

Tuotannosuunnittelun ja -ohjauksen parantaminen vaiheaikojen ylläpidolla

Niko Petäjämäki

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2019
Tekniikan ala
Insinööri (AMK), konetekniikan tutkinto-ohjelma
Tuotantotekniikka

Tekijä(t) Petäjämäki, Niko	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Huhtikuu 2019
		Julkaisun kieli Suomi
	Sivumäärä 58	Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Tuotannosuunnittelun ja -ohjauksen parantaminen vaiheajojen ylläpidolla		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), konetekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Miikka Parviainen, Harri Tuukkanen		
Toimeksiantaja(t) Valmet Technologies Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tuotantotoiminnassa tuotannosuunnittelu ja -ohjaus on jatkuvasti entistä enemmän esillä ja kehityksen kohteena. Tuotanto halutaan saada mahdollisimman tehokkaaksi, joten prosessin turha aika on poistettava. Töiden ohjaukseen ja suunnitteluun on saatavilla runsas valikoima erilaisia ohjelmistoja, joiden avulla voi parantaa tuotantoa ja kasvattaa toiminnan tuottavuutta. Ohjelmistot ja järjestelmät kuitenkin tarvitsevat vakaat pohjatiedot niiden toimivuuden takaamiseksi.</p> <p>Insinööryössä luotiin systematiikka Valmet Technologies Oy:n Rautpohjan vaiheajojen päivittämiseen sekä suoritettiin yhden koneen päivitys luodun systematiikan pohjalta. Lisäksi pohdittiin vaiheajojen vaikutusta tuotannosuunnitteluun ja -ohjaukseen.</p> <p>Tutkimuksessa käytettiin laadullisia ja määrällisiä tutkimusmenetelmiä. Vaiheajojen nykytilanteen selvityksessä käytettiin määrällisen historiadata-aineiston tutkintaa ja ylläpito-prosessin kehittämisessä apuna toimi puolistrukturoidut haastattelut.</p> <p>Eräälle verstaan hiomakoneelle tehtiin vaiheajojen nykytilanteen tarkempi tutkimus, jonka perusteella saatiin käsitys tuotannosuunnittelun ongelmista ja päivitettiin tuotannosuunnittelun perusteena toimivaa laskentalehteä. Systematiikan perustaksi luotiin laskentalehtien ylläpito-prosessi.</p> <p>Vaiheajoilla havaittiin olevan suuri merkitys tuotantoon. Valmistuksen vaiheajoissa havaittiin virheitä, joiden suurimpia aiheuttajia ovat laskentalehtien vanhentuneet kaavat ja muut puutteet. Ylläpito-prosessi kehitettiin tuntiseurantaan pohjautuvaksi säännölliseksi palaverikäytännöksi, jolla jatkossa varmistetaan laskentalehtien ajantasaisuus.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Tuotannosuunnittelu, tuotannonohjaus, vaiheajoka, ylläpito-prosessi		
<p>Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet)</p> <p>Liitteet 1-12 ovat salassa pidettäviä, ja ne on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 17: yrityksen liike- tai ammattisalaisuus. Salassapitoaika on 20 vuotta. Salassapito päättyy 13.5.2039.</p>		

Author(s) Petäjämäki, Niko	Type of publication Bachelor's thesis	Date April 2019 Language of publication: Finnish
	Number of pages 58	Permission for web publication: x
Title of publication Improving production planning and control through phase-time upkeep process		
Degree programme Degree Programme in Mechanical Engineering		
Supervisor(s) Parviainen, Miikka & Tuukkanen, Harri		
Assigned by Valmet Technologies Oy		
Abstract <p>In production, production planning and control of operations are constantly becoming more and more the subject of development. The aim is to make production as efficient as possible, hence waste time in the process needs to be eliminated. There is a wide range of software available to help manage the work and improve productivity. However, software and other systems require stable background information to ensure their functionality.</p> <p>In the bachelor's thesis, a system was created to update the phase times at Valmet Technologies Oy Rautpohja plant and to update one machine based on the created systematics. In addition, the effect of the phase time on production planning and control was discussed.</p> <p>The study used qualitative and quantitative research methods. The analysis of the phase time situation was based on the study of quantitative historical data, and the semi-structured interviews helped to develop the upkeep process.</p> <p>A more detailed study of the current state of phase times was made on one of the grinding machines, which gave an understanding of the problems in the production planning and updated the computation sheet that serves as the basis for production planning. The upkeep process was created as the basis for systematics.</p> <p>Phase time was found to play a major role in the production. Errors were detected during the production phases, the major causes of which were obsolete formulas and other shortcomings of the computing sheets. The upkeep process was developed as a regular peer-to-peer session based on hourly monitoring, which will ensure the timeliness of the computing pages.</p>		
Keywords/tags (subjects) Production planning, production management, phase time, upkeep process		
Miscellaneous (Confidential information) Attachments 1 to 12 are confidential and have been removed from public work. Confidentiality is based on section 24 (17) of the Act on the Openness of Government Activities (621/1999): Business or Professional Secrets of the Company. The confidentiality period is 20 years. Confidentiality ends 13.5.2039.		

