

Viimeistelyosaston läpimenoaikojen analysointi ja kehittäminen

Metsä Wood, Punkaharjun Vaneritehdas

Tiivistelmä

Tekijä(t) Mutanen, Markus	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 39 sivua, 3 liitesivua	Valmistumisaika Kevät 2019
Työn nimi Viimeistelyosaston läpimenoaikojen analysointi ja kehittäminen Metsä Wood, Punkaharjun Vaneritehdas		
Tutkinto Insinööri (AMK)		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli parantaa, analysoida ja visualisoida Metsä Woodin Punkaharjun koivuvaneritehtaan pinnoitus- ja viimeistelyosaston läpimenoaikoja käyttäen jatkuvan parantamisen menetelmiä.</p> <p>Työ sisältää teoriaosan, käytännön osan ja kehitysehdotukset. Teoriaosassa tutustutaan toimeksiantajaan, vanerin viimeistelyprosessiin Punkaharjun tehtaalla sekä joihinkin työssä käytettyihin Lean-filosofian periaatteisiin ja käsitteisiin. Käytännön osassa perehdytään tehtaan konelinjojen kapasiteetteihin ja materiaalivirtoihin sekä näiden vaikutusta läpimenoaikoihin. Suurimmaksi vaikuttavaksi tekijäksi havaittiin pintaviilun saumauksen ongelmista johtuva lajittelulinjojen riittämätön kapasiteetti.</p> <p>Työn tuloksena syntyi ensimmäinen mallinnus viimeistelyosaston nykytilanteesta ja havainne kuviot sen materiaalivirroista. Työstä saatujen tuloksien valossa nostetaan esille neljä kehitysehdotusta tilanteen parantamiseksi, liittyen tuotantoprosessista saatavan informaation kehittämiseen, laatuun ja tuotannosuunnittelun filosofiaan. Opinnäytetyön suorana seurauksena tehtaalla lähdettiin kokeilemaan muun muassa kuivatun viilun keskikosteuden nostamista ja yhden esimerkkituotteen tuotantoa eri tavalla.</p>		
Asiasanat koivuvaneri, viimeistely, pintaviimeistely, läpimenoaika, jatkuva parantaminen		

Abstract

Author(s) Mutanen, Markus	Type of publication Bachelor's thesis	Published Spring 2019
	Number of pages 39+3	
Title of publication Improvement and analysis of throughput times in the finishing department Metsä Wood, Punkaharju plywood mill		
Name of Degree Bachelor's Thesis in material technology (wood technology)		
Abstract <p>The objective of this bachelor's thesis was to analyze and improve the throughput time of the surface finishing department of a birch plywood mill, using continual improvement thinking from the Lean philosophy. The thesis was commissioned by the Punkaharju birch plywood mill of Metsä Wood.</p> <p>The thesis includes a theoretical section, a practical section and ideas for improvement. The theory section introduces the client company, the plywood finishing process at Punkaharju mills and some tools and terms from Lean thinking that are used in the thesis. The practical section deals with the capacities of the different machine units of the finishing department, the material flows between them, and how those affect the throughput time. The major contributing factor was identified to be the inadequate capacity of the sorting section, caused by quality problems in composing the surface veneers.</p> <p>The work produced the first model of how the finishing department currently functions and a visualization of its material flows. Based on the results of the thesis, four major improvement ideas were brought up, concerning improving the information gathered during the manufacturing process, quality, and the philosophy of production planning.</p> <p>As a result of the thesis, a test project on increasing the average moisture content of dried veneers is being started. Additionally, stricter requirements on the maintenance of the surface veneer composer are being implemented. The goal of these improvements is to solve the congestion problem of the sorting department.</p>		
Keywords birch plywood, finishing, surface finishing, throughput time, continuous improvement		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	TOIMEKSIANTAJA.....	2
2.1	Metsä Group.....	2
2.2	Metsä Wood	2
2.3	Metsä Wood, Punkaharjun vaneritehdas.....	3
3	VANERIN JATKOJALOSTUSPROSESSI.....	4
3.1	Viimeistelyosasto.....	4
3.2	Reunasaha	4
3.3	Esilajittelu	5
3.4	Hionta.....	5
3.5	Lajittelu ja kittaus	6
3.6	Pinnoitus.....	7
3.7	Viimeistelysahaus.....	7
3.7.1	Schelling-saha	7
3.7.2	IMA-saha	8
3.8	Pakkaus.....	8
4	JATKUVAN PARANTAMISEN PERIAATTEET.....	10
4.1	Jatkuva parantaminen.....	10
4.2	Lean-yleistä	10
4.3	Lean ja läpimenoaika.....	11
4.3.1	Tuotannon tasapainotus	11
4.3.2	Varastoinnin minimointi.....	12
4.3.3.	Kingmanin yhtälö	13
4.3.4.	Littlen laki	13
4.4	5S.....	14
5	KOKEELLINEN OSA	16
5.1	Kokeellinen osa	16
5.2	Materiaalivirrat.....	16
5.2.1	Esilajittelu	17
5.2.2	Hionta.....	17
5.2.3	Lajittelu ja kittaus	17
5.2.4	Pinnoituspuoli	18
5.2.5	Pakkaus.....	18

5.3	Läpimenoajan seuranta	19
5.4	Läpimenoajan seurantalaput.....	19
5.5	5S.....	20
6	TULOKSET.....	21
6.1	Läpimenoajan seurantalaput.....	21
6.2	Reunasaha	21
6.3	Esilajittelu	21
6.4	Hionta	22
6.5	Lajittelu ja Kittaus.....	22
6.6	Pinnoitus.....	23
6.7	Viimeistelysahaus.....	23
6.8	Pakkaus.....	24
7	TULOSTEN TARKASTELU	25
7.1	Läpimenoajan seurantalaput.....	25
7.2	Tuote 1	25
7.3	Tuote 2	27
7.4	Kapasiteetit.....	28
7.5	Läpimenoaika ja pinnanlaatu	30
8	KEHITYSEHDOTUKSET	34
8.1	Uusi järjestelmä läpimenoajan ja välivarastoinnin seuraamiseen	34
8.2	Keinoja nostaa lajittelun kapasiteettia	34
8.3	Tuote 3-levyjen tuotanto lyhyemmässä ahiomitassa	35
8.4	Tuotannon rajoittamisen vaikutus kokonaiskapasiteettiin pitkällä aikavälillä.....	36
9	YHTEENVETO	38
	LÄHTEET	39
	LIITTEET	40

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty Metsä Woodin Punkaharjun vaneritehtaan toimeksiantona. Työn tavoitteena on analysoida vaneritehtaan viimeistelyosaston läpimenoaikoja ja niiden kehittäminen. Opinnäytetyö määriteltiin käyttäen Metsä Woodin virallista projektinmäärittelylomaketta (LIITE 1), jossa projektin laajuus, resurssit, tavoitteet, riskit ja aikataulut rajattiin. Työ tehtiin vuoden 2019 keväällä. Työ keskitettiin erityisesti kolmen erilaisen tuotteen seurantaan, joista tuote 1 on pinnoittamattomana pakattava tuote, jota ei korjata lajitteluasemilla; tuote 2 on hankalasti pinnoitettava ja vaatii paloittelusahauksen; ja tuote 3 on erikoispinnoitettu, kahdessa eri mittakategoriassa valmistettava tuote.

Työ valittiin toimeksiantajan aloitteesta ratkaisemaan viimeistelyosaston suuresta välivarastoinnista johtuvia jatkuvia tuoteruuhkia, jotka hankaloittivat tuotantoa. Suureksi osaksi työtä muodostui vallitsevien läpimenoaikojen selvittäminen, sillä työn alkaessa ei ollut vielä olemassa riittävää keinoa mitata mahdollisten parannuksien vaikutusta läpimenoon, läpimenoajan mittarien puuttuessa täysin. Tehtaan viilupuoli, eli alue sorvilta kuumapuristimille, oli jo varsin hyvin tietokoneistettu ja siitä oli hyvin seurantadataa saatavilla, mutta viimeistelyosastolla ei ollut vielä tuotannonseurantajärjestelmiä työnjohtajan muistin ulkopuolella. Vain pinnoituslinjat oli integroitu tehtaan MES-tuotannonohjausjärjestelmään ja pakkauksesta lähtevät valmiit tilaukset merkattiin SAP järjestelmään. Työn alussa viimeistelyosaston läpimenoajat pystyttiin arvioimaan lähinnä noin viikon tarkkuudella, ja tämäkin tarkkuus oli useassa tapauksessa optimistinen, kuten työn edetessä ilmeni. Tämän tilanteen ilmennyttyä havaittiin jo valmiiksi varsin laajan ja avoimen opinnäytetyöaiheen olevan vieläkin suurempi projekti kuin aluksi arvioitiin.

Tämä opinnäytetyö on kvalitatiivinen, eli laadullinen tutkimus, jossa pyritään parantamaan toimeksiantajayrityksen toiminnan laatua. Tutkimusmenetelminä käytetään sopivampien työkalujen puutteessa empiiristä manuaalista datankeräystä ja tämän datan syvällistä analysointia taulukkolaskentaohjelmia käyttäen.

Opinnäytetyö koostuu teoriaosasta sekä teoriaosan jälkeen tulevasta tutkimusosasta. Teoriaosassa selvennetään vanerin viimeistelyprosessi Punkaharjulla, tutustutaan muutamaa lean-filosofian työkaluihin ja kerrotaan toimeksiantajasta. Tutkimusosassa sen sijaan perehdytään viimeistelyosaston läpimenoaikaan liittyviin ongelmiin, havainnollistetaan lähestymistapa ongelman ratkaisuun ja esitetään työllä saavutetut tulokset sekä kehitysehdotukset.

2 TOIMEKSIANTAJA

2.1 Metsä Group

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Metsä Wood ja toimipisteenä Punkaharjun Vaneritehdas. Metsä Wood on osa Metsäliitto Osuuskunta -konsernia, jonka brändinimi on Metsä Group.

Metsä Group on Metsä Woodin emoyritys. Metsä Group koostuu Metsä Woodin lisäksi kartonkiin keskittyvästä Metsä Boardista, selluun ja sahoihin keskittyvästä Metsä Fibrestä, pehmo- ja ruuanlaittopapereihin keskittyvästä Metsä Tissuesta ja puunhankinnan ja metsäpalvelut hoitavasta Metsä Forestista. (Metsä Group 2018.)

Virallisesti Metsä Group on nimeltään Metsäliitto Osuuskunta, mutta vuonna 2012 se muutti markkinointinimensä ja yritysbrändinsä kansainvälisemmäksi Metsä Groupiksi. Molemmat nimet ovat kuitenkin edelleen käytössä. (Metsä Group 2018.)

Metsäliitto Osuuskunnan konsernin yhteenlaskettu liikevaihto oli vuonna 2017 noin 5 miljardia euroa ja henkilöstöä noin 9400 henkeä. Metsäliitto Osuuskunnan omistajiin kuuluu noin 104 000 suomalaista metsänomistajaa ja sen pääkonttori sijaitsee Tapiolassa Espoossa. (Metsä Group 2018.)

2.2 Metsä Wood

Metsä Wood on se osa Metsä Groupia, joka toimii erityisesti puulevyteollisuudessa valmistuen puutuotteita pääasiassa rakennusteollisuuden käyttöön. Aiemmin Metsä Woodin alle kuuluivat myös Metsä Groupin sahalaitokset, mutta ne siirtyivät 2016 Metsä Fibren alaisuuteen.

Metsä Woodin liikevaihto oli vuonna 2017 noin 0,5 miljardia euroa (0,9 miljardia v. 2009) ja työllisti noin 1400 ihmistä. Metsä Woodin tärkeimmät tuotteet ovat havu- ja koivuvanerit, Kerto-LVL-tuotteet ja se toimii myös myyntiagenttina Metsä Fibren tuottamalle sahatavalle.

Metsä Woodin vaneritehtaat sijaitsevat Punkaharjulla, Suolahdessa ja Viron Pärnussa, joista Punkaharju on koivuvaneritehdas ja Suolahti havuvaneritehdas. Pärnun uusi vaneritehdas on myöskin koivuvaneritehdas, mutta se ei sorvaa tai kuivaa omia viilujaan vaan ne kuljetetaan tehtaalle suomesta valmiiksi sorvattuina ja kuivattuina. Kerto-LVL tehtaat

sijaitsevat Punkaharjulla ja Lohjalla. Metsä Woodin pääkonttori sijaitsee Metsä Groupin pääkonttorin yhteydessä Espoon Tapiolassa. (Metsä Group 2018.)

2.3 Metsä Wood, Punkaharjun vaneritehdas

Metsä Woodin Punkaharjun vaneritehdas (Kuva 1) sijaitsee Etelä-Savon maakunnassa, Punkaharjun entisessä kunnassa, joka nykyisin on liitetty Savonlinnan kaupunkiin. Tehdas sijaitsee vain 10 km päässä sekä Etelä- että Pohjois-Karjalan rajalta ja myöskin vain noin 25 km Venäjän rajalta. (Metsä Group 2018)

Vaneritehtaan päätuoteryhmä on jalostettu koivuvaneri. Tehtaan tuotanto koostuu suurilta osin varsin monipuolisista erikoistuotteista. Tehdas työllistää yli 200 henkilöä, ja samalla tontilla toimii myös Metsä Woodin Kerto-tehdas ja Punkavoima Oy:n voimalaitos. (Metsä Group 2018)



Kuva 1. Punkaharjun tehdasalue etelästä (Metsä Wood, 2016)

3 VANERIN JATKOJALOSTUSPROSESSI

3.1 Viimeistelyosasto

Viimeistelyosasto on määritelty alkamaan vanerin valmistusprosessissa kuumapuristimen jälkeen eli kun voidaan alkaa puhua kovista levyistä. Kuumapuristimilta levyt siirtyvät reunasahalle, jossa levyjen kaikki sivut sahataan tasaisiksi ja levy joko asiakasmittaan tai niin kutsuttuun ahiomittaan, jossa on vielä noin 20 mm ylimääräistä joka sivulla. Aihiosahauksen jälkeen levykuormat siirtyvät joko esilajittelun kautta hiontaan tai suoraan hiontaan. Hionnassa ahioiden molemmille puolille suoritetaan sekä karkea- että hienohionnat. Hionnan jälkeen levykuormat siirtyvät joko lajittelu- ja korjauspisteille tai esilajittelussa hyväksi havaitut suoraan pinnoituspuolelle tai pakkaukseen. Lajittelun ja kittauksen jälkeen ahiot siirretään uudestaan hiontaan. Hionnasta ahiot siirtyvät tuotteesta riippuen joko suoraan pakkaukseen (esimerkiksi tuote 1-vanerit ja muut ”valkoisena” pakattavat) tai toiselle kahdesta pinnoituslinjasta. Jotkut puupintaiset tuotteet siirtyvät tässä välissä paloittelusahalle suoraan pakkaamisen sijasta.

Pinnoituslinjoilla aihioille liimataan haluttu pinnoite. Useimmiten ahioiden molemmat puolet pinnoitetaan mutta myös yksipuolinen pinnoitus on mahdollista. Pinnoitusmateriaalit tulevat rullilta. Pinnoitteita voidaan liimata yksi tai jopa kolme kerrosta per puoli. Jotkut pinnoitteet ovat itseliimautuvia kuten fenoliformaldehydihartsipaperi, kun taas toiset vaativat erillisen liimanlevityksen. Pinnoitteen levityksen jälkeen ahiot syötetään linjan omaan kuumapuristimeen. Tämän jälkeen pinnoitetut ahiot päätyvät viimeistelysahoille.

Viimeistelysahoilla ahiot sahataan asiakasmittoihin, jonka jälkeen ne tarkastetaan uudestaan. Tämä tarkistus tapahtuu käsilajittelulinjojen tapaan käsin. Tarkastuksen jälkeen levyt siirtyvät reunasuojaukseen. Reunasuojauksessa levyjen sivut pinnoitetaan maalilla käsiruiskua käyttäen. Kaikkia tuotteita ei reunasuojata. tuotteille voidaan asiakkaan halutessa myös suorittaa työstöjä toisen viimeistelysahalinjan lajittelun yhteydessä sijaitsevalla reunajärsinkoneella. Tämän jälkeen levyt siirretään pakkaukseen ja sitä kautta pois viimeistelyosastolta.

3.2 Reunasaha

Viimeistelyosaston työtehtävät alkavat, kun levyaihiokuormat siirtyvät kuumapuristimien ulostulorullastoilta jonoon odottamaan käsittelyä reunasahalla. Kuormat siirretään R-20- ja R-30-kuumapuristimien purkurullastoilta ensin traverssilla välivarastorullastolle, jolta ne siirtyvät toisen traverssin ylitse reunasahan syöttörullastolle odottamaan käsittelyä.

