuivaksi.

Lopuksi kysyin häneltä parannusehdotuksia kuivauskoneeseen-, kuivausprosessiin tai työpisteeseen. Hänen mielestään suutinlaatikot voisi puhdistaa esimerkiksi neljä kertaa vuodessa nykyisen kerran vuodessa sijaan. Hän totesi myös, että vuoroissa saisi olla samat käytännöt, että kaikki tekisivät asiat samoilla menetelmillä ja tavoilla. Esimerkiksi hän antoi sorvarin tekemät terän vaihdokset ja niiden asetteet.

Ennakoivalla kunnossapidolla on suuri merkitys kuivauskoneen toiminnan kannalta ja työpisteiden välinen kommunikointi on hyvin tärkeää.

Kysyin myös ohimennen eräältä Joensuun vaneritehtaan voimalaitoksen kunnossapitoasentajalta hänen ajatuksiaan kuivauskoneen toimintaan liittyen. Hän mainitsi, että kuivauskoneen hoitajan tulisi asettaa kuivaaja useammin uudelleenkuivauslämpötilaan, kun kuivaajaan tulee pidempi seisahdus. Näin välttyttäisiin viilun ylikuivumiselta ja säästettäisi lämpöenergiaan, kun höyryä ei turhaan syötettäisi patterijärjestelmään.

7.4 McNaughtin viilun kuivauksen perusteet

Andy McNaught on tehnyt esityksen ”Fundamentals of veneer drying” eli viilun kuivauksen perusteet. Hänen mukaansa viiluja kuivataan, jotta viilut olisivat jo valmiiksi kutistettuja ennen liimausta ja liimaukseen soveltuvia. Lisäksi viilut ovat hänen esityksensä mukaan kuivattuina lujempia ja jäykempiä. (McNaught 2018.)

Puu kuivuu hänen esityksensä mukaan, vesimolekyylien siirtyessä korkeammasta vesipitoisuudesta alhaisempaan pitoisuuteen ja tätä vesipitoisuuden eroa kutsutaan kosteuspitoisuuden gradientiksi. Kuivuminen jatkuu, kunnes gradientti on nolla ja tätä kutsutaan tasapainokosteudeksi. (McNaught 2018.)

McNaught:n mukaan viilun kuivumisnopeuteen vaikuttaa lämpötila, ilman suhteellinen kosteus ja kuivausilman virtausnopeus. McNaughtin mukaan lämpötila toimii energian mittarina ja lämpötilaa käytetään viilun kuivauksessa:

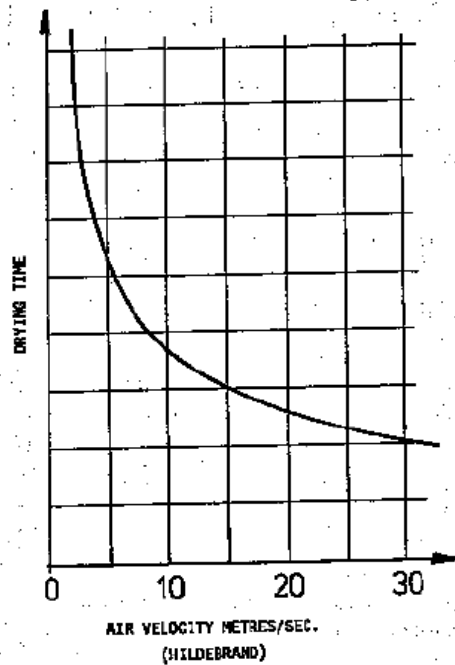
- Viilun lämmittämiseen
- Veden lämmittämiseen viilussa
- Nestemäisen veden muuttamiseen kaasuksi
- Vesihöyryn höyrystämiseen viilun pinnasta
- Veden siirtämiseen viilun sisällä

(McNaught 2018.)

Ilman suhteellista kosteutta mittaa kuivaajan märkälämpötila. Märkälämpötila saatettaessa korkeammalle viilu kuivuu nopeammin verrattuna alhaisempaan märkälämpötilaan varsinkin yli 160 °C lämpötilassa. (McNaught 2018.)

McNaught on esityksessään havainnollistanut kuivausilman nopeuden vaikutusta viulun kuivumiseen kuvassa 13.

**EFFECT OF AIR VELOCITY ON DRYING TIME
(JET DRIER)**



Kuva 13. Ilman puhallusnopeuden vaikutus viulun kuivumisaikaan. (McNaught 2018).