Sisältö

1	Johdanto	3
1.1	Opinnäytetyön kuvaus ja tutkimusongelma	3
1.2	Työn tavoitteet ja rajaus.....	3
2	Valmet	5
2.1	Valmet Oyj	5
2.2	Sym-, SymBelt- ja Sylinterivalmistus	7
3	Tuotannosuunnittelu ja -ohjaus	9
3.1	Tuotannosuunnittelun vaiheet.....	10
3.2	Laskentalehti	13
3.3	Kapasiteetti.....	13
3.4	Tuotannon kuormituksen hallinta.....	15
3.5	Tuotannosuunnittelun ja -ohjauksen järjestelmät.....	16
3.5.1	ERP-järjestelmä.....	16
3.5.2	APS-järjestelmä.....	17
3.5.3	MES-järjestelmä.....	18
3.6	Vaiheaikojen oikeellisuuden vaikutus tuotannosuunnitteluun	18
4	Tutkimusasetelma ja työn suoritus	20
5	HI-147 hiomakoneen vaiheajat	23
5.1	Tuotannosuunnittelun nykytilanne.....	23
5.2	Vaiheaikojen tutkinta	24
5.3	Laskentalehtien päivittäminen	29
5.4	Hionnan kertoimien selvitys.....	30
6	Haastateltavien näkemys ylläpitopalavereista	33
7	Tulokset	35
7.1	Ylläpitopalaverin kehitys	35
7.2	Laskentalehtien päivitys	39

8 Johtopäätökset ja pohdinta	41
Lähteet	44
Liitteet	47
Liite 1. Laskentalehti	47
Liite 2. Työstökoneen suunniteltujen ja myytyjen tuntien vertailu	48
Liite 3. Sym ZL -telojen myytyjen ja toteutuneiden tuntien suhde	49
Liite 4. Sym ZLC -telan pohjanhiontaprosessi	50
Liite 5. Sym ZLC -telan pinnanhiointaprosessi	51
Liite 6. Aikajana Sym ZLC -telan vaipan hiontaprosessin kulusta	52
Liite 7. G-nauhallisten vaippojen pohjanhiointa	53
Liite 8. G-nauhallisten vaippojen rouhinta- ja viimeistelyhiointa	54
Liite 9. Keraamipintaisten vaippojen pohjan- ja pinnanhiointa	55
Liite 10. Pehmeäpintaisten vaippojen pinnanhiointa.....	56
Liite 11. G-nauha vaipan laskentalehden muutoksien vertailu	57
Liite 12. Päivitetty laskentalehti	58
Kuviot	
Kuvio 1. Ylläpitoprosessin mahdollinen laajempi käyttöönotto	4
Kuvio 2. Valmetin liiketoiminnan jakautuminen	6
Kuvio 3. Paperikoneen rakenne	7
Kuvio 4. SSS-verstaalla valmistettävien telojen osuudet 2018.	8
Kuvio 5. SymZL-tela osittain leikattuna	9
Kuvio 6. SymBelt-tela osittain leikattuna	9
Kuvio 7. Tuotannonsuunnitteluprosessi	10
Kuvio 8. Delfoi Planner-tuotannonsuunnitteluratkaisun Gannt- näkymä sekä kapasiteetin käytön kuvaaja.....	15
Kuvio 9. Herkules WSB 450/850.....	26
Kuvio 10. HI-147 hinnoittelun onnistuminen vuosina 2016-2018.	28
Kuvio 11. Laskentalehtien ylläpitoprosessi	36

1 Johdanto

Tuotannonohjauksen merkitys tuotannollisessa toiminnassa kasvaa jatkuvasti ja toimintaa halutaan parantaa erilaisilla tuotannonohjaukseen, työjonojen hallintaan ja muihin toiminnanohjaukseen suunnitelluilla ohjelmistoilla. Tuotanto ja tuotannosuunnittelu on tärkeä osa yrityksen toimintaa, joten sen kehittäminen on oleellista (Tuotannonohjauksen uudet vaatimukset 2015.) Tuotannosuunnittelun ja -ohjauksen tärkeyden perusteella on selvää, että niiden perusteena käytettävien tietojen tulee olla oikeita.

1.1 Opinnäytetyön kuvaus ja tutkimusongelma

Työn toimeksiantajana toimi Valmet Technologies Oy, Jyväskylän Rautpohjan toimipiste, joka on suuri paperikoneen komponenttien suunnittelija ja toimittaja. Rautpohjan toimipisteen työn vaiheajojen laskemiseen käytettävien laskentalehtien ylläpito on puutteellista ja suunnitelluissa vaiheajoissa on havaittu olevan päivitystarvetta. Uuden toiminnanohjauksjärjestelmän käyttöönotto on myös ajankohtainen, joten tavoitteena olisi saada toiminnanohjauksen pohjalla olevat perustiedot kuntoon ennen täysin uuteen järjestelmään siirtymistä. Opinnäytetyön tutkimusongelma oli siis se, että toteutuneiden ja laskentalehtien antamien suunniteltujen vaiheajojen välillä on eroa ja se aiheuttaa ongelmia tuotannosuunnittelussa.