ENWE-kuumapuristimelta kuormat siirretään trukin avulla suoraan kuumapuristimen purkurullastolta reunasahan syöttörullastolle sopivaan kohtaan.

reunasahalla (Kuva 2) levyt sahataan yhden valvomossa istuvan operaattorin toimesta joko suoraan asiakkaan tilaamiin mittoihin tai vaihtoehtoisesti karsintamittaan, jättäen työstövaraa levyn sivuille tulevia työvaiheita varten. Pinnoitettavien tuotteiden osalta levyt sahataan karsintamittaan poistaen rosoiset viilureunat ja pehmeät reunat levystä, mutta jättäen sivua kohden kuitenkin vielä noin 20 mm sahausvaraa viimeistelysahoja varten. Puupintaisten tuotteiden - esimerkiksi tuote 1-vanerien - osalta aihiot sahataan useimmiten jo reunasahalla suoraan asiakasmittoihin. Puupintaista aihioista sahataan karsintamittaan ne, jotka on tarkoitus paloitella myöhemmin Schelling-sahalla useammiksi pienemmiksi asiakasmittaisiksi levyiksi ja myös kylmäliimattaviksi tarkoitettut aihiot, joista sahataan vielä liimauksen jälkeen reunat irti.

reunasahalta pinkat siirtyvät ideaalitalanteessa traverssilla suoraan esilajitteluun tai hiontaan, mutta tuotevaihtojen välttämiseksi ja ruuhkista johtuen levykuormat siirretään usein myös odottamaan välivarastoon. Usein levykuormat odottavat välivarastoissa työstöä useita päiviä.

3.3 Esilajittelu

Esilajittelulinjalla ahiokuormat lajitellaan yhden valvomossa istuvan operaattorin toimesta paikattaviin ja ehjiin ”priima”-kuormiin. Ehjiksi luokitellut priimakuormat jatkavat prosessissa hionnan läpi suoraan pinnoitukseen tai pakattavaksi. Linja sisältää alipainenostimella tehtävän automaattisen levvysyötön operaattorin eteen yläpinnan tutkimiseksi, alipainekääntimen, jolla levy käännetään pystyasentoon, jolloin operaattori voi nähdä levyn pohjassa mahdollisesti olevat viat ja sitten taas eteenpäin hihnalle, joka kuljettaa levyt joko korjattavien tai ehjäpintaisten pinoihin.

3.4 Hionta

Kaikki tehtaan läpi kulkevat levyt hiotaan yhdellä hiontalinjalla. Punkaharjun hiontalinja sisältää neljä hiomapäätä, joilla suoritetaan ensin raekoon 40 karkeahionnat ja sitten raekoon 100 hienohionnat levyjen molemmille pinnoille. Hiontalinjaa hoitaa aina yksi operaattori, joka vastaa myös suurelta osin ”valkoisen puolen” traverssien ajamisesta ja käytännössä toimii lajittelijoiden työnjohtajana.

Hionta suoritetaan esilajittelun läpäisseille ja myös myöhemmin muilla lajittelupisteillä ehjäpintaistiksi ilmenneille tuotteille vain kerran, mutta korjattaviksi lähetetyt levyt hiotaan

kahteen kertaan. Ensin helpoimpien vikojen poistamiseksi levyt hiotaan kerran, minkä jälkeen ne lähetetään lajitteluun yhdelle kolmesta erityyppisestä lajittelupisteestä. Ehjöpintaisiksi lajitellut kuormat lähtevät hionnan jälkeen suoraan pinnoituspuolelle tai pakkaukseen.

3.5 Lajittelu ja kittaus

Punkaharjun vaneritehtaalla on esilajittelulinjan lisäksi kaksi lajittelukonetta ja kaksi käsilajittelupistettä. Lajittelu työllistää vuorossa tyypillisesti 4-8 ihmistä, riippuen siitä mitkä lajittelupisteet ovat käytössä ja kuinka työvoimaa on käytettävissä.

Jymet-lajittelulinjalla levyt syötetään syöttöasemasta alipainenostimella yksitellen operaattorin eteen tarkistettavaksi ja käsin korjattavaksi. Sitten levyt käännetään tarkistuksen jälkeen alipainekääntäjällä pystyyn kuten esilajittelussa, mutta tällä koneella lajittelija myös korjaa levyt käsin puukitillä levyjen ollessa pystyasennossa. Vikojen havaitsemista ja korjaamista helpottaa voimakas kohdevalaistus. Korjauksen jälkeen alipainekäännin jatkaa levyjen kääntämistä hihnoille, jotka kuljettavat levyt valittuun ulostulolokeroon. Tällä linjalla on yksi operaattori, yksi syöttöasema ja kolme erillistä ulostuloa ja se on nopea ja operaattorille vaivattomin lajittelulinja, käsitellen yhden levyn keskimäärin noin 60 sekunnissa.

Raute-lajittelukone on yksinkertaisempi kuin Jymet-linja, ja se sisältää vain koneen, joka kääntää levyn suoraan saksihissillä olevasta pinosta toisella saksihissillä olevaan pinoon lajittelijan puolesta. Lajittelija korjaa levyt suoraan pinojen päällä. Tällä koneella on yksi tai kaksi operaattoria ja kaksi ulostuloasemaa, joista toinen on huonolaatuiselle ”kilovanerille”, jonne levyjä työnnetään käsin yksi kerrallaan, kun lajittelija luokittelee ne liian huonolaatuisiksi. Kun koneella työskentelee yksi operaattori, tämä kone on lajittelupisteistä hitain käsittelemään levyjä yhden levyn vieden useimmiten yli 120 sekuntia. Kahdella operaattorilla tämä aika putoaa noin 60 sekuntiin. Tärkein etu käsilajitteluun nähden linjassa on se, että levyt käännetään koneellisesti, mikä erityisesti paksuilla ja raskailta levyillä helpottaa operaattorien työntekoa.

Käsilajittelupisteet ovat vielä Raute-lajittelukonettakin yksinkertaisempia. Käsilajittelupisteellä kaksi lajittelijaa tarkistavat ja tarvittaessa korjaavat levyn ensin suoraan syöttöpinon päällä, minkä jälkeen he käsin nostavat ja kääntävät levyn ylösalaisin toisen pinon päälle, minkä jälkeen myös tämä puoli tarkistetaan ja korjataan. Käsilajittelupisteitä on yleensä käytössä yksi tai molemmat kerrallaan ja yksi käsilajittelupiste tarvitsee aina kaksi operaattoria. Yhden levyn käsittely vie keskimäärin noin 60 sekuntia.

Kittauksen jälkeen levyt on hiottava uudelleen ennen kuin ne voidaan lähettää eteenpäin pinnoitukseen tai pakkaukseen. Ehjöpintaisiksi lajitellut kuormat sen sijaan joko poimitaan

traverssilta trukilla varastoon tai pinnoitettavaksi, tai sitten traverssi vie ne suoraan pinnoitusosaston läpi pakkaukseen menevälle rullastolle pakattavaksi vientiä varten.

3.6 Pinnoitus

Pinnoituslinjalla aihioille liimataan haluttu pinnoite. Useimmiten aihioiden molemmat puolet pinnoitetaan mutta myös yksipuolinen pinnoitus on mahdollista. Pinnoitusmateriaalit tulevat rullilta. Pinnoitteita voidaan liimata yksi tai useampi kerros levyn molemmille puolille. Jotkut pinnoitteet ovat itseliimautuvia, kuten fenoliformaldehydihartsipaperi, kun taas toiset vaativat erillisen liimanlevityksen. Pinnoitteen levityksen jälkeen aihiot syötetään linjan omaan moniväliseen kuumapuristimeen. Punkaharjulla on kaksi erillistä pinnoituslinjaa. Tärkeimmät erot näiden välillä ovat mahdollinen puristuspituus ja pinnoiterullaparien määrä.

Pinnoitteisiin voidaan haluttaessa painaa kuumapuristimella viirakuvio puristinväleihin asetettavia viiraverkkoja käyttämällä. Viirojen asennus ja poisto vie aina noin 30 minuuttia, joten tuotanto on hyvä suunnitella siten, että viirakuviollisia tuotteita ajetaan mahdollisimman paljon peräkkäin. Myös pinnoiterullien vaihto voi aiheuttaa taukoja tuotannossa, joten samaa pinnoitetta käyttäviä tilauksia on tehokasta ajaa peräkkäin. Erityisesti toisella pinnoituslinjoista pystyy suunnitella pinnoitevaihtoja paremmin, sillä vain hyvin harvat tuotteet käyttävät kaikkia koneen mahdollistamia pinnoitekerroksia kerralla, joten seuraavalla tuotteella tarvittavia pinnoiterullia voi vaihtaa jo valmiiksi tuotantoa pysäyttämättä edellisten tuotteiden vielä ollessa ajossa.

3.7 Viimeistelysahaus

Punkaharjun vaneritehtaalla on neljä levysahaa. Näistä mainittiin jo reunasaha, jolla suoritetaan kaikki karsintasahaukset ja osa viimeistelysahauksista tietyille tuotteille. Reunasaahan lisäksi on käytössä kaksi varsinaista viimeistelysahalinjaa, Schelling ja IMA, jotka molemmat sisältävät kaksi sahayksikköä - yhden levyn päädyille ja yhden kyljille - lajittelupisteen ja reunasuojausaseman. Viimeinen sahoista on yksittäinen Holzma-paloittelusaha, jolla tehdään vain hyvin pieniä tilauksia ja paloitellaan hävitettäviä levyjä murskaimelle.

3.7.1 Schelling-saha

Schelling-sahalinjalla käytetään pyörösahoja, joilla ylisuuret aihiot pystytään tarvittaessa paloittelemaan useammiksi pienemmiksi asiakasmittaisiksi levyiksi. Tämä nostaa keinotekoisesti pinnoituslinjojen kapasiteettia, kun yhdestä pinnoitepuristimen läpi ajetusta levystä saadaan kaksi tai useampia valmiita asiakasmittaisia levyjä. Itse Schelling-sahaa pyörittää yksi valvomossa istuva operaattori ja linjalla on automaattiset alipainesyöttölaitteet ja pinkkausautomaatti. Sahalla on levypinkoille vain yksi sisään ja ulostuloasema.

Sahatut levykuormat kuljetetaan sahan ulostulosta omalla traverssilla Schelling-sahan käsinlajittelupisteelle. Tässä jälleen kaksi lajittelijaa tarkistaa levyjen molemmat pinnat sahaus ja pinnoitevaurioiden varalta. Lajittelun jälkeen kuormat syötetään joko pysähtymättä reunasuojauskopin lävitse pakkaukseen, reunasuojattavaksi tai työstöjyrsimelle jos asiakas on tilaukseen työstöjä halunnut ja ne pystytään suoraan tehtaalla suorittamaan. Työstön jälkeen levyjä ei enää lajitella vaan ne lähetetään suoraan eteenpäin aivan kuten normaalisti lajitellut levyt.

Reunasuojauksessa levykuormien reunat maalataan maaliruiskulla vesisuojausparantamiseksi asiakkaan näin halutessa. Useimmiten pinnoitetut tuotteet myös reunasuojataan. Reunasuojauskopista kuormat liikkuvat taas traverssin yli pakkausta kohti vievälle rullastolle.

3.7.2 IMA-saha

Toinen tehtaan varsinaisista viimeistelysahalinjoista on IMA-kursosaha. IMA:lla levyjen reunat murskataan kursoilla, joten levyjen paloittelu ei ole mahdollista kuten Schellingillä. Myöskään yli 40 mm sahauksia ei levyjen reunoista pystytä tekemään kursojen luonteesta johtuen. IMA-sahan suurin etu Schellingiin nähden on sen suurempi kapasiteetti, mutta sen käytettävyyttä rajoittaa paloittelusahauksen mahdollisuuden puuttuminen. Myös paksuuden vaihtuessa on tehtävä varsin vaivalloinen mekaaninen säätö. IMA-sahalle kannattaa siis ajaa erityisesti suuria tilauseriä ja suunnitella tilaukset ajettavaksi paksuusjärjestyksessä.

Kun levy on kulkenut molempien sahausyksikköjen läpi, syötetään levyt esilajittelulinjan tyyppiselle lajitteluasemalle. Tässä operaattori lajittelee alipainenostimella pystyyn käännettävät levyt ja lähettää ne aina toiseen kahdesta ulostuloasemasta.

Nämä lajittelulokerot johtavat suoraan IMA:n reunasuojauskoppiin, missä levyt taas tarvittaessa reunasuojataan kuten Schellingilläkin. Reunasuojauskopista valmiit kuormat vieään traverssilla suoraan pakkauskoneelle.

3.8 Pakkaus

Punkaharjun vaneritehtaalla on yksi pakkauskone ja se sisältää automaattisen aluspuukasetin ja Crosswrap-kutistemuovikäärintälaitteen. Paketteihin ei enää useimmiten laiteta muovivanteita vaan aluspuut kiinnitetään pelkästään koko paketin kietovalla kutistekalvolla. Aluspuiden kohdalla käärintäkone käärii useita kierroksia muovia päällekkäin aluspuiden kiinnityksen varmistamiseksi, useimmiten 7 kierrosta. Kapeampia levyjä useampia rinnakkain pakattaessa paketteihin laitetaan myös muovivanteet käsikäyttöisellä vanneuskoneella, jotta pakettia avattaessa levyt eivät pääsisi kaatumaan pois aluspuilta.

Työstettyjä levyjä pakatessa on syytä laittaa suojalevyjä muovin alle työstettyjen reunojen suojaamiseksi. Myös esimerkiksi muihin mittoihinsa nähden korkeita paketteja ja pitkälle kuljetettavia paketteja suojataan usein ylimääräisin suojavanerein.

Osa paketeista myös ”ristikkopakataan”, jolloin paketin pinnoille ja kaikille sivuille laitetaan suojaksi ylimääräiset ohuet vanerilevyt ja pahviset kulmasuojat, jonka jälkeen paketit kääritään muovivanteella ja kutistekalvolla. Nämä suojaavat vanerilevyt joudutaan sahaamaan käsin pakkaajien toimesta, joten tämä pakkaustapa on huomattavasti työläämpi ja hitaampi. Tällä pakkaustavalla tavoitellaan parempaa suojausta kuljetusta varten, mutta kosteussuojauksessa ja levyjen suorana pitämisessä pelkkä muovikääre on todettu tehokkaammaksi.

Syöttö paketoitinkoneelle tapahtuu traverssilla, joka hakee pakattavat kuormat joko suoraan IMA:n reunasuojauskopilta tai sitten Schellingin reunasuojauskopilta tulevalta kuljettimelta. Myös puupintaisina pakattavat kuormat ja ristikkopakattavat syötetään Schellingiltä tulevalle kuljettimelle pakkaukseen syöttämistä varten.

4 JATKUVAN PARANTAMISEN PERIAATTEET

4.1 Jatkuva parantaminen

Jatkuvan parantamisen periaate on osa Lean-filosofiaa. Leanin alkuperäiskielessä japanissa jatkuva parantaminen tunnetaan termillä ”Kaizen”. Monet yritykset pyrkivät suorittamaan jopa satoja Kaizen-projekteja vuodessa, mutta tämä vaatii lean-tietoisien ja motivoituneiden henkilökunnan toimiakseen. Kaizen-projekteja voidaan tehdä aina kun havaitaan joku kehittämisen kohde prosessissa, tai vaikkapa satunnaisena Kaizen-iskuna, vaikka ongelmaa ei olisikaan etukäteen havainnoitu. (Pound, Bell & Spearman 2014, s. 27-31.)

Jatkovaa parantamista kuvataan ja toteutetaan monella eri metodilla, kuten vaikka PDCA tai DMAIC. Näistä leanissa käytetty PDCA on akronyymin sanoista Plan, Do, Check, Act, suom. Suunnittele, Tee, Tarkista, Toimi. Six Sigma-menetelmässä käytettävä DMAIC koostuu puolestaan sanoista Define, Measure, Analyze, Improve, Control, eli suomeksi Määrittele, Mittaa, Analysoi, Paranna ja Kontrolloi. Kaikki näistä viittaavat siis järjestelmälliseen tapaan lähestyä havaittuja ongelmakohtia ratkaisuo-rientoituneella tavalla. (Laakkonen 2017; Tayntor 2003, 2-25.)