Kuvassa 13 pystyakseli kuvaa viulun kuivumisaikaa ja vaaka-akseli ilmannopeutta yksikössä metriä / sekunti.

McNaught on esittänyt mäntyvanerin optimaaliseen kuivaukseen seuraavanlaisia asetuksia poistoilmakanavien säätöpelteihin:

- Ensimmäinen osa kuivaajan pituudesta (1/3)
 - o 200–230 °C, luukut mahdollisimman suljettuina (80%)
- Toinen osa kuivaajan pituudesta
 - o 180–190 °C, luukut ovat kohtuullisen suljettuina (60–70%)
- Viimeinen osa kuivaajan pituudesta (1/3)
 - o 160 °C, luukut suljettuna noin 40–50% (McNaught 2018.)

8 Tulosten analysointi

8.1 Tiedonkeruudatan analysointi

Kuivauskoneella ei suoranaisesti ole omaa tiedonkeruuta vaan kuivaajan osuus kuuluu leikkurin kanssa samaan. Käytännössä kun kuivaajan pysähtyy, pysähtyy myös leikkuri, jolloin häiriöaika kirjautuu leikkurin häiriöaikaan, jos kahden minuutin suodatus aika täyttyy. Tiedonkeruu ei siis anna täysin oikeaa tietoa siitä oliko häiriö kuivaajassa vai leikkurissa, jolloin tehokkuuden laskennassa voi esiintyä virheitä.

Kuivausprosessi on hyvin riippuvainen edellisestä työvaiheesta eli sorvauksesta. Tiedonkeruujärjestelmän keräämien tietojen mukaan suurin osa häiriöajasta aiheutuu juurikin *häiriöstä edellisessä työvaiheessa*. Tähän häiriöaikaan kuuluu häiriöiden lisäksi esimerkiksi sorvinterien vaihdot ja hionnat, joten varsinaisesta häiriöstä ei ole välttämättä edes kyse.

KNL-luku

Kuivaajan KNL-luvun osa-alueesta *käytettävyys (K)* on selkeästi muita osa-alueita alhaisempi tekemieni laskelmien perusteella. Kuivaajan käytettävyyden (K) tehokkuutta vähentävät kuivausprosessissa esiintyvät erilaiset häiriöt. Häiriöaikojen vähentäminen nostaisi kuivaajan tuottavaa käyntiaikaa ja kuivaajan käytettävyyden tehokkuuslukua. Kuivaajan käyntiajan mahdollinen nostaminen olikin yksi tämän opinnäytetyö tavoitteista. Tiedonkeruujärjestelmän näyttämän kuivaajankäyntiajan uskottavuudesta ei ole täysin varmaa tietoa, sillä kuivaaja saattaa pyöri tyhjillään, jolloin se ei ole tuottavaa aikaa.

Vuorokommentit

Vaikutusajallisesti vuorokommentteihin kirjatusta häiriöistä (vuonna 2017) suurin osa aiheutui erilaisista ruuhkista. Varsinkin kuivaajan sisälle syntyneiden ruuhkien poistaminen vaatii paljon aikaa, sillä pahimmillaan kone joudutaan jäähdyttämään ruuhkan poistamiseksi. Kuivaajan lämmitys takaisin kuivauslämpötilaan vaatii myös oman aikansa. Vuorokommenteissa oli useita kirjauksia ruuhkan muodostumiseen ylimpään kaarteeseen ja ylimmän verkon päälle. Haastattelututkimuksessa haastateltava koneenhoitaja mainitsi, että ylimmän verkon ruuhkautumista on saatu pienennettyä muutostöillä.

Toiseksi eniten häiriöaikaa oli vuorokommentteihin kirjattu käyttöketjuun ja laakerivikoihin liittyen. Kirjauksia oli vuoden 2017 alkupuolella ja myöhemmin tämän jälkeen on kuivaajan käyttö-, ja taittopään laakereihin asennettu automaattinen voitelujärjestelmä.

Jäähdytysosan häiriötä oli vaikutusajallisesti kirjattu kolmanneksi eniten. Vuorokommenteissa oli useita kirjauksia jäähdytysosan paininhihnan rikkoutumiseen ja putoamiseen pois paikaltaan. Paininhihnan tehtävänä on painaa viilua kuljetushihnoja vasten, jotta viilu pysyisi koko jäähdytysosan pituuden hihnojen päällä.