Tutkimuskysymyksiksi tutkimusongelman pohjalta muodostuivat:

1. Kuinka laskentalehtien vaiheajojen paikkansapitämättömyys vaikuttaa tuotannosuunnitteluun?
2. Millainen on hyvä ylläpitoprosessi laskentalehtien päivitykseen?

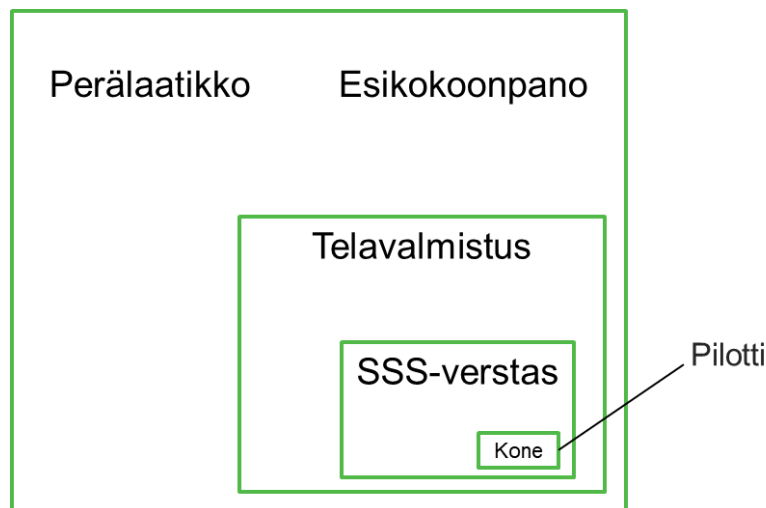
1.2 Työn tavoitteet ja rajaus

Tämän työn tarkoituksena oli luoda systematiikka vaiheajojen päivittämiseen sekä suorittaa yhden koneen vaiheajojen päivitys luodun systematiikan pohjalta. Lisäksi

tuli pohtia vaiheaikojen oikeellisuuden vaikutuksia tuotannosuunnitteluun ja -ohjaukseen.

Valitun koneen vaiheaikojen nykytilanteen tutkimisella ja päivittämisellä pyrittiin luomaan ymmärrys vaiheaikojen ylläpidon tarpeellisuudesta. Ylläpito-prosessin luonnilla oli tarkoitus saada parannettua ja ylläpidettyä yrityksen kapasiteetin suunnittelua ja hallintaa, ja näin ollen parantaa tuottavuutta. Työssä tehty yhden työstökoneen vaiheaikojen tutkinta ja laskentalehden päivitys antaa myös hyvän pohjan yritykselle lähteä jatkamaan ja laajentamaan laskentalehtien päivitysprosessia.

Työssä suunniteltiin ylläpito-prosessia Rautpohjan toimipisteen SSS- telaverstaalle, mutta luotu ylläpito-prosessi otetaan mahdollisesti myöhemmin käyttöön myös muilla verstailla. Vaiheaikojen merkityksen tarkastelu rajattiin koskemaan ainoastaan tuotannosuunnittelun ja -ohjauksen näkökulmaa. Opinnäytetyön rajallisista resursseista johtuen vaiheaikojen tutkimus ja laskentalehtien päivitys rajattiin koskemaan vain yhtä pilottina toimivaa konetta, joka on vain pieni osa tehtaan tuotannosta. Mahdollinen laajempi käyttöönotto on havainnollistettu kuviossa 1.



Kuvio 1. Ylläpito-prosessin mahdollinen laajempi käyttöönotto

2 Valmet

2.1 Valmet Oyj

Valmet on tällä hetkellä maailman johtava sellu-, paperi- ja energiateollisuuden teknologian, automaation ja palveluiden toimittaja sekä kehittäjä. Teollisuushistoria Valmetilla ulottuu noin 220 vuoden taakse. Yhtiö koki uudelleensyntymisen Valmetiksi vuonna 2013, kun sellu-, paperi- ja voimantuotantoliiketoiminta irtautui Metso Oyj:stä. Nykyään Valmet työllistää noin 12000 työntekijää ympäri maailman, noin 30 eri maassa ja 150 toimipisteessä. (Valmet lyhyesti 2019.; Valmetin toimipisteet 2019.)

Valmetin liiketoiminta jaotellaan neljään liiketoimintalinjaan: palvelut, automaatio, sellu ja energia sekä paperit. Liiketoiminta voidaan jaotella myös viiteen maantieteelliseen alueeseen kuvion 2 mukaisesti: Pohjois-Amerikka, Etelä-Amerikka, Tyynenmeren alue, Kiina ja Aasia sekä EMEA eli Eurooppa, Lähi-itä ja Afrikka. Valmetilla on markkinajohtajan vakaa markkina-asema jokaisella liiketoimintalinjallaan. Yhteensä yrityksen liikevaihto vuonna 2017 oli noin 3,1 miljardia euroa. (Valmet lyhyesti 2019.; Liiketoiminnat 2019.)