Lyhyesti jatkuva parantaminen tarkoittaa sitä, että laatuongelmat yritetään ratkaista heti niiden ilmenemäkohdassa välittömästi havaitsemisen yhteydessä. Usein kuitenkin työpisteellä havaittava laatuongelma johtuu jo aiemmalla työpisteellä tapahtuneesta asiasta, jolloin ongelmaketju on selvitettävä juurisyitään myötä seuraten ongelmaa sen oikealle alkupisteelle asti. Tämänkaltaista juurisyyn selvitysprosessia kutsutaan esimerkiksi nimellä 5 x miksi, jossa kysytään ensin ”miksi tämä laatuongelma ilmenee?”, jonka jälkeen syy selvitetään. Prosessia ei kuitenkaan jätetä tähän, vaan jatketaan ongelman uudella aiheutumispisteellä uudestaan, ”miksi tämä ongelma syntyy tässä pisteessä?”. Tätä kysymys ja selvityskiertoa jatketaan, kunnes havaitaan riittävä juurisyyn ongelmalle. Juurisyyn riittävyyden varmistaminen tehdään kysymällä ”Tuleeko oletetun juurisyyn ratkaisu ehkäisemään ongelman toistumisen?”. Mikäli tämä ei ongelmaa ratkaise, tai juurisyitä ei pystytä löytämään, on ongelmaa lähestyttävä uudelleen eri kantilta. (Laakkonen 2017.)

4.2 Lean-yleistä

Lean on saanut alkunsa Japanissa Toyota Production Systemistä ja se keskittyy kaiken hukan vähentämiseen teollisessa tuotannossa laadun parantamiseksi. Toisin sanoen, Leanin ideana on tehdä enemmän tuottoa pienemmällä määrällä resursseja. Leanissa

hukaksi lasketaan muun muassa ylimääräinen välivarastointi, tuotannon ruuhkatilanteet ja myös yksittäisten työpisteiden pienet epätehokkuudet työtavoissa. (Liker 2013, s. 16-22.)

Lean perustuu standardointiin. Standardiin kuuluu Turvallisuus, Laatu, Aika ja Kustannus. Standardi saavutetaan standardoitujen työvaiheiden kautta. Standardoiduilla työvaiheilla saavutetaan haluttu tulos. (Liker 2013, s. 16-22)

Aina standardoitu työtapa ei tuota standardinmukaista lopputulosta. Tällöin on tehtävä hälytys (andon) ja selvitettävä mikä prosessissa on vikana. Ongelmanratkaisu pitää hälytystilanteissa aloittaa nopeasti ja auttavalla asenteella, ei negatiivisesti tai viiveellä. Työntekijä on tärkeässä roolissa ongelmanratkaisussa yhteistyössä työnjohdon kanssa systemaattisesti PDCA-prosessia käyttäen. PDCA eli Plan Do Check Act auttaa ratkaisemaan ongelman huolellisemmin ja antaa mahdollisuuden päivittää standardia paremmaksi. (Liker 2013, s. 16-22)

Ongelman ratkettua palataan standardiin, jota on mahdollisesti päivitetty ongelmanratkaisuprosessin tuloksena. Palonsammutus-tyylisestä ongelmanratkaisusta olisi päästävä eroon. (Liker 2013, s. 16-22)

Yksi Leanin opeista on se, että työntekijän tekemän työn laatu ei voi ylittää työntekijän käytössä olevien työmateriaalien ja työkalujen laatua. Kaikista laatuongelmista ei siis voida syyttää työntekijän puutteellista osaamista tai motivaatiota. (Liker 2013, s. 24-25)

4.3 Lean ja läpimenoaika

Lean-ajattelussa läpimenoaika yhdistetään vahvasti välivarastointiin ja vaihteluun. Factory Physics for Managers (2014) kirjassaan Pound, Bell ja Spearman kuvaavat läpimenoajan vaikutusta tuotantoon matemaattisesti esimerkiksi Kingmanin yhtälöä ja Littlen lakia käyttäen.

4.3.1 Tuotannon tasapainotus

Tuotantoa tasapainotetaan lähinnä myynnin kautta. Kun tuotannon materiaalivirrat ja kapasiteetit eri pisteissä tiedetään, voidaan tilauksien tuotesekoiteella optimoida tehtaan kokonaiskapasiteettia kuormittamalla kaikkia konelinjoja sopivilla tuotteilla oikeissa määrissä. Esimerkiksi pinnoituskoneet ja paloittelu- ja työstösahat ovat hyviä esimerkkejä tuotesekoiteella tasapainotettavasta kapasiteetista. Jos pinnoituskoneiden kapasiteetti on x % pakkauslinjan kapasiteetista, on luonnollisesti järkevää pyrkiä myymään 100-x % levyistä pinnoittamattomina, jos tilauskanta on yhtä suuri kuin pakkaus koneen kapasiteetti.

Myös pakkaukseen voi vaikuttaa tasapainotuksella puupintaisten ja pinnoitettujen levyjen kesken. Pakkaukseen syötetään luonnollisesti kaikki tehtaan läpäisevät levyt, mutta tärkeää pakkauslinjan tehokkaan käytön kannalta on pitää materiaalivirta sisään mahdollisimman tasaisena. Pakkauksen kokonaiskuutiot laskevat, kun linja joutuu välillä odottamaan pakattavia tavaroita ja välillä taas hukkuu pakettitulvaan molempien sahojen ja puupintaisten tuotteiden virratessa pakattavaksi yhtäaikaisesti. Tämä odotus ilmenee tuotannossa pidentyneenä läpimenoaikana.

Mitä lyhyempi on tuotteiden läpimenoaika, voidaan olettaa tehtaan tuotannon olevan sitä tehokkaampaa ja toimivampaa. Tämä oletus voi kuitenkin olla väärin, sillä varma tapa lyhentää yksittäisen tuotteen läpimenoaikaa on varmistaa, ettei se joudu missään vaiheessa odottamaan seuraavaan työvaiheeseen pääsyä. Tämän varmistaminen puolestaan vaatii varsinkin monimutkaisemmalla tuotesekoitteella hyvinkin alhaista konekannan utilisaatioastetta konekannan joutuessa odottamaan tuotetta valmistumaan edelliseltä työpisteeltä. (Pound, Bell ja Spearman 2014, s. 72-74.)

Läpimenoajan optimointi on siis tasapainottelua kokonaiskapasiteetin utilisaatioasteen, lyhyempien toimitusaikojen ja tuotannon ajoittamisen ja tasoituksen välillä. Punkaharjun tehtaalla käytännössä kaikki tuotanto tehdään tilaustyönä, eli työ on asiakasohjautuvaa. Tällöin luvatusajan on oltava siis pidempi kuin läpimenoaika. Pitkä läpimenoaika johtaa siis suoraan siihen, että toimitusajat on asetettava varsin kauas tulevaisuuteen. Kun tämän yhdistää tilanteeseen, jossa tilauksia ei useimmiten saa lähettää asiakkaalle ennaikaisesti, johtaa tämä valtavaan tuotevarastoinnin tarpeeseen tehtaalla, joka sitoo suuria määriä pääomaa. Nämä pitkät toimitusajat pidentävät suoraan myös asiakkaiden omia toimitusaikoja ja täten saattavat vähentää asiakastytyvyyttä ja mahdollisesti tätä kautta myös tulevia tilauksia.

Mikäli toimitusaika mitoitetaan yhtä suureksi keskimääräisen läpimenoajan kanssa, johtaa tämä varianssin vaikutuksesta myöhästyneisiin tilauksiin ja siihen, että tuotannon kuormitus vaihtelee tilaustilanteen mukaisesti, tehden tuotannon tasapainotuksesta hyvin vaikeaa. (Pound ym. 2014, s. 100-106.)

4.3.2 Varastoinnin minimointi

Varastoinnin minimointi on leanissa oleellinen osa läpimenoajan kehityskonseptia. Varastoinnin minimointi tarkoittaa siis sitä, että vähennetään sitä aikaa, jonka tavara odottaa esimerkiksi seuraavalle työpisteelle pääsyä. Pian esiteltävä Kingmanin yhtälö havainnollistaa kuinka tämä on riippuvainen konekannan utilisaatioasteesta, joka perinteisesti on se

suure mitä teollisessa tuotannossa pyritään maksimoimaan kaiken muun kustannuksella. Mikäli läpimenoaikoja halutaan prosessia muuttamatta siis lyhentää, on konekannan utilisaatioastetta ajateltava kriittisemmin. Lähestytään tätä ajatusta luvussa 8.4.

4.3.3. Kingmanin yhtälö

Kingmanin yhtälö havainnollistaa läpimenoajan yhteyttä konekannan utilisaatioasteen, varianssin ja odotusajan välillä.

$$CT = t_e + CT_q$$

$$CT_q = VUT$$

jossa:

CT_q = Cycle Time (queue) eli odotusaika

V = Variability eli varianssi

U = Utilization eli käyttöaste

T = Time eli aika

KAAVA 1. Kingmanin yhtälö selitteineen. (mukailtu Pound ym. 2014, s 72.)

Pound, Bell ja Spearman esittävät kirjassaan *Factory Physics for Managers* esimerkkinä tilanteen jossa halutaan nostaa konekannan käyttöastetta 70 %:sta aina 95 %:n käyttöasteeseen asti eli tavoitellaan 36 % parannusta utilisaatiossa. Kun nämä arvot asettaa Kingmanin yhtälöön joka on ratkaistu U-arvon suhteen ja oletetaan varianssin ja sykliajan pysyvän samana, nousee odotusaika 714 %. On tuotantoa suunniteltaessa siis päätettävä onko tämän tapauksen utilisaatioasteen 36 % kasvu odotusajan 714 % pitenemisen arvoista. (Pound ym. 2014, s 72.)

4.3.4. Littlen laki

Littlen laki on jonotusyhtälö joka kuvailee perustavanlaatuista suhdetta välivarastoinnin määrän, sykliajan ja läpimenomäärän välillä. Littlen lain avulla voidaan mitoittaa tuotantoa tuotannon pullon kaulaan suhteutettuna mahdollisimman tehokkaaksi. Tyypillisesti Littlen laki kirjoitetaan muodossa:

$$L = \lambda W$$

jossa:

L = jonossa olevien yksiköiden lukumäärä

λ = keskimääräinen jonoon saapumisnopeus aikayksikössä

W = keskimääräinen jonotusaika

KAAVA 2. Littlen laki selitteineen. (mukailtu Pound ym, 2014, s 82.)

Littlen laki on kuitenkin erityisen hyödyllinen vain tilanteessa, jossa tuotanto voidaan suhteuttaa tasaisen tuotannon pullonkaulan mukaan.

Tämä Littlen lain ilmaisema suhde voidaan kirjoittaa myös muodossa

$$CT = \frac{WIP}{TH}$$

jossa:

WIP = Work-In-Progress eli välivarastot, työstöön pääsyä odottavien kappaleiden lukumäärä

TH = Throughput eli läpimeno, kysyntä eli vaadittu pitkän ajan kapasiteetti

CT = Cycle Time eli jaksoaika

KAAVA 3. Littlen lain toinen muoto selitteineen. (mukailtu Pound ym, 2014, s 83.)

Joten kun vaadittu kapasiteetti ja välivarastoinnin määrä tiedetään, voidaan laskea esimerkiksi tietyn tuotetilauksen läpimenoaika lasketun konelinjan tai tuotantokokonaisuuden lävitse. Tätä kaavaa voi myös käyttää tuotannon optimointiin asettamalla tavoite yhdelle luvuista ja säätämällä toisia suureita, kunnes haluttu taso saavutetaan. (Pound ym. 2014, s. 82-84.)

4.4 5S

5S on lean-filosofiaan sisältyvä työpisteiden standardisointi ja organisointimenetelmä. Sen tavoitteena on parantaa tuottavuutta siistimmän ja tarkoituksenmukaisemman työpisteen tuomien hyötyjen kautta. (Kuusisto 2017.)

Nimi 5S tulee menetelmän viiden vaiheen japaninkielisistä nimistä; Seiri (Sorteeraus), Seiton (Systematisointi), Seiso (Siivous), Seiketsu (Standardisointi) ja Shitsuke (Seuranta). (Kuusisto 2017.)

Ensimmäinen vaihe eli Sorteeraus tarkoittaa sitä, että työpisteeltä poistetaan kaikki tarpeettomat tavarat ja loput useimmiten tarvittavat tavarat järjestetään helpoimmin saataville. Yksi tapa tehdä tätä on lisätä punaisia lappuja mahdollisesti tarpeettomiin tavaroihin, jotka poistetaan, mikäli tavaraa käytetään. Halutun ajanjakson kuluttua, kuten esimerkiksi

kahden viikon jälkeen, kaikki vielä punaisen lapun omaavat tavarat viedään pois. Tämä vaihe auttaa poistamaan esimerkiksi rikkinäisiä ja muutoksien tarpeettomaksi tekemiä työkaluja työpisteeltä turhaan lojumasta. Tähän vaiheeseen voidaan myös liittää ylimääräisen työntekijän liikkumistarpeen vähentäminen. Työntekijän työssään tekemiä liikkeitä seurataan tekemällä niin sanottu spagettikaavio, jossa työpiste kartoitetaan ja kaikki työntekijän tekemät siirtymät piirretään tästä syntyvälle piirrokselle. Tästä voidaan yrittää havainnoida ja eliminoida työntekijän tekemiä turhia siirtymiä. (Leskinen 2018.)

Toinen vaihe eli Systematisointi tarkoittaa pysyvien paikkojen löytämistä ensimmäisessä vaiheessa tarpeellisiksi havaituille tavaroille. Tavaroiden paikat voidaan merkitä esimerkiksi piirtämällä työkalun siluetti työkaluseinään tai vaikkapa teippaamalla selkeät rajat jäteastioille lattiaan. Nämä alueet on hyvä myös nimetä ja värikoodata. Tähän voidaan saada apua spagettikaavion tulkitsemisen kautta, jos huomataan esimerkiksi työkalun noutamisen aiheuttavan turhaa edestakaista liikettä. (Leskinen 2018.)

Kolmas vaihe eli Siivous käsittää työpisteiden perinpohjaisen puhdistuksen. Tässä vaiheessa puhdistetaan myös paikat, jotka yleensä jätettäisiin likaisiksi. Tämän työvaiheen tarkoituksena on helpottaa tulevaisuudessa vikatilanteiden kuten öljyvuotojen havainnointia ja muutoinkin parantaa työpisteen viihtyvyyttä ja ulkoasua. Työpisteen siivous olisi tarkoitus saada päivittäiseksi rutiiniksi vanhoihin tapoihin lipsumisen ehkäisemiseksi. (Leskinen 2018.)

Neljäs vaihe eli Standardisointi tarkoittaa hyvien työtapojen tekemistä normaaliksi. Tähän sisältyy esimerkiksi jäteastioiden tyhjennyssyklin määrittely, siivouksien määräaikainen aikataulutus ja työkalujen säilytyspisteiden ylläpidon. (Leskinen 2018.)

Viides ja viimeinen vaihe on Seuranta. Tämä helposti sivuutettava vaihe on erinomaisen tärkeä ja se vaihe, joka useimmiten 5S-projekteissa epäonnistuu. Tämä vaihe tarkoittaa sovitujen uusien työtapojen jatkuvan noudattamisen seuranta. Vaikka tämä onkin 5S-prosessin viimeinen vaihe, ei tämä tarkoita kuitenkaan 5S-projektin loppumista, vaan prosessi on syytä suorittaa tietyin väliajoin uudestaan erityisesti jälleen työpisteille ilmaantuneiden tarpeettomien tavaroiden havainnoimiseksi ja poistamiseksi ja mahdollisiin muutoksiin reagoimiseksi. (Mäkelä 2012.)

5 KOKEELLINEN OSA

5.1 Kokeellinen osa

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli analysoida ja kehittää vaneritehtaan viimeistelyosaston läpimenoaikoja. Opinnäytetyön kokeellinen osa suoritettiin pääasiallisesti kvantitatiivisena tutkimuksena. Suurin osa työstä koostui numeerisen datan keräämisestä ja sen taulukoinnista, analysoinnista ja kuvantamisesta. Hyväksi mittariksi viimeistelyosaston materiaalivirtojen kuvaamiseen havaittiin tuotekuutioiden sijasta olevan kappalemäärät, tuotantokapasiteettien riippuessa suuresti levyjen paksuudesta.

Opinnäytetyön laajuus päätettiin alustavasti rajata kolmeen tuotetyyppiin, joiden läpimenoaikoja viimeistelyosastolla oli tarkoitus havainnollistaa ja seurata. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää viimeistelyosaston läpimenoaikoja, joka ToC (Theory of Constraints) ajattelussa yhdistetään suoraan pullonkauloihin ja Littlen laissa sykliajan ja WIP:in (Work In Progress) kautta varianssiin. Varianssin tiedetään vaativan suurempia puskureita työvaiheiden välillä tuotannon pysähtymisen estämiseksi, nostoen sykliajoja. Tämänkaltainen tuotantopuskuri ilmenee siis suurempina välivarastointiaikoina ja siten pidempänä kokonaisläpimenoaikana.