Kappalemääriltään vuorokommentteihin kirjattiin myös eniten ruuhkista vuoden 2017 aikana. Toiseksi eniten oli kirjattu ”muita” häiriöitä, joiden vaikutusaikaa ei ollut kirjattu vuorokommenteissa. ”Muut häiriöt” muodostuvat erilaisista havainnoista, kuten viilussa märkiä länttejä, koneesta kuuluu rohisevaa ääntä ja kanttilavojen odottelua. Kolmanneksi eniten oli kirjattu jäähdytysosan häiriöitä.

8.2 Seurantatutkimuksen tulosten analysointi

Kuivauskoneesta ottamieni mittaustulokset olivat pääsääntöisesti asetetuissa tavoitearvoissa tai niille asetettujen raja-arvojen välissä (taulukko 2). Poikkeuksena kuitenkin viilun loppukosteus. Kirjaamistani mittaustuloksista ¼ oli tavoit-

tearvojen sisäpuolella ja loput hieman alapuolella kirjaushetkellä. Mittaustuloksia otettiin kuitenkin niin vähän, ettei tulos ole kovin luotettava, sillä viilu materiaalin laatu ja alkukosteus vaihtelevat melko paljon. Tulokset on kirjattu vuoden 2018 maaliskuun alkupuolelta.

Häiriöseuranta

Seuranta-ajasta 15 % oli häiriöaikaa, joka perustuu kirjaamieni häiriöiden vaikutusaikoihin. Häiriöaika on jaettu edelleen kahteen osatekijään, kuivaajaan ja muihin. Kuivaajan osuus koko häiriöajasta on 22 % ja loput ovat muiden aiheuttamia. Muiden osuutta lisää merkittävästi ensimmäisenä seurantapäivänä sattunut häiriö aiemmassa prosessissa, joka aiheutti noin tunnin mittaisen pysähtymisen myös kuivauksessa. Häiriö sattui tukkien katkaisuosastolla, jonka seurauksena sorveille ei saatu kuljetettua pöllejä. Häiriö hetkelle työskennelleen sorvarin mukaan häiriö aiheutui pöllien kuorimakoneen syöttöreleestä.

Kirjaamistani havainnoista suurin osa oli *ruuhka ennen leikkuria*, jonka osuus oli noin 50 % kaikista tekemistäni havainnoista. Leikkurin eteen syntyneet ruuhkat useimmiten aiheutuivat lyhyiden viilumaton palasten jäämisestä kuljettimille tai putosivat niiden väliin pystyyn. Näiden seurauksena seuraavan viilumaton kulku saattoi estyä ja aiheutti ruuhkautumisen. Toinen syy ruuhkan syntymiseen leikkurin eteen oli viilumaton pään tultua hieman pystyssä leikkurille, joka osui leikkuria edellä sijaitsevaan kosteusmittariin/laatukameraan, jolloin viilumatto ruuhkautui. Huomasin vastaavanlaisia tapauksia myös kuivaajan alimmassa kaarteessa, jolloin viilumaton pää tuli kaarteeseen selkeästi ylöspäin suuntautuneena. Tilanne useimmiten aiheutui viilumatoille, jotka olivat jossain vaiheessa haljenneet. Luulen tämän johtuneen viilumaton sisäisistä jännityksissä kuivauksessa,

Toisen seurantavuoron aikana tein useita havaintoja viilun ”seilaamisesta” kuivauskoneessa varsinkin alimpaan kaarteeseen tultaessa. Tällaisissa tilanteissa viilumatto tuli alimpaan kaarteeseen selkeästi vinossa, jonka seurauksena viilumatto useimmiten halkeili pienempiin osiin. Luulen viilumaton kääntyvän varsinkin, jos verkkoja ohjataan eri suuntiin, joiden välissä viilumatto kulkee.

Pienet viilumaton osat aiheuttavat helposti ruuhkautumisen kuivaajan jäähdytysosaan tai viimeistään leikkurin eteen, kun viilun kappaleet liukuvat vapaasti kaarirautoja pitkin jäähdytysosaan kaartaessaan (kuva 14). Tällöin viilun kappaleet jäävät vinoon ja saattavat pudota kuljetinhihnoilta ja jäädä esteeksi.



Kuva 14. Kaarre jäähdytysosaan tultaessa. (Kuva: Jarno Mutanen).