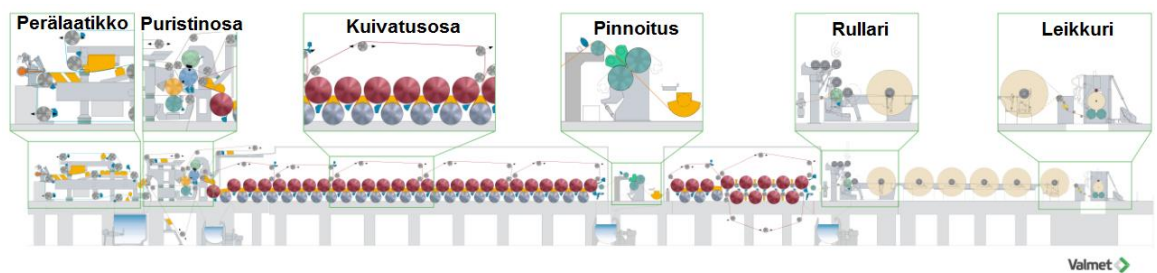
Kuvio 2. Valmetin liiketoiminnan jakautuminen (Liiketoiminnat 2019)

Suomessa Valmetilla on emoyhtiön Valmet Oyj:n lisäksi kolme muuta yhtiötä. Muut yhtiöt ovat Valmet Technologies Oy, Valmet Automation Oy ja Valmet Kauttua Oy. Valmetin pääkonttori sijaitsee Suomen Espoossa.

Jyväskylän Rautpohjan tehdas on osa Valmet Technologies Oy:tä. Valtion Tykkitehtaana vuonna 1938 toimintansa aloittanut Jyväskylän Rautpohjan tehdas on toimittanut paperikoneita jo vuodesta 1953. Toimipiste on Valmetin toiseksi suurin. Tehdas on nykyään täysin kartonki- ja paperikoneiden parissa toimiva yksikkö, jonka toimittamia kartonki- ja paperikoneita löytyykin jo kaikista maanosista. Rautpohjan 32 hehtaarin kokoisella tehdastontilla työskentelee noin 1750 työntekijää, joista Valmet työllistää noin 1400 henkilöä. (Valmet Rautpohja perehdyttämisopas 2018.)

2.2 Sym-, SymBelt- ja Sylinterivalmistus

Opinnäytetyön kohteena olevalla SSS-verstaalla valmistetaan erilaisia paperi-, kartonki- ja sellukoneiden teloja. Tuotantokoneina verstaalla on muun muassa sorveja, aarporia, hiomakoneita sekä tasapainotus- ja g-nauhoituskoneita. Valmistettavat telat sijoittuvat paperi- tai kartonkikoneiden puristinosalle, kuivatusosalle, pinnoitusosuudelle ja rullariosuudelle. Kuviossa 3 on kuvattu paperikoneen rakenne, josta nähdään osien sijainnit koneessa.

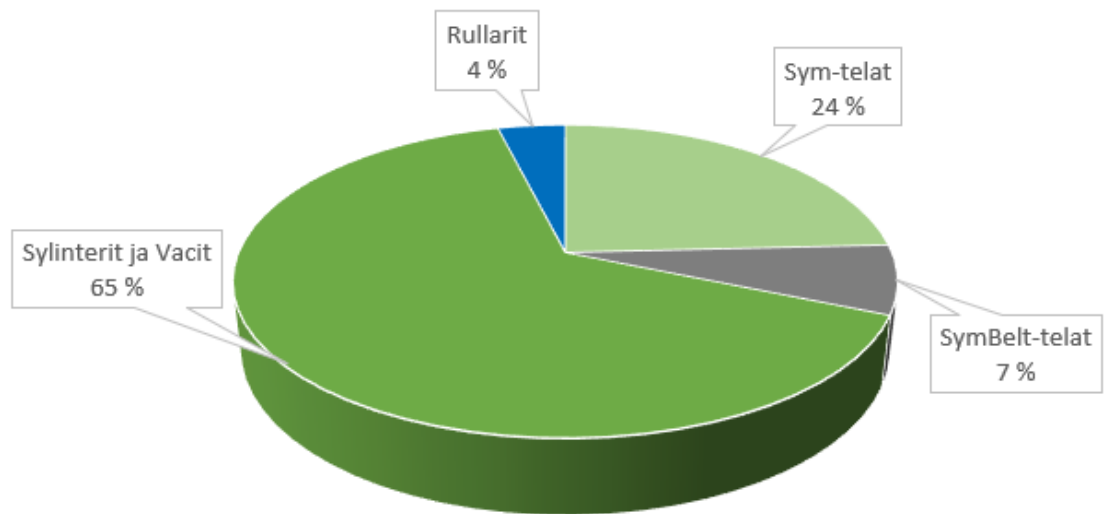


Kuvio 3. Paperikoneen rakenne (Paakkonen 2017, 34.)