Viimeistelyosastolla havaittiin välivarastointia aiheuttavan kuitenkin suunnitellun tuotantonsauspuskurin sijaan laatutekijöiden aiheuttama kapasiteetin lasku ja tästä johtui erään tuotantovaiheen vaikea pullonkaulautuminen. Tämä saatiin selville jo työn alussa tutustumalla viimeistelyosaston kone kantaan ja materiaalivirtoihin, keskittyen pullonkaulojen identifiointiin.

5.2 Materaalivirrat

Viimeistelyosastolle syöttää tavaraa kolme kuumapuristinta. Kaikki levyt kulkevat ensin reunasahan läpi, joten se määritettiin tärkeimmäksi rajoittavaksi tekijäksi tuotannossa ja siksi se näytetään kaikessa datassa vertailuarvona. Sen normaalikapasiteetti on kuitenkin niin korkea, että se ei käytännössä koskaan rajoita normaalitilanteessa koko viimeistelyosaston kapasiteettia.

5.2.1 Esilajittelu

Esilajittelulinjan läpi on mahdollista syöttää noin 50 % reunasahan kapasiteetista. Esilajittelu helpottaa lajittelujen ruuhkaa poistamalla ehjöpintaisia levyjä korjausjonoista aikaa viemästä. Esilajittelu vähentää myös uudelleenhionnan määrää, sillä esilajittelussa ehjöpintaisiksi lajitellut levyt hiotaan vain kerran. Esilajittelua ei tehdä puupintaisina pakattaville tuotteille, eikä kuormille, joita ei pystytä välittömästi esilajittelun syöttörullastolle syöttämään. Tässä vaiheessa tuotantoa ei siis tapahdu välivarastointia enempää kuin mitä esilajittelun rullastoille kerralla mahtuu, eli yksi odottava kuorma, yksi lajittelussa oleva kuorma, sekä ehjöpintaisten ja korjattavaksi lajiteltujen kuormat joihin levyt syötetään lajitelijan tarkastuksen jälkeen.

5.2.2 Hionta

Lähes kaikki levyt hiotaan ainakin kerran. Noin 20-80% levyistä korjataan ja siksi hiotaan toistamiseen, johtaen 120-180% hionta-asteeseen. Muutamat tuotteet pakataan hiomattomina mutta tämä on hyvin pieni osa tilauksista. Hionnan kapasiteetti on huomattavasti suurempi kuin reunasahan, joten hionta on harvoin rajoittava tekijä normaalituotannossa. Vain tuotteilla, jotka ovat alle 12 mm paksuja ja yhdistettynä huonon pinnanlaadun aiheuttamaan korkeaan uudelleenhionta-asteeseen, voi hionnan kapasiteetti jäädä riittämättömäksi reunasahaiin verrattuna. Tällöin kuitenkin lajittelun ongelmat ovat huomattavasti suurempia kuin hionnan, joten se ei jää tuotannon pullonkaulaksi tällöinkään.

5.2.3 Lajittelu ja kittaus

Lajittelu ja korjauspisteet ovat viimeistelyosaston hankalin alue tuotannon ennustettavuuden puolesta erityisesti kahdesta syystä. Lajittelu on vähiten koneellistettu alue tuotannossa, joka johtaa työntekijöiden tehokkuuden ja motivaation suureen välittömään vaikutukseen tuotantokapasiteetissa. Jos motivaatio ja pinnanlaatu on matala, saattaa lajittelu-pisteellä koko vuoro mennä yhden nipun kanssa työskennellessä. Toisaalta hyvänä vuorona voi parhaimmillaan saada yhdellä käsilajittelupisteellä käsiteltyä jopa kolmekin nippua tunnissa, mikäli vain tuote ja pinnanlaatu tämän mahdollistaa. Tässä onkin toinen ennustettavuuden ongelma; pinnanlaadun vaikutus korjausaikoihin ja siten lajittelujen kokonaiskapasiteettiin.

Koska pinnanlaatua ei aktiivisesti havainnoida, ei pystytä myöskään lajitteluun kuluvaan aikaan ennustamaan edes tyydyttävällä tarkkuudella. Tämä varianssi kertautuu motivaatiosta

johtuvalla varianssilla saaden lajittelujen yhteiskapasiteetin heittelemään potentiaalisesti jopa kymmenkertaisesti. Lajittelusta olisi saatava tuotetta tasaisesti ulos lähes reunasahan tuotannon verran, jotta lajittelu ei olisi selkeä pullonkaula tuotannossa. Lajittelujen tavoitekapasiteetti saadaan, kun vähennetään esilajittelussa ehjiksi lajiteltujen levyjen lukumäärä reunasahan tuotantolukemista.

5.2.4 Pinnoituspuoli

Kun levyt ovat hyväksytysti läpäisseet lajittelun alkaa tuotanto haarautumaan enemmän erilaisiin tuotteisiin. Puupintaiset tuotteet lähetetään suoraan pakkaukseen jo tässä vaiheessa, mutta pinnoitettavien tuotteiden viimeistelyprosessi on vasta puolivälissä. Nämä lajittelujen jälkeen tulevat työpisteet, kuten pinnoituskoneet ja viimeistelysahat nauttivat kuitenkin keinotekoisesta kapasiteetin nostosta, sillä vain osa reunasahalta ulos tulevista tuotteista lopulta päätyy näille lainkaan. Näiden linjojen pullonkaulaefekti on siis huomattavasti pienempi kokonaistuotantoon verrattuna. Pinnoituspuolen kapasiteettiongelmat ovat pikemminkin siinä, että lajittelun kapasiteetti ei riitä ruokkimaan tuotantolinjoja riittävällä tahdilla ja linjoja joudutaan välillä jopa pysäyttämään työstettävän tavaran puutteessa.

5.2.5 Pakkaus

Viimeistelyosaston viimeinen koneyksikkö ja samalla viimeinen koko tuotantoon vaikuttava pullonkaula on pakkauslinja. Jokaisen ei sekundaksi määritellyn levyn on joskus kuljettava myös pakkauksen lävitse päästäkseen pois tehtaalta. Pakkauslinjan kapasiteetin havaittiin vaihtelevan eri pakkaustapojen välillä varsin merkittävästi, mutta tärkeimpien pakkauksen kapasiteettiin vaikuttavien tekijöiden havaittiin olleen se, kuinka monta levyä yhdessä pakkauksessa oli, ja kuinka tasaisesti pakkaukseen virtasi pakkauskuntoisia kuormia. Pakkauskone valmistaa paketteja varsin tasaisella tahdilla, riippumatta siitä kuinka monta levyä paketissa on, eli mitä enemmän levyjä yhdessä paketissa oli, sitä suurempi kapasiteetti pakkauskoneella oli. Pakkauksen kapasiteettiin vaikuttaa tietysti myös se, jos pakkauslinja joutuu odottamaan pakattavaa tavaraa saapuvaksi. Pakkauslinjalla oli kuitenkin välillä myös ongelmia tuoteruuhkan kanssa. Jos pakkaukseen menevää materiaalivirtaa pystyttäisiin tasoittamaan pidemmällä aikavälillä, nähtäisiin kokonaiskapasiteetin nousua.

Tämäntyyppisen tuotannosuunnittelun onnistumiseksi vaaditaan suunnitelmallista välivarastointia. Välivarastointi johtaa kuitenkin Littlen lain mukaan läpimenoajan kasvamiseen, joka oli se asia mihin tässä työssä pyrittiin keskittymään. Läpimenoajasta ei ennen työn

alkua ollut käytettävissä minkäänäköistä numeerista dataa, joten se oli hankittava itsenäisesti.

5.3 Läpimenoajan seuranta

Läpimenoaikoja lähdettiin selvittämään kolmella eri tavalla, jotta tuloksia pystyttäisiin vertailemaan luotettavuutta silmällä pitäen. Nämä keinot olivat seuraavat:

- Kyseltiin linjojen työntekijöiltä heidän arvioitaan konelinjojen kapasiteetista ja siitä, mitkä asiat siihen vaikuttavat.
- Ajastaa henkilökohtaisesti koneen tuotantocyklejä ja laskea niistä optimi tuotantokapasiteetti.
- Laitettiin tuotannon läpi kulkeviin kuormiin seurantalappuja, joihin työntekijät merkitsivät sen kellonajan, milloin kuorma saapuu työstöön, ja sen kellonajan, milloin kuorma työpisteen käsittelystä valmistuu.

Näiden seurantalappujen kehitystä ja käyttöä kuvataan seuraavassa luvussa.

5.4 Läpimenoajan seurantalaput

Läpimenoajan seurannan toteutusta kokeiltiin suunnittelemalla tulostettava lappu, joita kiinnitettiin 24h ajan jokaiseen kuumapuristimelta lähteneeseen kuormalappuun. Lappuun oli piirretty virtauskaavio eri työpisteistä ja niiden välisistä materiaalivirroista, sekä jätetty tilaa merkitä jokaisen työpisteen viereen kellonajat. Työntekijät ohjattiin kirjaamaan lappuun ylös kellonajat aina kuorman saapuessa ja lähtiessä heidän työpisteiltään.

Alkutiedotus lapun tarkoituksesta olisi pitänyt hoitaa paremmin. Erityisesti tieto siitä, että testiseuranta on vain lyhytaikaista ja lappuja laitettaisiin kuormiin vajaan vuorokauden ajan, olisi epäilemättä vähentänyt vastarintaa, jota havaittiin muutamalla työpisteellä. Tätä ruokki varmasti mielikuva lapuista pysyvänä ylimääräisenä työskarkana.

Seuraavana aamuna kun lapulliset kuormat olivat kulkeneet prosessin läpi ja niitä oli päästy työn ohessa kohtaamaan, selitettiin tilanne paremmin jokaiselle lappuja kohtaavalle työntekijälle henkilökohtaisesti ja vastaanotettiin palautetta, joka auttoi muokkaamaan tulevia todellisen seurannan lappuja sopivammiksi. Näitä paranneltuja seurantalomakkeita laitettiin kuormien mukana liikkeelle 16.- ja 17.1. alkaen.

Jokaiselle lappuja kohtaavalle työpisteelle vietiin tällä kertaa myös kirjallinen ohjeistus ja selvitys lappujen tarkoituksesta (LIITE 2). Sama ohjeistuslomake teipattiin myös viimeistelyn työnjohdon toimiston ikkunaan.

Näitä läpimenoajan seurantalomakkeita tehtiin kolmea erilaista, jokainen kohdennettuna tiettyyn tuotetyyppiin. Lapuissa oli eroja erityisesti siinä mitä eri työpisteitä lappuihin oli merkattuna.

5.5 5S

5S projekteja on jo tehty useimmille työpisteille tuotannossa, mutta seuranta on jäänyt pois ja projektien opit ovat päässeet osin unohtumaan ja on palattu vanhoihin tapoihin. Tärkeimmät jäljellä olevat osat menneistä 5S-projekteista olivat varsin hyvin ylläpidetyt työkaluseinät. Yksikään työkaluseinä ei kuitenkaan ollut parantamistarpeen yläpuolella.

Henkilöstölle pidettiin tehtaan normaaleihin toimintoihin liittyen henkilökunnan kehitys ja palautepäivät, jossa käytiin läpi myös uudelleen 5S periaatteet ja opetettiin samalla 5S:n periaatteet myös uusille työntekijöille. Tähän koulutuspäivään liittyi myös ihmisten lähettäminen työpisteilleen aloittamaan 5S-projektit tai päivittämään jo aiemmin tehtyjä 5S-projekteja.

6 TULOKSET

6.1 Läpimenoajan seurantalaput

Ensimmäisen 14.1 alkaneen seurantalappukokeilun ensimmäinen viimeistelyosaston tuotantoprosessien läpi kulkenut seurantalappu saatiin pakkaajalta vajaan 19 tunnin jälkeen. Tämä kuorma oli odotetusti pinnoittamaton kuorma, joka oletettavasti siirtyi suoraan kuumapuristimelta reunasahalle, sieltä hiontaan, lyhyen odotuksen jälkeen käsilajitteluun ja jälleen hiontaan, josta se siirtyi suoraan pakattavaksi. Reitti oli oletettu, sillä reunasahalta ja hionnasta ei saatu minkäänlaisia merkintöjä lappuun. Vain kuumapuristimen, käsilajittelun ja pakkauksen ajat oli merkitty ylös. Seuraavaksi saapuneessa lapussa oli merkattu myös reunasahan ajat, muttei edelleenkään hiontoja. Tämän nipun matka kuumapuristimelta oli alkanut jo tuntia aiemmin kuin ensin saapuneen, mutta pakkauksesta se selvisi ulos vasta 2h myöhemmin kuin ensimmäinen kuorma.

Varsinaisen seurannan tuloksena oli 42 lappua tuote 1-tuotteilta, 35 lappua tuote 2-tuotteilta ja 2 lappua tuote 3-tuotteilta. Ongelmana tuote 3-lappujen kanssa oli erityisesti vähäinen hetkellinen tilauskanta, ja silloinkin kun tilauksia tuotettiin, eivät operaattorit olleet muistaneet laittaneet lappuja mukaan kuormiin. Tästä syystä tuloksissa ei käsitellä tuote 3-tuotteita. Tämän datan pohjalta kasattiin laskentataulukko mallintamaan viimeistelyosaston koneiden kapasiteetteja ja eri tuotteiden läpimenoaikoja. Esitetyt arvot ovat muodossa kappaletta per 8 h vuoro, olettaen täydet 8 h tauotonta tehokasta työaikaa, 50% pinnanlaadun ja 16 mm tuotepaksuuden ja verrattuna reunasahan kapasiteettiin samoilla arvoilla, ellei toisin mainita.

6.2 Reunasaha

Reunasahan tuotantomäärät vaihtelevat hyvin vähän verrattuna muuhun tuotantoon, muuttuen lähinnä vain levyn paksuudesta riippuen. Tämä oli helppo huomioida laskennassa. Koska jokainen viimeistelyosastolle saapuva levy kulkee ensin reunasahan läpi, käytetään reunasahan kapasiteettia viimeistelyosaston tavoitekapasiteettina.

6.3 Esilajittelu

Esilajittelun kapasiteetiksi arvioitiin operaattorin kertomuksen pohjalta seurantalappujen datalla 74%. Olettaen 50 % levyistä korjausta tarvitseviksi, poistaa esilajittelulinja 36%

levyistä lajittelujonoista ehjinä per vuoro, nostaen lajittelujen kokonaiskapasiteettia. Samalla tämä kuitenkin kasvattaa korjauspisteiden levyihin käyttämää keskiarvoaikaa, sillä poistamalla ehjiä levyjä lajittelujonosta esilajittelu nostaa korjattavien levyjen suhdetta ehjiin levyihin lajittelukuormissa. Koska korjattavan levyn käsittelyssä menee huomattavasti enemmän aikaa kuin ehjän levyn käsittelyssä, nousee esilajittelun käydessä keskimääräisen levyn käsilajittelu-aika 43%.

Kun esilajittelu ei ole käytössä, saavat lajitteluasemat lajiteltua annetuilla arvoilla 88 % reunasahan kapasiteetista. Kun esilajittelu on käytössä, saa lajitteluosasto lajiteltua 99,5 % reunasahan kapasiteetista. Esilajittelu nostaa siis lajittelun kokonaiskapasiteettia oletetuilla arvoilla 12 %. Hyödyllisin esilajittelu on silloin kun sillä on merkityksellisesti lajiteltavaa, eli 50-80 % pinnanlaadulla.

6.4 Hionta

Hiontalinjan kapasiteetti laskettiin pääasiassa seurantalappujen antaman hyvin tasaisen datan pohjalta. Hiontalinjan kapasiteetiksi näillä arvoilla saatiin 179 %. Hiontalinjan kokonaiskapasiteettia kuitenkin pienentää se, että noin 20-80 % levyistä hiotaan uudelleen pinnanlaadusta riippuen. Kun oletetaan lajitelluista levyistä 50 % olevan korjauksen tarpeessa, saadaan hionnan suhteelliseksi kapasiteetiksi 119 %.

6.5 Lajittelu ja Kittaus

Tuotannosuunnittelua eniten vaikeuttava asia prosessissa on ennustamattomuus. Ennustamattomuus johtuu suuresta varianssista prosessin kulussa. Varianssia kasvattavia tekijöitä ovat muun muassa pinnanlaatu ja työntekijän nopeus.