Tein myös useita havaintoja viilumaton kulkiessa liian reunassa kuivauskoneessa ja varsinkin alimpaan kaarteeseen tultaessa (kuva 14). Luulen tämän johtuvan verkkojen sivuttaissuuntaisesta liikkeestä kuivauskoneessa. Verkkojen ohjausliikkeet olivat seuranta hetkellä melko nopeita ja varsinkin alinta verkkoa ohjattiin laidasta laitaan aina kun verkko tuli raja tunnistimelle. Verkkojen rajatunnistimina käytetään messinkiharjoja, jotka lähettävät impulssin ohjaussylinterille, kun verkko ajautuu liian reunaan ja ohjaustela alkaa korjaamaan verkon asemaa. Jotkin rajatunnistimet eivät vaikuttaneet kovin herkiltä, sillä verkko saattoi mennä melko pitkälle messinkiharjan alle ennen kuin ohjaussylinteri teki korjausliikkeen ohjaustelalle. Mielestäni verkon sivuttaissuuntainen liike tulisi saada mahdollisimman lyhyeksi ja ohjausliikkeet rauhallisemmiksi, jotta viilun menosuunta pysyisi suoraviivaisena ja viilumatto ehjänä. Kun viilumatot saataisiin

kuljetettua ehjänä koko kuivauskoneen läpi vähenisi ruuhkien määrä huomattavasti. Ruuhka on seurantatutkimukseni perusteella yleisin ja suurin häiriön aiheuttaja kuivausprosessissa.

Tein muutaman havainnon, kun viilumaton alkupää oli osittain mennyt kaksin kerroin. Seuratessani kerroskuljettimia sattui kuvan 9 mukainen tilanne. Tilanteessa viilumattoa syötettiin ylimmältä kerroskuljettimelta ja kuivauskone pysähtyi yllättäen jonkin häiriön vuoksi ja syöttökuljetin työnsi viilumaton loppuosan kaksin kerroin. Syöttökuljetin ei pysähtynyt, vaikka kuivaaja oli seis. Tilanteen estämiseksi täytyisi syöttökuljetin synkronoida kuivaajan kanssa. Voi tietenkin olla, että viilumatto oli jo kerennyt kulkea optisen tunnistimen alta pois, kun viilua ei ollut enää kerroskuljetimen päällä kovin paljoa tapahtuma hetkellä.

Täyttöaste

Kuivaajan täyttöaste ei ole parhaalla mahdollisella tasolla. Kuivaajaan syötettävät viilut pystyttäisiin ajamaan noin metrin verran päällekkäin (UPM Plywood Oy 2014d). Limitys toimii parhaiten, kun syötetään keskimmäisen kerroskuljetimen jälkeen ylimmältä, jolloin viilut menevät keskimäärin 30–50 senttimetriä päällekkäin (kuva 11). Tätä lukuun ottamatta muissa tilanteissa viilujen väliin jää selkeitä rakoja, jotka kasvavat viilun kutistuessa kuivattaessa.

Kerroskuljetin alkaa syöttää seuraavaa viilumattoa, kun edellinen on poistunut kokonaan optisen anturin alta. Tässä on kuitenkin pieni viive, ennen kuin kerroskuljetin alkaa syöttää viilua, jolloin viilumatto lähtee liian myöhään liikkeelle ja mattojen väliin jää rakoja. Huomasin että anturit on asennettu niin, että niitä on mahdollista siirtää viilun kulkusuunnassa, jolloin syöttöliikkeen ajoitusta olisi mahdollista säätää.

Kuivaajan kunto

Kuivaajan patterit puhdistetaan kahdesti vuodessa aina huoltoseisokkien aikana. Patterit puhdistetaan paineilmailla puhaltamalla ja ymmärtääkseni irtoroskat vielä imuroidaan, mutta jos näin ei tehdä niin ne olisi hyvä imuroida. Pattereiden

lämpöpintoja voisi kokeilla puhaltaa puhtaaksi jääpuhallus menetelmällä, jolla puhdistetaan myös kuivaajan taitto-, ja vetopään voimansiirronosista rasvat ja liat pois kesän huoltoseisokin yhteydessä. Käytännössä en tiedä, että kuinka pattereiden rakenteet kestäisivät vastaavan puhaltamisen.

Kuivaajan sisäisten vuotojen selvittäminen on melko haasteellista ilman apuvälineitä. Kuivaajan sisäisiä vuotoja tutkitaan Joensuun vaneritehtaan kunnossapitoinsinöörin mukaan säännöllisillä lämpökamerakuvauksilla.