Perälaatikolla syötetty massa sekoittuu ja jakautuu tasaiseksi rainaksi viiraosalle. Perälaatikolta raina siirtyy puristinosalle, jossa rainan vedenosuus pudotetaan noin 80 prosentista 55 prosenttiin puristusta käyttäen. Puristusvaihe vähentää kuivatusvaiheen energiatarvetta, mutta liian kovaa puristusta pyritään kuitenkin välttämään paperin paksuuden säilyttämiseksi. Puristinosassa käytetään eri tyyppisiä teloja, joita ovat esimerkiksi SSS-verstaan valmistamat taipumakompensoidut Sym -telat sekä Sym- telojen vastateloina toimivat SymBelt -telat. (Paakkonen 2017, 34-36.)

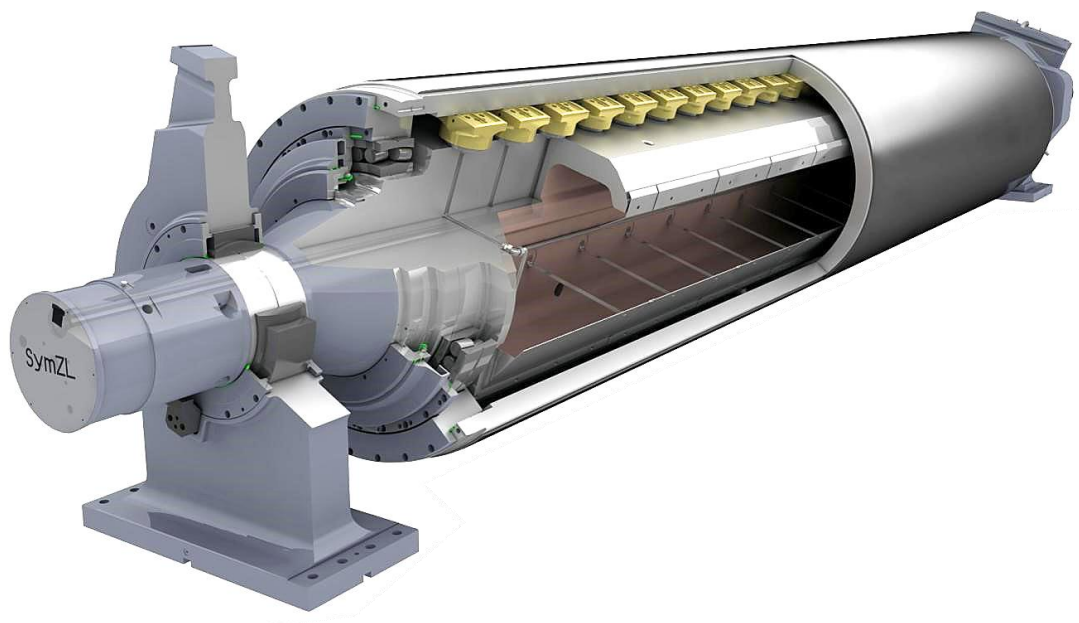
Kuivatusosalla massa kulkee yläpuolella olevien höyrylämmitteisten kuivaussylinterien sekä alapuolella olevien Vac-telojen välissä kuvion 2 mukaisesti. Kuivatusosuuden jälkeen on yleensä pinnoitusosuus eli kalanteriosuus, jossa paperi kiillotetaan puristusta ja vetoeroja hyödyntäen. Myös pinnoitusosuudella käytetään Sym-teloja. Rullariosalla käytetään SSS-verstaalla valmistettuja rullareita, joilla valmistunut paperi rullataan. Viimeisessä vaiheessa paperi vielä leikataan. (Mts. 2017, 34-36.)

Vuonna 2018 SSS-verstaalta valmistui yhteensä 281 tuotetta. Valmistetut telat ja niiden osuudet on esitetty kuviossa 4.



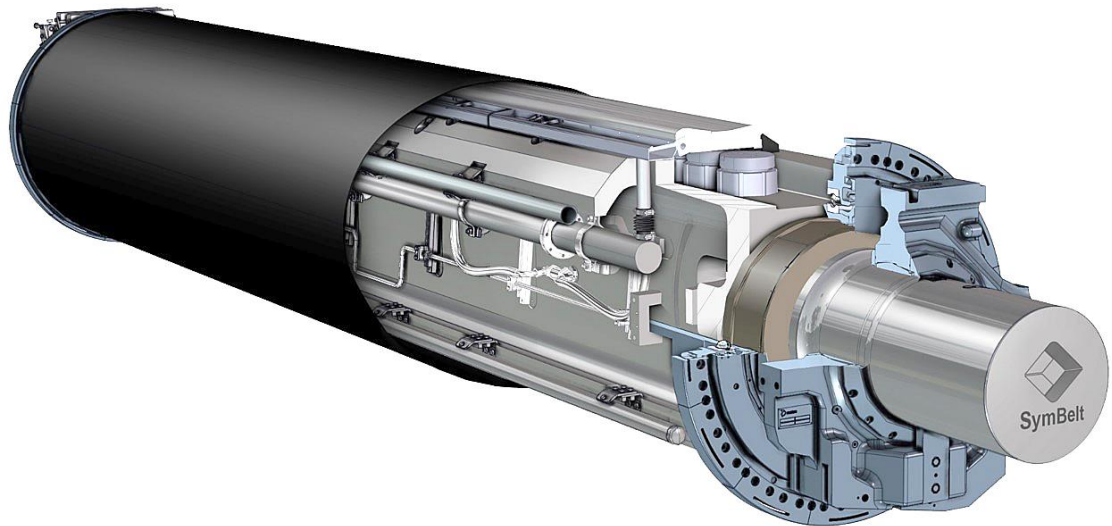
Kuvio 4. SSS-verstaalla valmistettävien telojen osuudet 2018.