Pinnanlaatuun suurin vaikutus on opinnäytetyön aikana ollut Kuper pintasaumauskoneen jäljen laadulla. Kun 80 %:ssa yli kolmemetriseistä levyistä on yksi tai useampia pinta-
saumoja auki tai limittyneenä, aiheutuu siitä seuraavanlaisia ongelmia:

- Esilajittelukoneen alentunut hyödyllisyys, kun vain 20 % sille syötetyistä levyistä voidaan lajitella suoraan ehjiksi ja 80 % levyistä päätyy kuitenkin korjattaviksi.
- Huomattavasti pidentynyt käsittelyaika korjausasemilla. Kun ehjän levyn pystyy lajittelemaan käsilajitteluasemalla noin 15 sekunnissa, menee jo yhden sauman korjauksen vaativassa levyssä vähintään noin minuutti ja useamman vian levyssä pahimmillaan yhdellä työntekijällä jopa 10 minuuttia. Keskiarvo korjattavan levyn käsittelyyn 50 % pinnanlaadulla yhdellä käsilajitteluasemalla on 73 sekuntia. Kun

oletetaan tehokkaaksi työajaksi täydet 8h kahdeksan tunnin vuorolla, saisi 90 % priimalaatua lajiteltua 202 %, kun käytössä on esilajittelu-linja, kaksi käsilajittelupistettä, sekä Jymet ja Raute-lajittelut. Kun pinnanlaatu on 10 % eli kun lähes kaikki levyt vaativat korjausta, saadaan käsiteltyä vain 59 % muutoin samoilla parametreilla.

6.6 Pinnoitus

Pinnoituksen kapasiteetit laskettiin pääasiallisesti ajastamalla tuotantocyklejä ja havainnoimalla niistä jatkuvan tuotannon kapasiteetti. Tämä tulos ristiinverrattiin operaattorien kapasiteettiarvioihin ja seurantalappujen tuottamaan dataan ja havaittiin hyvin luotettavaksi. Kapasiteetti pinnoituslinjoille oli yhteensä 82 %.

Suhteellinen kapasiteetti laskettiin olettaen 70 % reunasahailla sahatuista levyistä päätyen pinnoitukseen, jolloin saatu kapasiteetti oli 117 % reunasahailla sahatuista levyistä vuorossa. Pinnoituslinjat eivät siis oletetulla tuotantomixillä jää pullonkaulaksi. Pinnoitukseen voi laittaa datan mukaan 81,5 % sahatuista levyistä ennen kuin pinnoitus alkaa muodostua pullonkaulaksi reunasahan suhteen.

6.7 Viimeistelysahaus

Viimeistelysahojen optimikapasiteetit laskettiin Schellingin tapauksessa painottaen tuotantoklinin ajastusta, ja IMA:lla seurantalappujen antamaa hyvin vakaata dataa. Absoluutiseksi kapasiteetiksi saatiin Schellingille 81 %, IMA:lle 51 % ja kun 75 % reunasahan läpi menevistä levyistä lopulta viimeistelysahataan, saadaan suhteelliseksi kapasiteetiksi 177 %.

Viimeistelysahoilla pitäisi datan mukaan olla ylikapasiteettia reunasahaan suhteutettuna, sillä levyjen viimeistelysahausteen pystyi nostamaan jopa 132 % asti ennen kuin suhteellinen kapasiteetti oli yhtä suuri reunasahan kapasiteetin kanssa. Jo pelkästään sillä, että vain Schelling-saha sahaisi jatkuvasti, pystyttäisiin 81 % reunasahan kapasiteetista ajaa tauotta viimeistelysahauksen läpi. Tämä data ei kuitenkaan ota huomioon sitä, että osa levyistä sahataan useammiksi paloiksi vaatien useampia sahauksia per sykli kuin normaalissa tuotannossa eikä sitä, että saha joudutaan välillä pysäyttämään esimerkiksi silloin kun sahaaja käy reunamaalaamassa tai siirtämässä kuormia. IMA-sahan käytön pitäisi kuitenkin varsin helposti korjata tämä vajoaus.

6.8 Pakkaus

Pakkauksen kapasiteetti laskettiin jälleen seurantalapuista hyvin vakaan saadun datan ansiosta. Pakkauksen kapasiteettia on hyvin vaikea yleistää, sillä se vaihtelee huomattavasti asiakkaan toiveista riippuen, kuinka monta levyä yhteen pakkaukseen menee.

Esimerkkinä vaihtelusta annettakoon erityistarkastelussa olleiden tuotteiden pakkauskapasiteetit. 18 mm paksulla tuote 2-tuotteella lajittelun kapasiteetti on seurantalapuista saadun läpimenoajan ja pakkauskoon yhteistuloksena 61 %. 9 mm paksulla tuote 1-tuotteella kapasiteetti oli 222 %.

Jotta pakkaus ei olisi pullonkaula, olisi tuotemixin keskimääräinen pakkauskoko olla vähintään 50 levyä per pakkaus, olettaen läpimenoajan pysyvän samana. Kapasiteetti olisi tällöin tasapainossa reunasahan kanssa, jos vain pakkauslinjan kuormitus pysyy riittävän tasaisena eikä pääse syntymään tilanteita, joissa joudutaan odottamaan pakattavaa tuotetta.

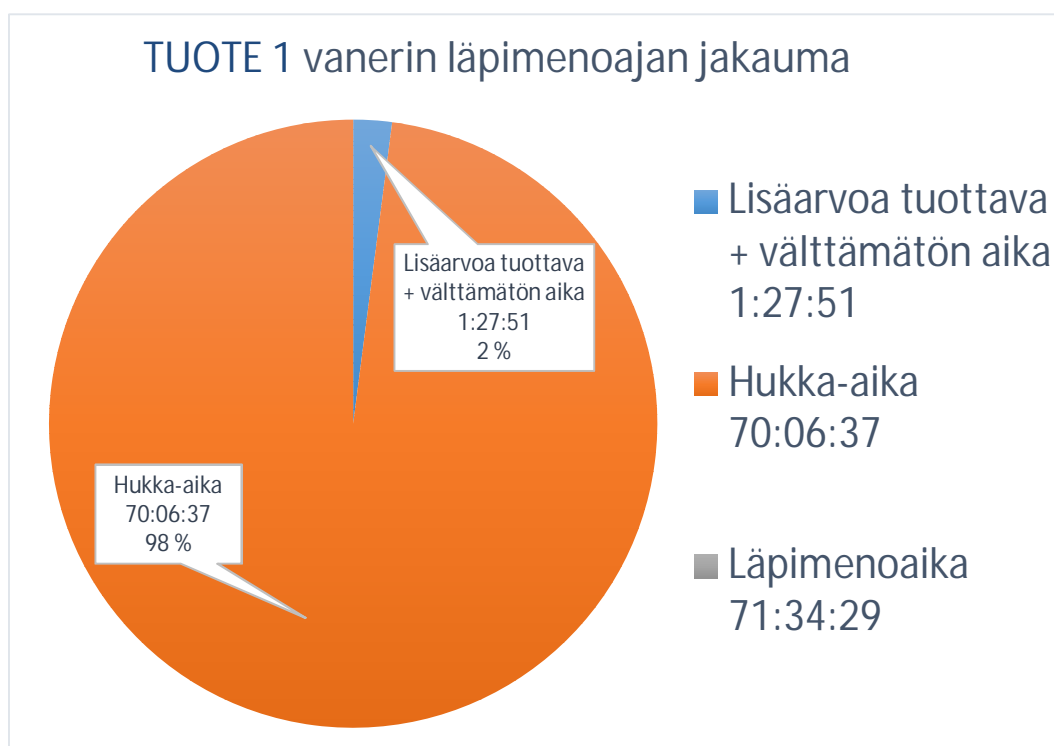
7 TULOSTEN TARKASTELU

7.1 Läpimenoajan seurantalaput

Lappujen antamasta datasta voidaan selkeästi nähdä kuinka tuotevirta ei ole lineaarinen läpi viimeistelyosaston ja kuinka tuotteiden läpimenoajat voivat vaihdella suuresti jopa tar- kalleen saman tuotteen eri kuormien välillä. Oli hyvin yleistä, että saman tilauksen kuorma, joka oli puristettu jo useampia tunteja tai jopa päiviä aikaisemmin tuli pakkauk- sesta läpi huomattavasti myöhemmin kuin saman tilauksen toinen, myöhemmin ladottu kuorma.

7.2 Tuote 1

Tuote 1-vanereilla on tuotannon materiaalivirtojen yksinkertaisuuden vuoksi keskimäärin matalin hukka-aika kaikista viimeistelyosaston tuotteista. Seuraavassa kuviossa on ha- vainnoinutuna hukka-aika verrattuna lisäarvoa tuottavaan ja välttämättömään aikaan tuote 1:n läpimenoajassa.



Kuvio 1. Tuote 1-vanerin läpimenoajan jakauma

Tästä voidaan nähdä, että pääasiassa välivarastoinnista syntyvä hukka-aika on noin 98 % kokonaisläpimenoajasta. Kuviossa 9 esitetty lisäarvoa tuottava aika koostuu ajasta, jonka

tuote viettää aktiivisesti sahattavana, hiottavana tai pakattavana. Samaan osuuteen liitetty välttämätön aika tarkoittaa esimerkiksi pakollista tuotteiden siirtelyyn ja laadunvalvontaan käytettävää aikaa, joka ei kuitenkaan välittömästi nosta tuotteen arvoa. Arvot on laskettu seurantalappujen datasta rakennetun taulukon datan pohjalta.

Tuote 1-vanerit kulkevat varsin yksinkertaisen reitin viimeistelyosaston läpi. Kuumapuristimilta levyaihiot syötetään reunasahalle sahattavaksi ja sieltä suoraan hiontaan, jonka jälkeen levykuormista lajitellaan sekundat pois käsilajittelupisteillä. Tuote 1-vanerien pintoja ei korjata, joten lajittelu on varsin nopea prosessi verrattuna korjattaviin tuotteisiin. Lajittelun läpäisseet levyt siirretään sen jälkeen traverssilla odottamaan pakkaukseen pääsyä.

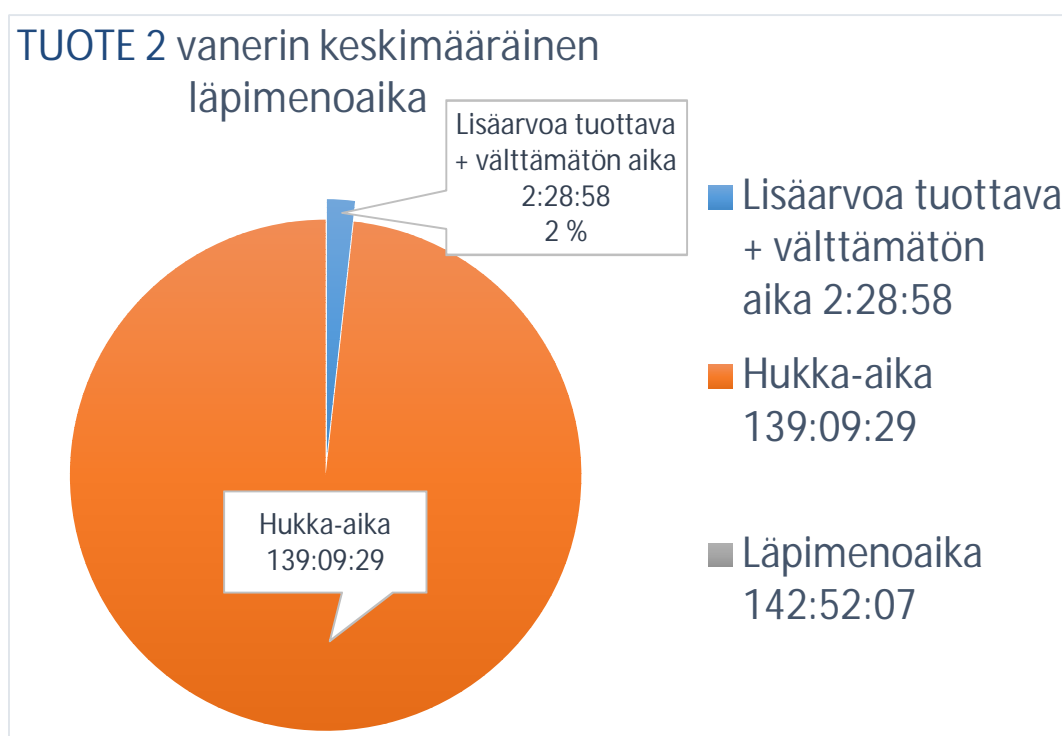
Tämä siis optimitapauksissa, jolloin kuormat eivät joudu odottamaan esimerkiksi lajitteluun pääsyä. Suurin osa hukka-ajasta kuluu, kun kuormat odottavat lajitteluun pääsyä. Seuraavaksi suurimmat hukka-ajan kuluttajat ovat reunasahalle jonotus ja pakkauslinjalle jonotus. Näistä pakkaukseen jonottaminen vie useimmiten hieman yli tunnin ja reunasahalle jonottaminen vie sahan toimiessa tyypillisesti noin 2-4 tuntia, jonka jälkeen kuormat siirtyvät hiontaan tyypillisesti alle puolessa tunnissa. Kun tyypillinen hukka-aika kuormalla on noin 70 tuntia, voidaan tästä havaita, että suurin osa hukka-ajasta syntyy lajittelua odottaessa.

Kun tuotteena on 9 mm paksu tuote 1 oletetulla 100 % pinnanlaadulla, on viimeistelyosaston relevanttien työpisteiden kapasiteetit kaikki välillä 100 % - 97 %. Nämä parametrit valittiin sillä 9 mm paksu tuote 1-vaneri on yksi yleisimmin tuotettuja tuotteita, ja 100 % pinnanlaatu valittiin kuvastamaan sekundalevyjen korjaustarpeettomuuden vaikutusta lajittelun nopeuteen. Parametrejä ei valittu tuloksien perusteella, vaikka siltä voi näyttääkin. Tulokset vain sattuiivat osumaan näillä parametreillä erittäin tasapainoisiksi. Vain pakkaus näyttää laahaavan hieman muun tuotannon kapasiteetin perässä, mutta kun lajittelussa poistuvat sekundalevyt huomioidaan (sekundaprosentti noin 7 tai alle), pakkauslinjan utilisaatioaste ei ole enää aivan 100 %. Kun paksuudeksi vaihdetaan 12 mm, putoaa reunasahan ja pakkauksen absoluuttinen kapasiteetti, ja hionnan ja lajittelun kapasiteetit nousevat 133 % tasolle.

Näiden tuloksien varjolla havaittua pullonkaula lajittelussa ei näytä olevan olemassa. Ja tuote 1-tuotteilla sitä ei olekaan, mikäli tehdas tuottaisi vain tuote 1-vaneria. Kun muut tuotteet pitää myös kitata lajittelupisteillä, alkaa lajittelu ruuhkautumaan niillä tuotteilla niin pahasti, että tuote 1-levyjä ei saada otettua lajitteluun ajallaan ja tämä aiheuttaa havaitun hukka-ajan määrän. Läpimenoajan ongelmat eivät ole siis tuote 1-vanerien vastuulla vaan joudumme tutkimaan muita tuotteita tunnistaaksemme ongelman.

7.3 Tuote 2

Toinen yleisimmistä tuotekategorioista tehtaalla ovat erikoispinnoitetut tuote 2-levyt. Nämä jakautuvat tuotannollisesti kahteen kategoriaan, lyhyeen ja pitkään tuote 2:n, joista pitkä tarkoittaa yli 3000 mm pitkiä levyjä. Nämä kategoriat ovat merkittäviä, sillä yli kolme metriä leveät tuotteet vaativat erilaisen tuotantoprosessin. Seuraavassa kaaviossa esitetään kaikkien tuote 2-tuotteiden keskiarvoläpimenoajat jaettuna tuottavaan aikaan ja hukka-aikaan.