Suutinlaatikoiden kuntoa tulisi tarkastella riittävän usein. Kuivaajan kuntoa tarkastellessani löysin muutaman suutinlaatikon, jonka reunassa oli melko suuri repeämä. Tämä aiheuttaa suutinlaatikossa paineen alenemisen ja suutinaukoista purkautuvan ilman puhallusnopeuden laskemisen, kun ilma vuotaa suutinlaatikon reunaan syntyneestä aukosta. Tällöin viilun eriosiin saattaa syntyä kosteus eroja. Suutinlaatikoita on kuivauskoneessa kuitenkin melko paljon eikä ole varmuutta, että kuinka paljon muutama rikkoutunut suutinlaatikko vaikuttaa. Kuivaajan suutinlaatikoiden kuntoa olisi hyvä tarkastella aika ajoin viikkohuoltojen yhteydessä ja tarvittaessa vaihtaa ehjiin.

Poistoilmakanavien säätöpeltien oikeasta asennosta ei ollut varmaa tietoa. Voi tietenkin olla, etten kysyn asiasta oikeilta henkilöiltä.

8.3 Haastattelututkimuksen tulosten analysointi

Haastattelututkimuksesta selvisi, että eniten häiriöitä aiheutuu ruuhkan muodostumiseen leikkurin eteen. Pahimmillaan ruuhka saattaa sattua, kun leikkaaja on selvittämässä toisen linjan ruuhkaa, jolloin ruuhka voi muodostua suureksikin sillä aikaa. Leikkurin eteen syntyneet ruuhkat aiheutuvat viilun poikkeamisesta normaaliin kulkuun. Viilu tulee joko liian reunassa tai hieman poikittain leikkurille, jolloin se hyvin helposti ottaa kontaktin runkorakenteeseen tai oheislaitteisiin.

Haastateltavan mukaan kuivaajan sisäiset ruuhkat aiheutuvat yleensä mekaanisesta viasta. Kuivaajan fyysisen kunnon tarkkailua tulisi tehdä jatkuvasti, jotta

kuivaajaan alasajon tarvetta voitaisiin ennaltaehkäistä. Varsinkin verkkojen re-peämät ovat hyvin yleisiä mekaanisia vikoja kuivaajassa. Verkot kuluvat ajan mittaa ollessaan kontaktissa verkon kannatintelojen kanssa ja rikkoutuneet kohdat tarttuvat helposti kiinni kuivaajan sisällä.

Viiluhukkaa aiheutuu eniten ruuhkien muodostumisesta ja tämän lisäksi vajaa mittaisista pölleistä sorvatusta viilusta, jolloin viilusta ei tule tarpeeksi leveää ja se joudutaan ajamaan suoraan leikkurin roskamatolle.

Puulaatujen sekaisin ajo oli haastattelututkimuksen perusteella yksi suurimmista viilu hukan aiheuttajista. Parempilaatuinen viilu saattaa kuivua liikaa, kun kuivauskoneen nopeutta joudutaan laskemaan, kun taas märempi puuaines saattaa jäädä liian kosteaksi, jolloin se aiheuttaa ongelmia vanerin liimauksessa. Sorvattavia pöllejä pitäisi pystyä lajittelemaan ennen sorvausta, mutta tämä saattaa mennä liian hankalaksi ja vie aikaa.

Haastateltavan mukaan suutinlaatikot voisi puhdistaa useammin, esimerkiksi neljä kertaa vuodessa. Puhtaissa suutinlaatikoissa ilma virtaa paremmin.

8.4 McNaughtin viilun kuivauksen perusteiden analysointi

McNaught:n tekemässä esityksessä on paljon saman kaltaista tietoa, kuin muissa käyttämässäni lähteissä. Esityksessään hän esitti poistoilmakanavien peltien asennosta, jotka olisivat hyödyllisiä optimaaliseen kuivaukseen. Esityksessä viilun materiaalina oli kuitenkin käytetty mäntyä, eikä kuivaajan tyypistä ollut mainintaa esityksessä, muuta kuin suutinpuhalluksesta. Ohje asetukset kuulostivat järkeviltä ja siksi otinkin tämän esityksen yhdeksi lähteeksi opinnäytetyöhöni.