Puristin- ja pinnoitusosalla käytettäviä Sym-teloja on 12 eri tyyppiä, joilla jokaisella on erilaisia ominaisuuksia. Telojen pituudet ja halkaisijat määräytyvät asiakkaan tarpeen mukaan. Kuviossa 5 on eräs Sym-tela. Telan rakenteeseen kuuluu telan keskellä sijaitseva akseli, akselia ympäröivä vaippa sekä päissä olevat laakeripukit.



Kuvio 5. SymZL-tela osittain leikattuna (Valmet press section shoe press 2019.)

Puristinosalla Sym-telojen vastateloina käytettäviä SymBelt-teloja on vain yhtä tyyppiä, joten ainoastaan telojen koko vaihtelee asiakastarpeen mukaan. SymBelt-teloja käytetään ainoastaan puristinosalla. Kuviossa 6 on SymBelt-tela.



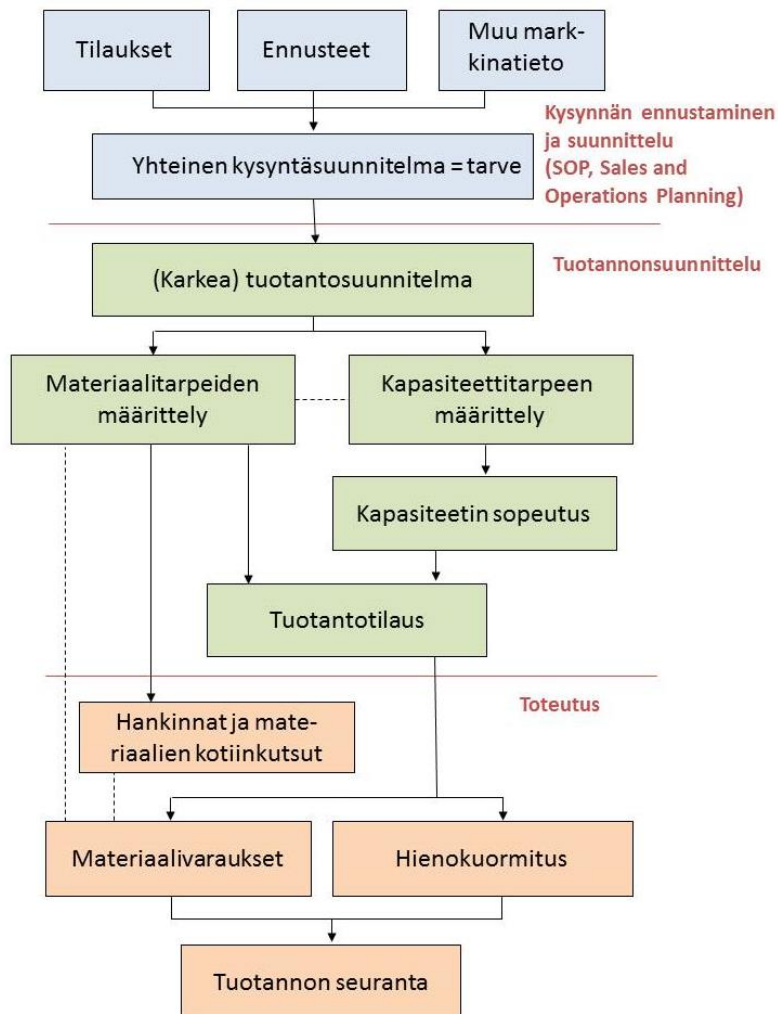
Kuvio 6. SymBelt-tela osittain leikattuna (Valmet press section shoe press 2019.)

3 Tuotannosuunnittelu ja -ohjaus

Tuotannosuunnittelulla pyritään suunnittelemaan ja ohjaamaan materiaalien ja kapasiteettien tarpeita. Tuotannosuunnittelu ja -ohjaus sisältää moniin erilaisiin toimintoihin liittyvää suunnittelua, päätöksentekoa, toteutusta ja valvontaa. Näiden avulla saadaan tuotanto toimimaan niin, että saadaan tyydytettyä asiakastarpeet sekä saavutetaan yrityksen toiminnan muut tavoitteet, kuten esimerkiksi toimitusvarmuutta kuvaava tunnusluku. (Tuotannosuunnittelu ja -ohjaus n.d.; Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 397-398.)