Kuvio 2. Tuote 2-tuotteiden läpimenoajan jakauma

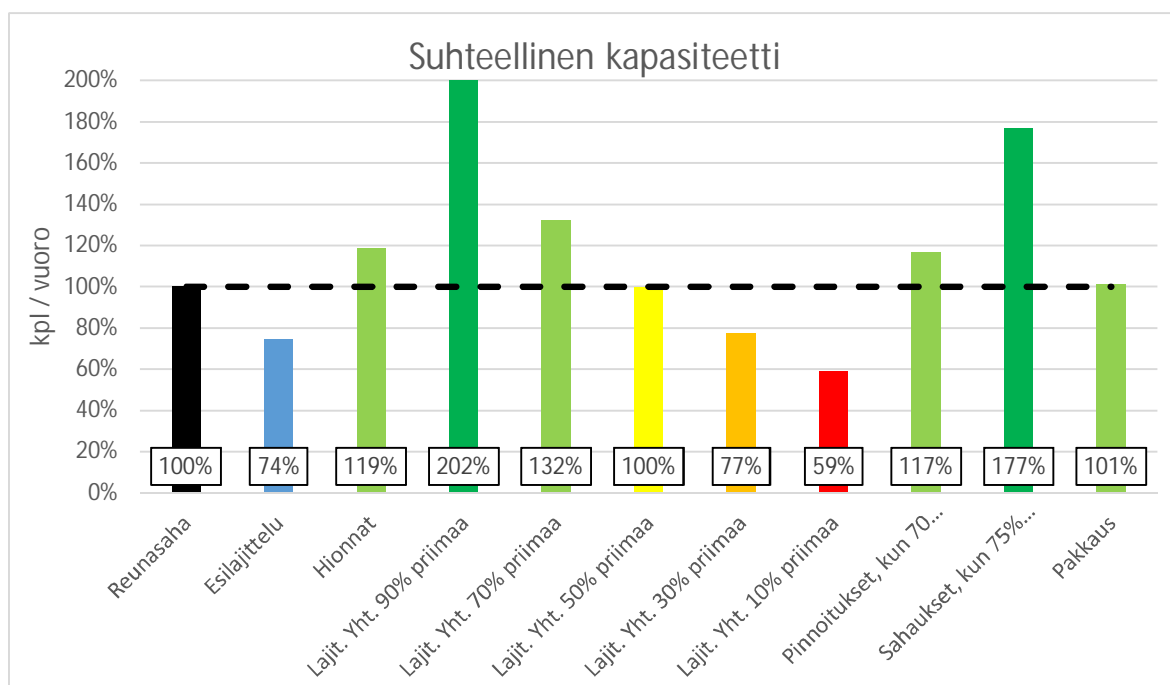
Vertaamalla tuloksia tuote 1-levyjen läpimenoaikoihin, voidaan heti huomata tuloksien olevan noin kaksinkertaisia tuote 2 kohdalla. Tämä aiheutuu osaltaan monivaiheisemmasta tuotantoprosessista, johon sisältyy myös esilajittelu, pinnoitus ja viimeistelysahaus, jotka kaikki vievät oman aikansa tuotannossa ja vaativat usein myös jonotusta ennen jokaista vaihetta.

Tuotannolliset erot pituuskategorioiden välillä esiintyvät erityisesti lajittelussa ja pinnoituksessa. Pitkillä tuotteilla erityisesti huonomman pinnalaadun johdosta kuormien lajittelu vie usein noin 3 tuntia kuormaa kohden, kun lyhyet kuormat lajiteltiin useimmiten alle tunnissa. Tämä ero johtuu erityisesti pitkien pintaviilujen saumaamiseen käytettävän koneen laatuongelmista. Pitkät levyt eivät myöskään mahdu toiselle pinnoituspuristimista.

7.4 Kapasiteetit

Tässä luvussa esitetään kapasiteetit ryhmiteltynä laitetyppeihin ja suhteutettuna siihen kuinka suuri osa tehtaan tuotannosta niiden läpi kulkee. Arvot ilmoitetaan suhteellisena kapasiteettina, joka tarkoittaa kuinka monta levyä tuotantopiste pystyy käsittelemään tilanteessa, jossa reunasaha pystyy käsittelemään oman kapasiteettinsa verran tavaraa. Käytännössä reunasahan kapasiteettia suuremmat lukemat siis eivät ole pullonkauloja reunasahan suhteen, ja rajan alle jäävät ovat.

Kaavioiden data on laskettu keskimääräisen tuotemixin perusteella tuotteelle, joka on 16 mm paksua, pinnoitettua levyä 30 % pinnanlaadulla. Lajittelupisteille on ilmoitettu arvot myös neljällä muulla pinnanlaadulla. Tehokkaaksi tuotantoajaksi on tässä oletettu 6 tuntia 8 tunnin vuoroa kohden.

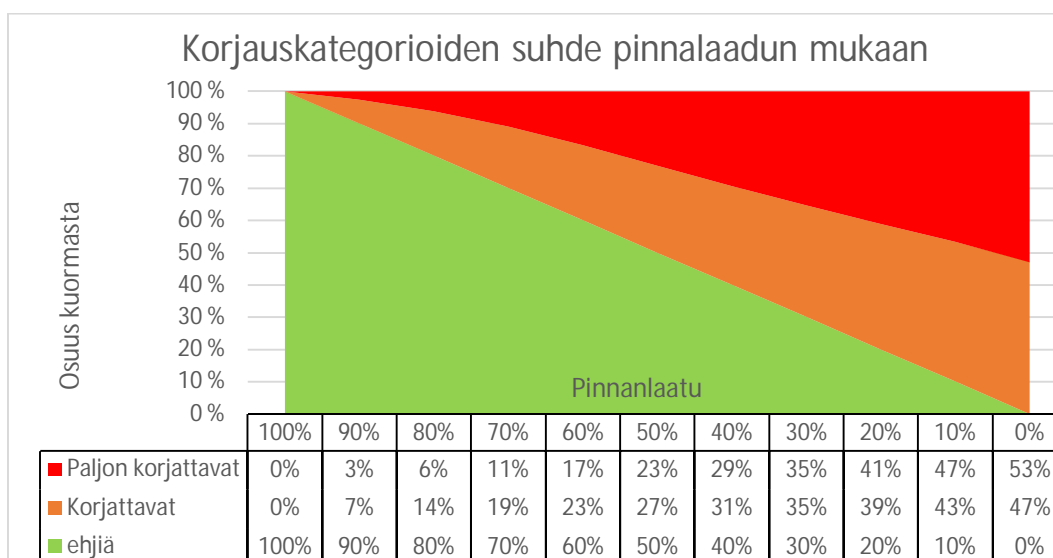


Kuvio 3. Viimeistelyosaston suhteellistetut kapasiteetit tuotemixin mukaiselle keskiarvotuotteelle

Kaavion esittämät arvot ovat laskettu käyttäen useampia eri keinoin hankittuja testituloksia lähteenä. Ensisijainen tietolähde oli tuotantosykliden manuaalisella kellottamisella laskettu optimikapasiteetti. Esimerkiksi reunasaha - ja Schelling sahoille sekä pinnoituspuristimille tämä oli painavin datasetti kapasiteetin määrittämisessä. Toiseksi tärkein tietolähde oli seurantalapuista saadut läpimenoajat. Koneyksiköillä, joiden läpimenoaika vaihteli vain hyvin vähän tai vaihteli riippuen vain ajettavan tuotteen yhdestä ominaisuudesta johtuen, tämä oli painavin datalähde. Esimerkiksi pakkaukselle, IMA:lle ja hionnalle seurantalappujen data oli tärkein lähde. Kolmas tapa, jolla kapasiteetteja yritettiin arvioida, oli

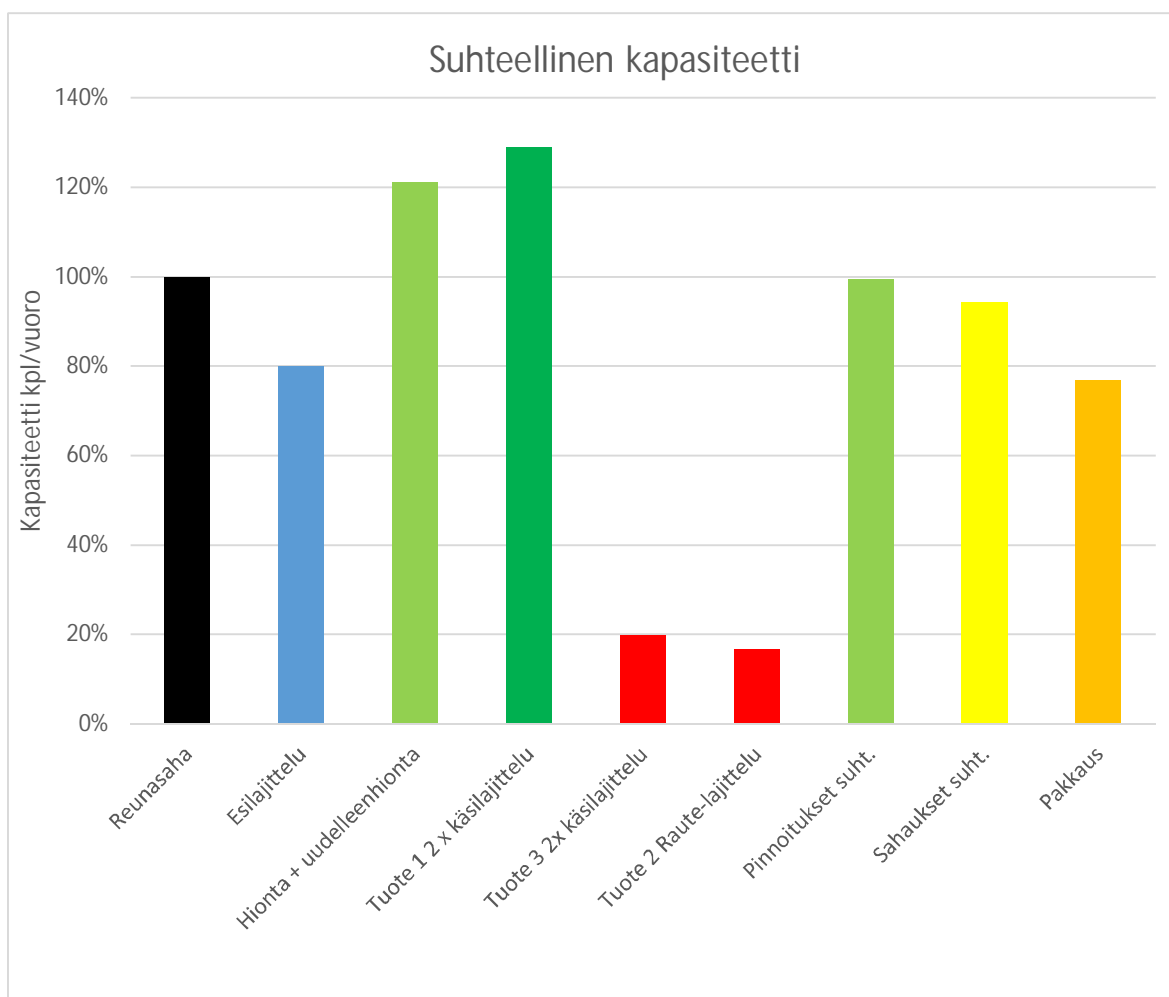
työntekijöiden haastattelut. Työpisteillä jo pitkään työskennelleet kokeneet operaattorit osasivat arvioida varsin hyvin monien eri asioiden vaikutusta nopeuteen suuren varianssin omaavilla työpisteillä. Tämä vaikutti eniten lajittelujen ja esilajittelun kapasiteettien laskentaan.

Tärkein kapasiteettidata, ja samalla vaikeimmin jollain tavalla luotettavaksi laskettava kapasiteettidata, oli lajittelujen kapasiteetti. Lajiteltavien levyjen pinnanlaatu vaikuttaa lajittelujen tehokkuuteen jopa kymmenkertaistavasti, joten lähdettiin rakentamaan laskentataulukkoa, joka pystyi arvioimaan lajitteluyksikön kapasiteetin halutulla tuotepaksuudella, pinnanlaadulla, käytössä olevien lajitteluasemien lukumäärällä ja sillä onko esilajittelu käytössä. Tämä mallin rakentamiseksi tarvittiin tieto siitä, kuinka pinnanlaatu vaikuttaa lajittelunopeuteen kullakin lajitteluasemalla, joka hankittiin kellottamalla eri laatuisten levyjen korjausta kymmeniä kertoja ja kirjaamalla tulokset kolmeen kategoriaan: ehjiin eli priimaan, korjattaviin, eli alle kaksi minuuttia korjausta vaativiin levyihin, ja paljon korjattaviin, joiden korjaus vei kahdesta kymmeneen minuuttiin levyä kohden. Seuraavaksi tarvittiin malli siitä, kuinka levyt jakautuvat näihin eri kategorioihin eri pinnanlaaduilla eli ehjien levyjen osuudella. Tämä on esitetty seuraavassa kuviossa, jossa pysty-akselina toimii levykategorioiden osuudet ja vaak-akselina pinnanlaatu.



Kuvio 4. Levykuorman laatufraktiot pinnanlaadun mukaan

Seuraavaksi suoraan seurantalapuista saatujen tuloksien pohjalta saatua dataa havainnollistettuna. Tämä data on hyödyllistä yhtenä vertauspisteinä datan oikeellisuuden todentamisen helpottamiseksi.



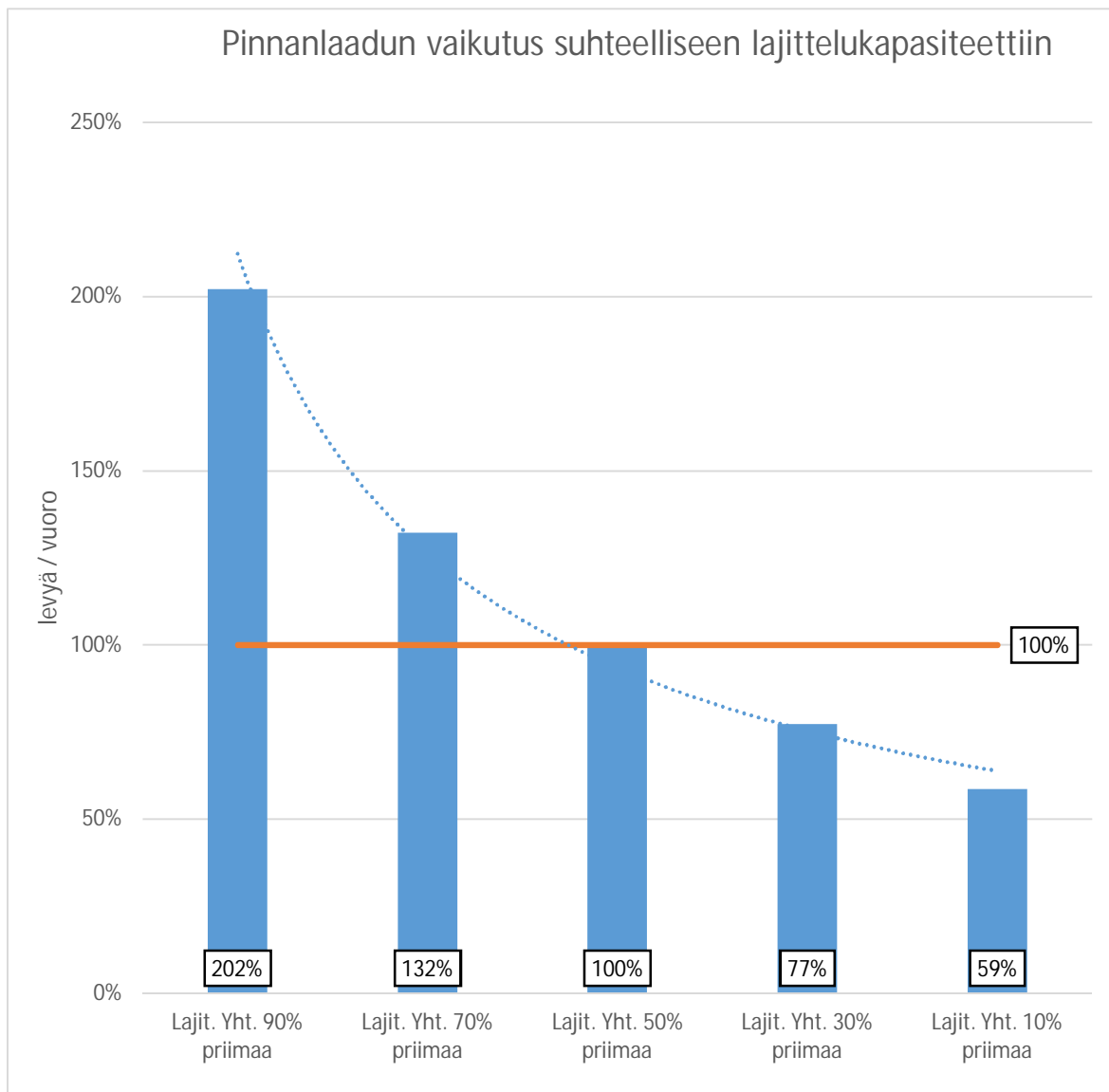
Kuvio 5. Suoraan seurantalappujen datasta lasketut viimeistelyosaston kapasiteetit.