9 Johtopäätökset

Tutkimustyö vahvistaa, että kuivauskoneen tehollisesta käyntiajasta turhan paljon kuluu häiriöihin. Laitetoimittaja toteaaakin vuonna 2014 tekemässään raportissaan, että häiriöiden vähentäminen on edullisin tapa nostaa käyntiaikaa. Tutkimustyö vahvistaa myös, että suurin osa häiriöstä aiheutuu ruuhkan muodostumisesta. Yleisimmin ruuhka muodostuu leikkurin eteen viilun ajauduttua liian reunaan tai kulkiessaan vinosti kuljetin hihnoilla. Seurantatutkimus osoittaa, että tällaisissa tilanteissa viilumatto kääntyy tai ohjautuu liian reunaan jo kuivauskoneen sisällä ja havaintojeni mukaan useimmiten alimpaan verkkoväliin kaartaessa. Ruuhkia aiheuttaa myös pienet viilu kappaleet, jotka saattavat jäädä kuljetinhihnojen väliin. Viilumatto olisikin hyvä saada ehjänä kuivauskoneen läpi. Tekemieni havaintojen perusteella viilumaton halkeilu johtuu kahdesta syystä. Viilu on joko liian kuivaa tai viilumatto seilaa kuivauskoneessa ja kulkee vinossa asennossa. Kuivuessaan viilusta tulee kovempaa eikä siksi kestä enää niin paljoa ”vääntelyä”.

Verkkojen sivuttaissuuntaista liikettä olisi mielestäni hyvä saada lyhyemmäksi säätämällä verkon rajatunnistimien asemaa. Tietysti vaarana on, että messinkiharjat kuluvat nopeammin. Verkon ohjaustelojen korjausliikkeet ja varsinkin alimman verkon ohjaustelan liikkeet olivat seuranta hetkellä mielestäni turhan nopeita ja niitä olisi hyvä säätää maltillisemmiksi. Näin vältyttäisi verkon nopealta sivuttaissuuntaiselta suunnan muutokselta, joka saattaa aiheuttaa viilumaton halkeilun.

Tein laitetoimittajan kanssa saman kaltaisia havaintoja kuivauskoneen täyttöasteesta. Viilumattojen limittäin ajo toimii jollakin tasolla keskimmäisen jälkeen syötettäessä ylimmältä kerroskuljettimelta. Laitetoimittajan tekemän raportin mukaan viilumatot voitaisiin ajaa jopa metrin verran päällekkäin. Tällä hetkellä viilut syötetään parhaimmassa tapauksessa noin 50 senttimetriä päällekkäin, mutta yleisesti viilumattojen väliin jää rakoja. Kuivaajan täyttöastetta pystyttäisiin pienillä muutoksilla nostamaan. Ylimmän kerroskuljettimen syöttöasetukset olisi

hyvä tarkastaa, jotta kuljetin ei turhaan syöttäisi viilua kuivaajan ollessa pysähtyneenä.

Haastattelututkimustulosten perusteella kuivaajan suutinlaatikoiden puhdistus kertoja olisi hyvä lisätä esimerkiksi neljään kertaan vuodessa. Toimintatapojen vakioiminen työpisteillä olisi myös haastateltavan mukaan hyödyllistä. En ole täysin varma mitä tämä leikkaajan työpisteessä tarkoittaisi, mutta esimerkiksi haastateltava antoi sorvilla tehtävät asetteet ja terän vaihdokset.

Poistoilmakanavien säätöpeltien asentoja voisi kokeilla McNaughtin tekemän esityksen mukaisesti. Tekemällä pieniä muutoksia peltien asentoihin ja dokumentoimalla niiden seuraukset.

10 Yhteenveto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli pyrkiä parantamaan Joensuun vaneritehtaan 1-kuivauslinja kuivauskoneen toimintaa. Kuivaajan tehollisesta käyntiajasta turhan paljon on tuottamatonta häiriöaikaa. Kuivaajan tuotantotehoja haluttiin myös kasvattaa kuivausolosuhteita parantamalla.

Aloitin opinnäytetyöni tutustumalla Joensuun vaneritehtaan tiedonkeruujärjestelmään. Järjestelmään en hirveän paljon saanut opastusta, joten melko paljon jouduin tutkimaan järjestelmää omatoimisesti. Järjestelmästä etsin taustatietoa kuivauskoneen häiriöistä ja niiden vaikutusajoista, jotta osaisin kiinnittää huomiota oikeisiin asioihin omassa seurantatutkimuksessani.

Tein opinnäytetyöni aikana samankaltaisia havaintoja, kuin laitetoimittajan aiemmin tekemässä tutkimuksessa. Tutkimustyöni vahvistaa jo olemassa olevaa tietoutta kuivauskoneeseen liittyvistä häiriöistä. Tein myös muutamia pie-

nempiä havaintoja, joilla ei kuitenkaan ole niin suurta merkitystä kuivauksen kannalta.