3.1 Tuotannonsuunnittelun vaiheet

Tuotannonsuunnittelu on monivaiheinen prosessi, jossa kuhunkin vaiheeseen vaikuttaa yksi tai useampi tekijä. Kuviosta 7 nähdään, että tuotannonsuunnitteluprosessi voidaan jakaa karkeasti kolmeen osaan: kysynnän ennustamiseen ja suunnitteluun, tuotannon suunnitteluun sekä toteutukseen.



Kuvio 7. Tuotannonsuunnitteluprosessi (Tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus N.d.)

Kysynnän ennustaminen ja suunnittelu

Tuotannonsuunnittelun pohjana toimii kysyntä. Kysynnän laskennallisia ennusteita ja muuta oletettua tulevaisuuden kysyntää koskevaa tietoa yhdistämällä saadaan luotua johtopäätöksiä, joiden perusteella laaditaan kysyntäsuunnitelma. Yhdistämällä

yrittäjien strategiset tavoitteet ja budjetti kysyntäsuunnitelmaan saadaan luotua yrityksen kokonaissuunnitelma. Kokonaissuunnitelman perusteella pystytään muun muassa suunnittelemaan varastointia ja tuotantomääriä. Lisäksi kokonaissuunnitelman perusteella voidaan tehdä johtopäätöksiä henkilökunnan palkkaukseen ja kauppasopimusten luontiin liittyen. (Tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus n.d.; Haverila ym. 2009, 411-415.)

Tuotannonsuunnittelu

Kysyntäsuunnitelman pohjalta saadaan luotua karkea tuotantosuunnitelma, joka on työkalu, jonka tavoitteena on varmistaa toimitusten toteutuminen oikeaan aikaan. Tuotantosuunnitelma kertoo koko yrityksen myynti- ja tuotantotilanteen. (Tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus n.d.; Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 194.)

Karkeasuunnittelussa pyritään sopeuttamaan resurssit menekkiä vastaavalle tasolle, ja sen tavoitteena on hallita toimituskykyä. Karkeasuunnitteluun siirryttäessä ennusteiden merkitys vähenee ja keskitytään pääasiassa yrityksen tilauskantaan, varastotilanteeseen ja valmistuksen tavoitteisiin. Lisäksi määritellään yleisellä tasolla tuotannon vaatimat resurssit, tehdään suunnitelma resurssien käytöstä sekä arvioidaan kone-, henkilö- ja laitekapasiteetti. Karkeasuunnittelua käytetään muun muassa asiakasohjautuvassa tuotannossa asiakkaalle luvattavien toimitusaikojen arviointiin. (Haverila ym. 2009, 415-416.)

Karkeasuunnittelun luonti edellyttää valmistettavien tilausten kapasiteetti- ja materiaalityötarpeiden määrittelyä. Kapasiteetti- ja materiaalityötarpeiden tuntemus vaihtelee yrityksestä ja sen toiminnasta riippuen, niiden määrittely edellyttää usein kuormituslaskentaa. Yleensä vakiotuotteita tarjoavalla yrityksellä on hyvin tarkat tiedot kapasiteetti- ja materiaalityötarpeista, mutta tilaustuotteita tarjoavalla yritykselle näiden tietojen arviointi on usein haasteellista, ja näin ollen joudutaan käyttämään likimääräisiä arvioita. (Haverila ym. 2009, 415-416.; Lapinleimu ym. 1997, 314.)

Materiaalityötarvelaskennassa saadaan selville materiaalityötarve huomioiden olemassa olevat varastot ja tulevat toimitukset. Materiaalityötarve taas on perustana materiaali-

hankinnoille. Kapasiteettitarpeen perusteella nähdään, tarvitseeko kapasiteettia sopeuttaa henkilö- tai konekapasiteettia muuttamalla tai esimerkiksi käyttämällä alihankintaa. (Tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus n.d.)

Toteutus

Usein karkea tuotantosuunnitelma tarkentuu hienosuunnittelun johdosta. Hienosuunnittelu on karkeasuunnittelua lähtökohtana hyödyntävä yksityiskohtaisempi suunnittelu, jossa saadaan aikaiseksi tarkka tuotantosuunnitelma. Hienosuunnittelussa tavoitteena on luoda työjärjestys, jota noudattamalla tuotannon tavoitteet toteutuvat mahdollisimman hyvin. Hienosuunnittelussa tilaukset jaetaan mahdollisesti tuotteisiin ja niin edelleen työvaiheisiin. Näin ollen syntyy myös tarkka suunnitelma tuotantoresurssien käytöstä. Vaiheisiin jaottelun jälkeen suoritetaan hienokuormitus ja luodaan materiaalivaraukset. Hienokuormituksessa tuotteet ajoitetaan työvaihekohtaisesti, oikeaa laskettua vaiheaikaa eli työvaiheen kestoaikaa käyttäen. Hienokuormittaminen edellyttää tietoa työvaiheiden kulusta sekä kunkin kuormitettavan vaiheen läpäisyajoista. (Haverila ym. 2009, 415-416.)