Mielenkiintoista tässä datassa on se, että se näyttää kuinka paljon levyjen korjaus vaikuttaa lajittelujen kapasiteettiin. Myös viimeistelysahaukset vaikuttavat olevan todelliselta kapasiteetiltaan huomattavasti laskettua pienempiä. Jo Schelling sahan yksinään pitäisi olla huomattavasti tehokkaampi kuin tässä se yhdessä IMA:n kanssa näyttää olevan, sekä laskentadatan että työntekijöiden kapasiteettiarvioiden perusteella. Selityksenä tälle laskulle kapasiteetissa on se, että Schellingillä voi olla lajittelussa useampia tilauksia kerrallaan ja se, että sahaa on harvoin tarvetta ajaa täydellä vauhdilla, vaan saha pysäytetään varsin usein, jos sahaaja käy vaikkapa maalaamassa reunasuojaukset tai muutoin auttamassa lajittelijoita. Pakkauksen tuloksiin vaikutti erityisesti se, että kiireettöminä hetkinä kuormat jätettiin usein odottamaan kesken käsittelyä esimerkiksi ruokataukojen ajaksi, nostaten keskimääräistä läpimenoaikaa.

7.5 Läpimenoaika ja pinnanlaatu

Seurantadatan pohjalta pystyttiin rakentamaan malli visualisoimaan pinnalaadun vaikutusta läpimenoaikoihin ja myös arvioimaan kuinka kauan tilauksella kestää päästä

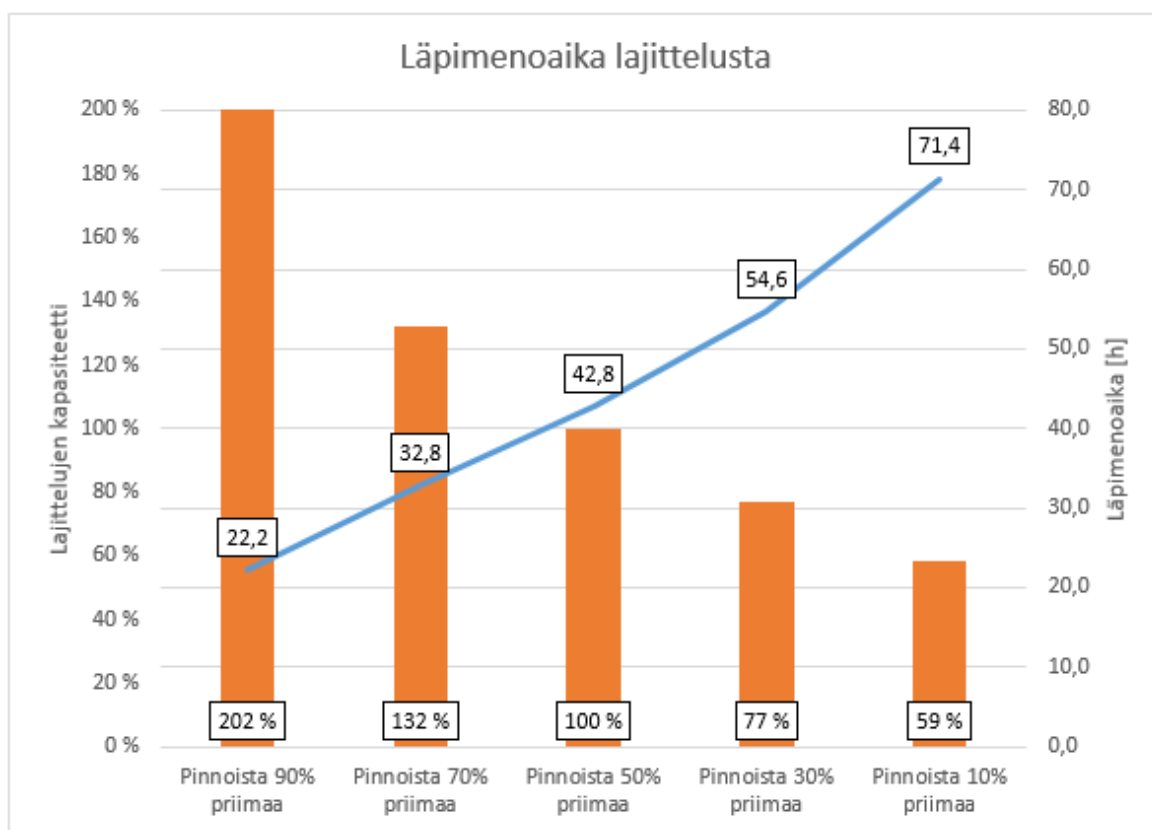
lajittelun läpi halutuilla lajittelujonon parametreilla. Seuraavassa kuviossa on esitettyä pinnanlaadun vaikutus suhteelliseen lajittelukapasiteettiin tuotesekoitteella, jonka keskipaksuus on 16 mm ja käytössä on esilajittelu ja kaikki lajittelupisteet, eli kaksi käsilajittelupistettä, Jymet- ja Raute-lajittelut. Oletetaan myös 6h tehokas työaika 8 h vuorossa.



Kuvio 6. Pinnanlaadun vaikutus suhteelliseen lajittelukapasiteettiin 16 mm tuotepaksuudella

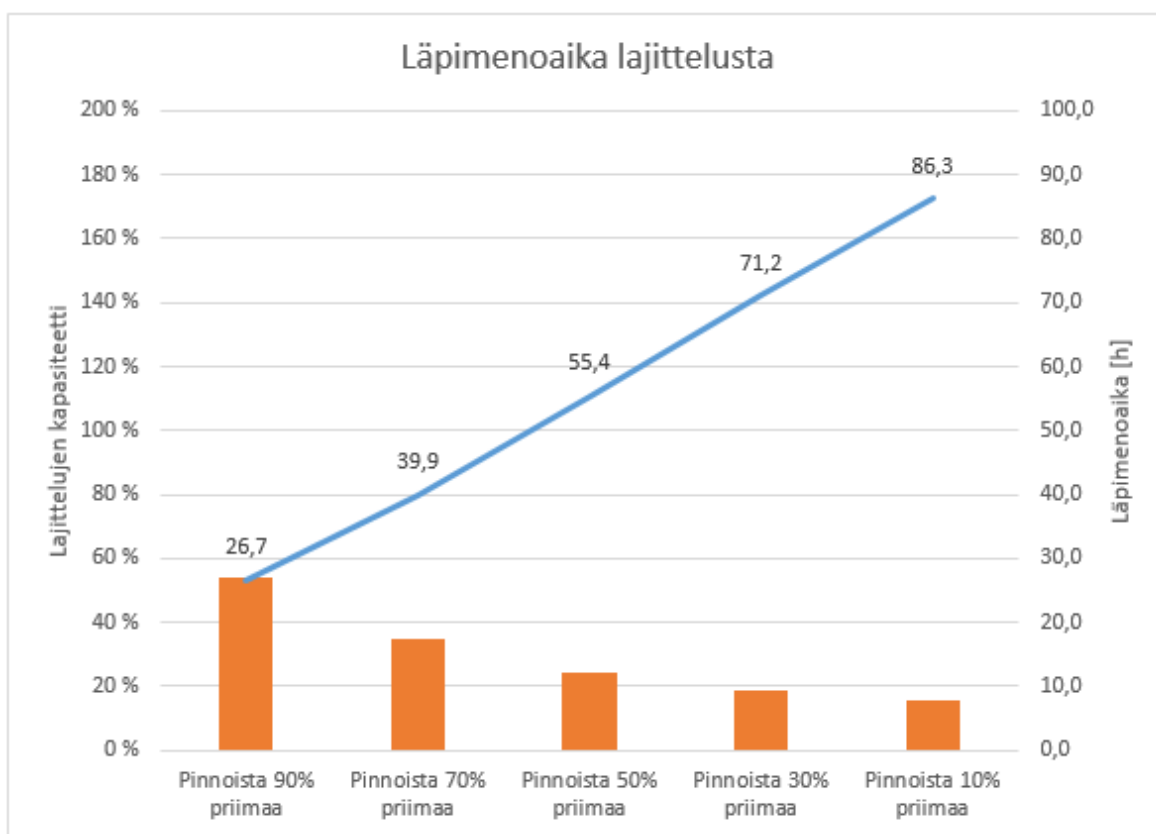
Kuvaajassa on esitettyinä lajittelujen kapasiteetti viidellä eri pinnanlaadun skenaariolla. Suurin kapasiteetti on odotetusti kun 90 % levyistä eivät tarvitse korjausta, ja pienin silloin kun vain 10 % levyistä on priimaa eli ei korjauksen tarpeessa. Oranssi viiva kuviossa esittää reunasahan kapasiteettia tässä tilanteessa ja pistekäyränä esitetty suuntaviiva ilmoittaa lajittelujen vuorokapasiteetin tässä tilanteessa pinnanlaadun funktiona.

Seuraavassa kuviossa on havainnollistettuna pinnanlaadun vaikutus läpimenoaikaan tilanteessa, jossa tilauksen koko on 1000 levyä, ja lajittelujono on 10000 levyä ja tilauksen ja lajittelujonon keskimääräinen tuotepaksuus on 16 mm. Oletettu tehokas työaika vuorossa on 6 tuntia ja käytössä on kaikki lajittelut ja esilajittelu.



Kuvio 7. Pinnanlaadun ja lajittelujonon merkitys läpimenoaikaan

Kuviossa on esitettyä kaksi eri datasettiä. Oransseina palkkeina lajittelujen kapasiteetti, ja sinisellä viivalla se, kauanko tällä lajittelun tehokkuudella ja työmäärällä kestää saada lajittelujonoon saapuva tilaus läpi lajitteluista. Tämä data ei kuitenkaan anna kovin realistista kuvaa näillä asetuksilla, sillä vain hyvin harvoja tilauksia lajitellaan yhtäaikaaisesti kaikilla lajitteluasemilla, vaan yleensä lajittelussa on yhtäaikaaisesti kolme tai neljä eri tilausta. Paremman ennusteen saa tehtyä, kun ottaa käyttöön vain yhden lajitteluaseman, ja arvioi vain tälle asemalle olevan lajittelujonon. Otetaan uudestaan käyttöön sama malli, mutta muutetaan parametrejä siten, että käytössä on vain Jymet-lajittelu ja sillä on 2500 levyä lajittelujonossa ennen tilausta, eikä esilajittelu ole käytössä.



Kuvio 8. Pinnanlaadun ja lajittelujonon vaikutus läpimenoaikaan vain yhdellä lajittelupisteellä

8 KEHITYSEHDOTUKSET

8.1 Uusi järjestelmä läpimenoajan ja välivarastoinnin seuraamiseen

Tämänkaltainen seuranta oli erittäin työlästä toteuttaa tässä opinnäytetyössä kuvatuin metodein. Automatisoitu ja tietokoneistettu tiedonkeruumenetelmä helpottaisi tuotannon tulevaa analysointia ja kehittämisprojekteja.

Tämänkaltainen seuranta olisi mahdollista toteuttaa mahdollisesti esimerkiksi viivakoodinlukijoilla tai kuormalappuihin tai suoraan kuormiin kiinnitettävillä RFID-tunnisteilla ja työasemille sijoitettavilla lukijoilla, joilla kuormat tunnistetaan aina kun ne työasemille saapuvat ja niiltä työstön jälkeen lähtevät. Tällaisen järjestelmän avulla tilauksen tilanne olisi helposti nähtävillä tietokoneelta. Jos kyseessä on esimerkiksi 800 levyn tilaus, joka on jakautunut kahdeksaan sadan levyn kuormaan, voisi tilauksen valitsemalla nähdä esimerkiksi, että kaksi kuormista on odottamassa pakkausta, yksi lajittelussa, kaksi odottamassa lajittelua, yksi sahauksessa reunasahalla ja kaksi vielä risureunaisena odottamassa sahalle pääsyä.

Tämänkaltainen informaatio auttaisi myös työnjohtoa ja tuotannosuunnittelua valtavasti. Tällä hetkellä tämän tasoinen tieto on olemassa vain työnjohtajan muistissa, jos sielläkään, eikä läheskään niin tarkasti tai ajantasaisesti. Tilanne on erittäin vaikea hahmottaa näin tarkasti varsinkin, kun otetaan huomioon, että tilauksia on viimeistelyosastolla yhtä aikaa liikenteessä jopa useita kymmeniä, joissa lähes jokaisessa on useita kuormia, jakautuneina eri tuotannon vaiheisiin ja sekaisin keskenään.

Jotta tällainen seuranta saataisiin oikeasti tehokkaaksi ja toimivaksi, sen pitää olla aidosti automaattinen eikä se saisi vaatia operaattorilta toimia vain seurantojen kirjaamiseksi. Tästä syystä etäältä luettavat RFID-tunnisteet voisivat olla hyvä vaihtoehto tunnistuksen tapahtuessa aina kun pinkka syötetään sisään työstettäväksi. Tällaisessa seurannassa olisi kutienkin tärkeää myös varmistaa, etteivät kuormalaput pääse sekoittumaan tuotannossa, kuten nykytilassa varsin usein käy.

8.2 Keinoja nostaa lajittelun kapasiteettia

Lajittelu ja korjauskapasiteettia pystyttäisiin parantamaan huomattavasti investoimalla uuteen automaattiseen kittausrakennukseen, joka voisi vähentää erityisesti varianssia jopa alle kymmenykseen nykyisestä parhaassa tapauksessa (Puulevyteollisuus, 2017 s 91-92.). Myös

huippukapasiteetin voisi olettaa nousevan nykyisestä huomattavasti, auttaen läpimenoaikoihin entisestään.

Ilman investointeja korjauskapasiteettia pystyy parantamaan erityisesti pinnanlaadun nostolla. Huono pinnanlaatu johtui pääasiassa yhden pintasaumauskoneen tekemistä huonoista saumoista. Saumuri puolestaan teki huonoja saumoja oletettavasti huonon viiluleikurin ja liian aaltomaisen viulun yhteistuloksena. Ilman investointeja on vaikeaa parantaa leikkuria olennaisesti, joten on yritettävä perehtyä siihen miksi viilut ovat niin aaltomaisia.

Viulun aaltomaisuuden epäiltiin johtuvan viilujen kuivauksesta liian kuiviksi. Opinnäytetyön loppupuolella aloiteltiin projektia kuivaustapojen muuttamisesta, sillä viilua ajettiin keskimäärin vain hieman yli 2 % pinnankosteuteen. Pinnankosteuden tavoitearvoksi asetettiin kirjallisuuden antamien arvojen mukaan 4-6 % (Puulevyteollisuus 2017, s. 63.) ja se yritettiin saavuttaa mm. säätämällä kuivausnopeutta korkeammaksi, nostamalla kosteutta kuivauskoneen sisällä ja vähentämällä viilunsyötön katkoja. Todellinen koeajo huolellisemalla tuloksien seurannalla pyritään aloittamaan opinnäytetyön valmistuttua.

Mikäli kuivaviilujen keskikosteuden nostamisella ei havaita olevan vaikutusta, lähdetään seuraavana tutkimaan kuivuvatko viilut riittävän tasaisesti vai kuivataanko viiluja mahdollisesti liian aggressiivisesti. Mikäli tämänkään ei havaita parantavan viilun laatua, jatketaan prosessissa taaksepäin sorveille ja hautomoille.

8.3 Tuote 3-levyjen tuotanto lyhyemmässä ahiomitassa

Tällä hetkellä tuote 3-levyt tuotetaan yhtenä pitkänä aihiona, josta viimeistelysahauksessa sahataan kaksi asiakasmittaista levyä. Tämä tehdään siksi, koska tuote 3 pinnoitteilla pinnoituksen puristus aika on kaksinkertainen muihin pinnoitteisiin nähden, joten pinnoituksen kapasiteettia yritetään tällä saada keinotekoisesti nostettua.

Pitkä aihio tuo kuitenkin ongelmia. Nämä yli 3700 mm pitkät ahiot eivät muun muassa mahdu toiselle pinnoituspuristimelle, eikä niitä voi sahata IMA-kursosahalla paloitteluvaatimuksen vuoksi. Tärkein ero näin pitkässä ahiossa on kuitenkin se, että näin pitkät pinta-viilut on tehtävä ongelmallisella pintasaumauskoneella. Saumurin laatuongelmat aiheuttavat todella pahaa ruuhkautumista lajittelussa, joka tällä hetkellä on tehtaan ahtain pullonkaula. Tämän opinnäytetyön tuloksena saadun ennustemallin avulla pystytään vertaamaan tuotantolukuja yhden pitkän aihion ja kahden lyhyen aihion välillä ottaen huomioon eri pintaviilusaumaajien tekemät pinnanlaatuero. Nämä tuotantoluvut esitellään seuraavalla sivulla taulukossa 3. Pinnoitusaikojen arviot ovat mahdollisesti hieman epätarkat tuote 3-seurantadatan puutteellisuudesta johtuen, mutta ne on arvioitu hieman yläkanttiin

nykytilanteen vahvistamiseksi, jottei oletettu parannus ole ainakaan haitallinen. Luvut on saatu ottamalla toisen pinnoituspuristimen kapasiteetti normaalipinnoitteisella levyllä ja puolittamalla se kaksinkertaisen puristusajan huomioimiseksi.