Opinnäytetyöprosessi

Opinnäytetyö tehtiin toimeksiantona UPM Joensuun vaneritehtaalle. Olen työskennellyt tehtaassa kunnossapito-osastolla parina edellisenä kesänä ja kuivauskone oli jo ennestään tuttu. Kuitenkaan viulun kuivumisesta minulla ei ollut alkuun kovinkaan paljoa tietoa ja jouduin tutustumaan aiheeseen paremmin.

Tein seurantatutkimusta vuoden 2017 ja 2018 vaihteessa, jolloin kiinnitin enemmän huomiota kuivaajaan liittyviin häiriöihin. Helmikuussa 2018 pidimme toimeksiantajan kanssa palaverin, jossa opinnäytetyön tarkoitus selventyi entisestään. Tämän seurauksena tuntui, että opinnäytetyössäni olisi otettu pari askelta taaksepäin. Kuivaajan kuivausolosuhteita haluttiin tutkia vielä syvällisemmin, joka tuntui haastavalta, kun aiheesta ei kovin paljoa itselläni ollut tietoa.

Opinnäytetyöprosessi sujui ihan hyvin. Yhteistyö ohjaavan opettajan kanssa sujui mallikkaasti ja ohjausta sai tarvittaessa. Yhteistyö toimeksiantajan kanssa olisi voinut sujua hieman paremmin. Välillä tunsin, etten saanut riittävästi tukea tai ohjausta siitä, että minkälaisiin asioihin kannattaisi kiinnittää huomiota.

Opinnäytetyön kokonaisuuden hahmottaminen osoittautui melko haasteelliseksi. Opinnäytetyön aikatauluttaminen oli myös melko hankalaa ja tehdasvierailuja tein lähinnä aina kun siihen löytyi aikaa. Opinnäytetyön kirjoitusprosessi sujui hyvin. Kirjoitin teoriaa ja tuloksia erillisille Word-dokumenteille ja kokosin ne vasta myöhemmin opinnäytetyöpohjaan.

Parempien tutkimustyön tulosten saaminen vaatisi syvällisempää perehtymistä kuivausolosuhteisiin ja niiden vaikutuksiin. Opinnäytetyössä opin paljon uutta puun ja varsinkin viulun kuivumisesta ja siihen käytettävistä laitteista. Myös tuotannonkehittämisessä käytettävät työkalut ja menetelmät tulivat tutummiksi opinnäytetyön aikana.

Jos tekisin opinnäytetyön uudelleen, asettaisin työlle selkeämmin tavoitteen, pyrkisin aikatauluttamaan työn paremmin ja pidettäisi useampia palavereja

myös toimeksiantajan kanssa. Selvittäisin lisäksi, tehtaan sisäiset tietolähteet ja menetelmät sekä valmistautuisin vielä hieman paremmin haastattelututkimuksen tekemiseen ja pohtisin paremmin myös mahdollisia jatkokysymyksiä ennakoon.