Taulukko 1. Pinnoitus ja lajittelukapasiteetin vertailu pitkien ja lyhyiden tuote 3-aihioiden tuotannon välillä

	Pitkä	Kaksi lyhyttä
Levyjä tilattu	1000	1000
Aihioita	500	1000
Pinnanlaatu	10 %	80 %
s/käsilajiteltu levy	88	38
Lajiteltavia levyjä	450	200
tuntia lajiteltavaa	11,0	2,1
Pinnoitus	11,3	22,7
työskentelyä yhteensä	22,3	24,8

Koska pullonkaula on lajittelussa eikä pinnoituksessa, olisi järkevämpää tehdä levyt tällä hetkellä kahtena lyhyenä aihion paremmilla saumoilla, vaikka levyjen työstöön menisikin yhteensä 10 % enemmän aikaa. Tässä ei otettu vielä huomioon muiden työpisteiden työstöaikojen muutoksia niiden ollessa vähemmän merkittäviä. Reunasahalla aikaa kuluisi vaajat 2 h enemmän, hionnassa noin 30 min enemmän, mutta pinnoituksessa ja viimeistelysahauksessa saadaan käyttöön myös Raute-14 ja IMA-sahan, jotka tarvittaessa lähes kaksinkertaistavat kapasiteetin pinnoitukseen ja sahaukseen puolittaen läpimenoajan näillä työpisteillä. Myöskin Schellingillä työstöön käytettävä aika vähenee, kun levyjä ei tarvitse enää paloitella. Tämän jälkeen aihioita on molemmissa tapauksissa sama määrä, joten eroa ei tuotannollisesti enää ole.

Tämä auttaisi myös viimeistelyosaston varsin yleiseen ongelmaan, jossa ei pienemmälle pinnoituspuristimelle tai IMA:lle löydy aina tarpeeksi ajettavaa ja ne on pysäytettävä. Tämä voisi nostaa siis viimeistelyosaston konekannan kokonaisutilisaatiota, kun tuote 3-tuotteet voisi ajaa myös näillä linjoilla.

8.4 Tuotannon rajoittamisen vaikutus kokonaiskapasiteettiin pitkällä aikavälillä

Tuotannon rajoittaminen on vaikea aihe teollisuudessa, mahdollisimman tehokkaan tuotannon ollessa teollisuuden perimmäinen tarkoitus. Oletuksena vaneritehtaalla on, että jokainen ikinä ladottu kuutiometri on myös lopulta pakattu ja myyty. Koska tehtaan tuotto

tulee vanerin myynnistä, on helppo nähdä suora seuraussuhde ladontamäärien ja tehtaan tuottavuuden välillä. Ladontaa ei siis tämän ajattelun mukaan voi rajoittaa taloudellisessa mielessä.

Joskus ladontaa joudutaan kuitenkin silti rajoittamaan. Tämä tehdään muiden vaihtoehtojen puutteessa muun muassa seuraavista syistä:

- Ei ole kysyntää, eli ei ole tilauksia
- Ei ole materiaaleja
- Ei ole henkilöstöä

Kysymys on siis se, että voiko ladontakapasiteetin taktisella rajoittamisella viimeistelyosaston kapasiteetin mukaan vaikuttaa näihin edellä mainittuihin seikkoihin, ja hyödyttäisivätkö nämä seikat parantuessaan pitkällä aikavälillä enemmän kuin mitä taktinen ladontakapasiteetin rajoitus kustantaisi?

Teoreettisesti imuohjauksen toteuttaminen, eli se että ladottaisiin vain sellaiset tilaukset, jotka viimeistelyosaston on valmiina vastaanottamaan, voisi johtaa muun muassa läpimenoaikojen dramaattiseen lyhenemiseen. Läpimenoajat voisivat kutistua jopa 10-20 kertaisesti nykyisestä. Esimerkiksi tuote 1-kuorman hukka-ajaton läpimenoaika olisi noin kolme tuntia, kun nykyään se on keskimäärin 71 tuntia.

Tämä lyhyempi ja ennen kaikkea ennustettavampi läpimenoaika mahdollistaisi toimitusaikojen lyhenemisen, joka voisi potentiaalisesti tuoda lisää tilauksia. Ennustettavampi läpimenoaika ja yksinkertaistunut tuotantotilanne helpottaisi myös materiaalien, kuten vaikkapa pinnoitteiden tilaamisessa, ja ehkäisi niiden loppumista kesken tuotannon.

Jos tuotantoa rajoitettaisiin pysäyttämällä toinen käsiteloista, olisi mahdollista siirtää käsittelältä latojia esimerkiksi avustamaan viimeistelyosastolle, tekemään siivouksia tai muita kehitysprojekteja. Tämän hyödyntäminen tehokkaasti vaatisi latojien kouluttamista joihinkin viimeistelyosaston tehtäviin kuten esimerkiksi kylmäliimaukseen.

9 YHTEENVETO

Työhön tarkoituksena oli kehittää viimeistelyosastoa läpimenoaikojen suhteen. Työtä aloitettaessa havaittiin, että viimeistelyosastolla ei ollut valmiiksi olemassa lähes minkään näköisiä mittareita tai alkutietoja läpimenoon ja välivarastointiin liittyen. Työ muotoutui nopeasti tällaisten mittareiden kehitystyöksi, tavoitteenaan viimeistelyosaston nykytilanteen analysointi materiaalivirtojen ja kapasiteettien suhteen.

Opinnäytetyön toteutus aloitettiin määrittelemällä viimeistelyosasto ja tutustumalla sen laitekantaan ja eri tuotteiden erilaisiin mahdollisiin materiaalivirtoihin. Tämän jälkeen alettiin kerätä dataa siitä, kuinka kauan tuotteilla kestää virrata viimeistelyosaston läpi ja kuinka kauan milläkin työpisteellä kestää yhden tuotekuorman käsittelyssä. Tämän prosessin tuloksena saadusta datasta rakennettiin interaktiivinen ennustemalli, joka pystyi arvioimaan viimeistelyosaston työpistekohtaiset kapasiteetit valitsemalla tuotteen paksuuden, pinnanlaadun, aktiivisen työajan vuorossa, mitkä lajittelupisteet ovat käytössä, onko tuote alle 3 m pitkä ja onko tuote pinnoitettava vai ei. Tämä laskentataulukko pystyi myös arvioimaan, kuinka kauan tietyn kokoisella tilauksella menee päästä lajittelusta läpi, kun siihen syötettiin lajittelua odottavien tuotteiden keskimääräinen pinnanlaatu, tehokkaan työajan osuus, käytössä olevat lajittelupisteet, tilauksen koko ja sen edellä olevan lajittelujonon suuruus kappalemääräisenä.

Tästä datasta pystyttiin havainnoimaan, kuinka lajitteluosasto oli viimeistelyosaston pullonkaula, ja kuinka erityisesti pinnanlaadun vaihtelu vaikutti sen tehokkuuteen. Tämä pinnanlaadun vaihtelu havaittiin syntyvän viilupuolella pääasiallisesti pitkien viilujen pinta-saumaajan tekemistä huonoista saumoista. Tämän pullonkaulautumisen havaittiin olevan syynä jopa yli 90 %:n prosessissa olevasta välivarastoinnista, joka näkyy suoraan läpimenoajan pidentymisenä.

Tämän datan pohjalta annettiin neljä kehitysehdotusta, joista ensimmäinen liittyi materiaalivirtojen seurannan parantamiseen tuotannon aikana työnjohdon ja tulevien projektien helpottamiseksi ja kaksi seuraavaa lajittelun pullonkaulautumisen ratkaisuuksi. Viimeinen kehitysehdotus oli pikemminkin ajatusleikki, jonka tarkoituksena oli herättää ajatuksia tehtaan tuotannonsuunnittelun ideologioista. Lajittelun ongelmia ehdotettiin parannettaviksi korvaamalla nykyiset käsin kittaukseen perustuvat korjausasemat automaattisella lajittelu- ja korjauslinjalla, joka tietysti olisi suuri investointi eikä tämän opinnäytetyön rajaus sisällä investointeja. Vaihtoehtoiseksi parannuslinjaksi ehdotettiin projektia pinnanlaadun parantamiseksi. Tätä projektia aloitettiin jo opinnäytetyön aikana perehtymällä ensin Kuper-pintasaumauslinjan ongelmiin ja sen jälkeen kuivauskoneiden laatusuorituksiin, mutta projekti oli opinnäytetyön rajauksia suurempi ja jatkuu vielä opinnäytetyön valmistumisen jälkeen.

LÄHTEET

Painetut lähteet

Pound, Bell ja Spearman 2014. Factory Physics for Managers. USA: McGraw Hill Education.

Varis, R (toim.) 2017. Puulevyteollisuus. Suomi: Kirjakaari Oy

Liker J.K. 2013. Toyotan tapaan. Suomi: Readme.fi.

Tayntor, C. 2003. Six Sigma software development. USA: CRC Press LLC:

Elektroniset lähteet

Kuusisto, J. 2017. Jatkuva Parantaminen [viitattu 25.12.2018]. Lean5Sanomat. Saatavissa: <https://www.lean5.fi/jatkuva-parantaminen/>

Laakkonen, K. 2017. Jatkuva parantaminen: Jatkuvan parantamisen keskeiset elementit [viitattu 25.12.2018]. Oulun Ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2017060512355>

Leskinen, J. 2018. Toimintamallien optimointi LVL-linjalla lean-työkaluja käyttäen [viitattu 24.01.2019]. Lahden Ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/141782>

Metsä Group, 2018. Taloustietoa [viitattu 26.12.2018]. Metsä Group. Saatavissa: <https://www.metsagroup.com/fi/Taloustietoa/>

Metsä Wood, 2018. Metsä Wood lyhyesti [viitattu 26.12.2018] Metsä Wood. Saatavissa: <https://www.metsawood.com/fi/yritys/Pages/Yritys.aspx#Mets-Wood-lyhyesti>

Mäkelä, J. 2012. Tuotannon läpimenoaikojen lyhentäminen. [viitattu 22.1.2019]. Seinäjoen Ammattikorkeakoulu. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/48137/Makela_Juhani.pdf?sequence=1

LIITTEET

LIITE 1. Metsä Woodin virallinen projektin määrittelylomake.

Metsä Wood Production Excellence: Projektin määrittelylomake



Projektin nimi:	Viimeistelyosaston läpimenoaikojen analysointi ja kehittäminen	Aloituspäivämäärä:	2.1.2019		
Yksikkö / Organisaatio:	Punkaharjun Koivuvaneritehdas	Suunniteltu lopetuspäivämäärä:	31.5.2019		
Projektin sponsori:	Kirsi Kautonen				
Projektipäällikkö:	Markus Mutanen				
Aihe	Määrittely	Tiedot			
1.Liiketoimintatapaus	Miksi on tärkeää että projekti tehdään? Mitä hyötyjä projektista on liiketoiminnalle?	Nopeampi ja tiedossa oleva tuotekohtainen läpimenoaika, mahdollistaa tehokkaamman laitteiston utillisoinnin Välivarastoinnin vähentämisen kautta sitoutettu pääoma vähenee. Helpottaa tuotannosuunnittelua, Lyhentää toimitusaikojä.			
2.Tavoitteet:	Mitä projektilla tavoitellaan? Mitä ylemmän tason tavoitteita projekti tukee?	Projektilla tuotetaan tuotekohtainen läpimenoaika-analyysi valituille tuotteille koivuvaneritehtaan viimeistelyosastolla. Projekti tukee Teollinen tehokkuus 2.0 strategian mittareita liikevoiton kasvu +10% ja myynnin kasvu +20%.			
3.Ongelma / Mahdollisuus:	Mikä ongelma projektilla ratkaistaan? Mitä mahdollisuuksia projektilla saavutetaan?	Ei tiedossa tuotekohtaisia läpimenoaikoja Helpottaa myynnin tuotehallinnan ja tuotannon yhteispelejä. Analyysi mahdollistaa tulevien kehitysprojektien kohteistamista.			
4. Riskit:	Mitä riskejä projekti sisältää? Millä toimenpiteillä riskejä voidaan hallita? Onko tarpeen tehdä FMEA?	Riski henkilöstön sitoutumisesta, Riski analyysin luotettavuudesta: -koska ei ole olemassa valmiita mittareita verrattavaksi, -pinnanlaatu vaikuttaa lajittelun läpimenoaikaan ratkaisevasti. Riskiä henkilöstön sitoutumisesta hallitaan tiedottamalla ja perustelemalla ja keskustelemalla. Riskiä analyysin luotettavuudesta hallitaan tekemällä erilaisia itsenäisiä analyysyjä ja vertaamalla tuloksia. Pinnanlaadun vaikutusta hallitaan tekemällä analyysiin erilaisia pinnanlaatuilanteen skenaarioita. <input type="checkbox"/> FMEA on tarpeen <input checked="" type="checkbox"/> FMEA ei ole tarpeen			
5.Tavoitteiden määrittäminen:	Mitä mitattavia parannuksia projektilla tavoitellaan?	Tavoite	Lähtötilanne	Tavoitetilanne	Yksikkö
		Tuotekohtainen läpimenoaika-analyysi	Ei ole	On	Ei ole / on
		Lista läpimenoajan kehittämiskohteista	Ei ole	On	Ei ole / on
		Taloudellinen mittari ??			
		Läpimenoaika Tuote 1 Läpimenoaika Tuote 2 Läpimenoaika Tuote 3	79h 120h 105h	- x%	h
6.Projektitiimi:	Ketkä kuuluvat projektin ydinryhmään? Ketkä kuuluvat projektiryhmään?	Ydinryhmä: Markus Mutanen, Kirsi Kautonen, Kalle-Pekka Leppänen. Keijo Murto, Viimeistelyn operaattorit, Tuotannon esimiehet.			
7.Projektin laajuus:	Mitkä asiat ovat mukana projektissa ja mitkä asiat jätetään projektin ulkopuolelle?	Mukana: Läpimenoajan seuranta, analysointi, visualisointi ja kehitysideoita. Ulkopuolella: Investoinnit, henkilömäärän muutokset			
8.Projektin seuranta	Miten projektia seurataan? Kuinka usein projektiryhmä kokoontuu?	2 viikon välein Skype palavereilla ydinryhmän kesken. Projektiryhmä ei kokoontunut fyysisesti.			
9.Ulkoiset asiakkaat:	Miten ulkoiset asiakkaat hyötyvät projektista?	Toimitusvarmuus paranee ja toimitusajat lyhenevät			
10.Aikataulu:	Mikä on projektin karkea aikataulu?	PDCA	Valmis pvm	Valmis pvm	DMAIC (6Sigma)
		Suunnittelu (P)	7.2.2019		Määrittäminen – Define (D)
		Toteutus (D)	31.3.2019		Analysointi – Analyse (A)
		Tulosten varmistaminen (C)	17.5.2019		Parannus – Improve (I)
		Vakiointi (A)	31.5.2019		Ohjaus – Control (C)
11.Resurssit:	Tarvitseeko projekti erityistä tukea, osaamista, laitteistoa jne...?				

LIITE 2. Työpisteille jaettu selitelappu läpimenoaikojen seurantaan liittyen.

Jos kuormalapussa tulee mukana seurantalappu, on kellonajat merkattava.

Lappuja ei enää laiteta kaikkiin uusiin kuormiin, mutta jo kierrossa olevat laput täytetään.

Uusia lappuja tulee tammi - huhtikuiden 2019 välisenä aikana ■■■■, ■■■■ ja ■■■■ kuormien mukana.

Seuranta tehdään opinnäytetyöhön, jonka aiheena on viimeistelyosaston läpimenoaikojen analysointi ja kehittäminen. Lapuilla ei seurata eikä ole tarkoitus seurata työntekijöiden työnopeuksia vaan havainnoida kuinka paljon, missä välissä ja mistä syystä kuormat istuvat turhaan välivarastoissa.

Mikäli on kysyttävää löytää minut usein pyörimästä viimeistelyosastolla päivävuoron aikana.

- Markus Mutanen, opinnäytetyöntekijä
markus.mutanen@metsagroup.com

LIITE 3. Tuloksien analysointia varten rakennettu malli Excelissä.