Lähteet

- Arrow engineering. 2017. OEE/KNL – kokonaistehokkuuden mittaaminen. Arrow engineering. <http://www.arroweng.fi/fi/ratkaisut/machine-track-tuotantotehokkuus-kasvuun-lean-tuotannolla/oee-knl-kokonaistehokkuuden-mittaaminen/> 8.3.2017
- Ceriffi. 2017. Irti teoriasta, kiinni käytäntöön. Ceriffi. <http://www.ceriffi.fi/palvelut/kahdeksan-hukan-muotoa> 7.3.2017
- Konola, J. 2010. Jatkuva parantaminen ja kunnossapidon toimintamallin muutos. Nuolenkärki. <http://www.arroweng.fi/fi/ratkaisut/machine-track-tuotantotehokkuus-kasvuun-lean-tuotannolla/oee-knl-kokonaistehokkuuden-mittaaminen/> 8.3.2017
- Konwell akademia. 2016. Lauhteenpoistimien kuntotarkastus ja pikahuolto https://www.youtube.com/watch?v=f8ezZCo2Rlo&list=PL4MEv_82DLcKQ9q0aK8UyMTSZTGuZhCph 6.3.2018
- Koponen, H. 2002. Puulevytuotanto. Helsinki: Edita Oy.
- LIS Group. 2017. Juurisyyanalyysi (RCA). LIS Group. <https://www.lis.fi/turvallisuuskehitys/jyrisyyanalyysi-rca/#toggle-id-3> 9.3.2017
- McNaught, A. 2018. Fundamentals of veneer drying. EWPAA. 8.3.2018
- Partanen, K. 2015. Työnopastusohje, leikkaaja. UPM Plywood Oy. Joensuun vaneritehdas.
- Qualitas Forum. 2017. Pareto-analyysi. Qualitas Forum. <http://www.qualitas-forum.fi/Apualaatuunjainnovaatioon/Pareto-diagrammi.aspx> 10.3.2017
- Ramentor. 2017. FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) – Vika- ja vaikutusanalyysi. Ramentor. <http://www.ramentor.com/etusivu/teoria/fmea/> 11.3.2017
- Saaranen-Kauppinen & Puusniekka. 2006. Menetelmäopetuksen tietovaranto [verkkójulkaisu]. KvaliMOTV. http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L6_3_1.html (Viitattu 02.04.2018)
- Six Sigma. 2017a. Yleistä Leanista. Six Sigma. www.sixsigma.fi/fi/lean/yleinen/ 8.3.2017
- Six Sigma. 2017b. Tätä on Lean. Six Sigma. <http://www.sixsigma.fi/fi/lean/lean/> 8.3.2017
- Six Sigma. 2017c. Lean Six Sigma DMAIC. Six Sigma. <http://www.sixsigma.fi/fi/six-sigma/dmaic/> 15.3.2017
- Aho, H. & Hillu, P. 1964. Koivuviulun kuivaus. Heikinheimo, O (toim.). Mekaaninen puuteollisuus 1. Joensuu: Pohjois-Karjalan Kirjapaino Oy, 646–709.
- Varis, R (toim.) (2017) Puulevyteollisuus. Porvoo: Kirjakaari Oy.
- Tuominen, K. 2010. Tehoa ja laatua hukan vähentämiseen. Helsinki: A Bonnier Group Company.
- UPM Plywood Oy. 2017a. Visio, toiminta-ajatus ja arvot. UPM. <http://www.upm.fi/UPM/visio-toimintaajatus-ja-arvot/Pages/default.aspx> 17.3.2017
- UPM Plywood Oy. 2017b. UPM Plywood. UPM.

- <http://www.upm.fi/Liiketoiminnot/upm-vaneri/Pages/default.aspx>
29.3.2017
- UPM Plywood Oy. 2017c. Wisa – Helppoa tehokkuutta niin tuotteiden kuin toimituksenkin osalta. UPM.
<http://www.wisaplywood.com/fi/Pages/Default.aspx> 29.3.2017
- UPM Plywood Oy. 2014d. Sorvaus-verkkokuivausprosessin kehittäminen koivuvaneritehtaalla. Laitetoimittajan raportti. Joensuun vaneritehdas.
- UPM Plywood Oy. 2017e. TERVETULOA Joensuun vaneritehtaalle. Joensuun vaneritehdas. 17.3.2017
- UPM Plywood Oy. 2017f. Leikkaaja operaattori. Joensuun vaneritehdas. Avoinhaastattelu. 28.12.2017
- UPM Plywood Oy. 2017g. Tehtaan tiedonkeruudata. Joensuun vaneritehtaan tietokanta.
- UPM Plywood Oy. 2017h. Raute viilunkuivaajan toimintaselostus. Joensuun vaneritehtaan arkisto.
- Verne Liikenteen Tutkimuskeskus. 2017. Kysely- ja haastattelumenetelmät. Tampereen teknillinen Yliopisto.
<http://www.tut.fi/verne/tutkimusmenetelmat/kysely-ja-haastattelumenetelmat/> 7.3.2017

Kuivauskoneenhoitajan haastattelu

28.12.2017

1. Mitkä ovat yleisimmät häiriöt kuivauskoneessa?

- Ruuhkat leikkurin eteen
- Kuivaajan sisäiset ruuhkat johtuvat yleensä jostain mekaanisesta viasta

2. Mistä häiriöt johtuvat?

- Viilu tulee poikittain tai liian reunassa leikkurille

3. Mistä aiheutuu eniten viilu hukkaa?

- Ajetaan vajaa mittaisia pöllejä sorville
- Ruuhkat
- Kun ajetaan tervettä ja hapanta puulaatua sekaisin → terveempi viilu saattaa mennä liian kuivaksi, kun kuivaajan nopeutta joudutaan laskemaan märemmän mukaan

4. Millaisia parannuksia, kuivauskoneeseen, prosessiin tai työpisteeseen?

- Suutinlaatikot voisi putsata useammin, esimerkiksi 4 kertaa vuodessa
- Vuoroissa saisi olla samat käytännöt (esim. sorvarit: terän vaihdot ja asetteet)