Hienokuormittaminen voidaan suorittaa taaksepäin- tai eteenpäin ajoituksella. Taaksepäin ajoituksessa ajoittaminen aloitetaan tuotannon valmistumisajankohdasta ja muut vaiheet ajoitetaan sen mukaisesti muiden vaiheiden edeltäjiksi. Tuotannon aloitus määrittyy siis viimeiseksi ajoitettavan eli ensimmäisen vaiheen ajankohdan mukaan. Eteenpäin ajoituksessa aloitetaan ensimmäisestä vaiheesta ja ajoitetaan muut seuraamaan edeltävää vaihetta aina viimeiseen vaiheeseen saakka. Eteenpäin ajoituksessa valmistumisajankohta määrittyy viimeiseksi ajoitettavan vaiheen mukaan, joten ajankohtaa ei pystytä määrittämään kuten taaksepäin ajoitettaessa. Taaksepäin ajoitus on tuotannonohjauksen tietojärjestelmissä yleisin käytetty menetelmä. (Mts. 418-420.)

Työvaiheiden ajoittaminen vaatii tuntemusta työvaiheista ja vaiheajoista. Hienosuunnittelun tarkkuusvaatimus määrittää työvaiheiden ja vaiheaikojen yksityiskohtaisuuden ja tarkkuuden. Valmistussuunnitelmaa luodessa on tiedettävä tuotannon todellinen tilanne mahdollisimman tarkasti. Kuormitusryhmillä voi mahdollisesti olla työnjojoja, jättämää tai tuotantohäiriöitä, jotka vaikuttavat kuormitusryhmän toimintaan

ja näin ollen kapasiteettiin. Edellä mainitut häiriöt vaativat usein hienokuormituksen uudelleensuunnittelua. (Mts. 418.)

3.2 Laskentalehti

Valmet Technologies Oy:n Rautpohjan toimipisteessä työvaiheen kestoaikojen laskennassa käytetään laskenta- tai hinnoittelulehdiksi kutsuttavia Excel -laskentapohjia. Laskentalehdestä saatavia vaiheaikoja käytetään hienokuormitusta tehdessä, jolloin suunnitellut tunnit otetaan suoraan laskentalehdestä.

Valmetin laskentalehdissä lähes jokaiselle telatyypille on luotu omat laskentakaavat, jotka laskevat kyseisen tyyppisen telan valmistusajat. Excel -tiedostoissa on alas veto -valikoita, joiden avulla määritetään valmistettavan telan tyyppi sekä perustiedot, esimerkiksi telan koko ja mahdollinen pinnoite. Näiden tietojen perusteella laskentakaavat muuttavat valmistuksen vaiheaikoja. Vaiheaikojen perusteella laskentalehti laskee myös omakustannehinnan. Laskentalehti on esitetty liitteessä 1.

3.3 Kapasiteetti

Kapasiteetilla tarkoitetaan enimmäissuorituskykyä tietyssä aikayksikössä. Chapmanin (2006, 164.) mukaan useimmissa organisaatioissa, etenkin valmistusorganisaatioissa kapasiteetista puhuttaessa tarkoitetaan virheellisesti tuotettavaa määrää. Todellisuudessa yrityksissä harvoin päästään kapasiteetin mukaiseen enimmäistuotantoon, sillä työkuormaa saattaa olla ajoittain liian vähän tai tuotannossa voi ilmetä häiriöitä, kuten konerikkoja, huoltoja tai muita viivästyksiä. Todellista tuotettavaa määrää tietyssä aikayksikössä kuvataan toiminta-asteella, toteutunut tuotantomäärä jaettuna kapasiteetin mahdollistamalla enimmäistuotantomäärällä. (Kapasiteetti ja toiminta-aste N.d.; Silver, E., Pyke, D., Peterson, R. 1998, 614.)

Kapasiteetin ohjaus

Kapasiteetin ohjaus koostuu kahdesta päätoiminnasta, joita ovat edellisessä kappaleessa sivutut kapasiteetin suuruuden ja kapasiteetin käytön suunnittelu. Yrityksellä

on välillä enemmän ja välillä vähemmän työkuormaa sekä työkuorma voi vaihdella eri työvaiheiden tai koneiden välillä. Tästä syystä kapasiteettia täytyy soveltaa työkuorman mukaisesti. (Lapinleimu ym. 1997, 202.)

Kapasiteetinsuunnittelun tavoitteena on tasata kapasiteetti ja todellinen työkuorman vaativa kapasiteetti, jotta valmistus saadaan suoritettua ajallaan (Chapman 2006, 165). Kansasen ja Karhumaan (2010, 7-8.) mukaan Vollman, Berry, Whybark & Jacobs (2005) määrittelevät kapasiteetinsuunnittelun päätavoitteen olevankin tuottavuuden parantaminen.

Kapasiteetin käytön suunnittelun on funktionaalisista lähtökohdista suoritettavaa kuormitusta, joka perustuu resurssin käytön miettimiseen eli päätetään, mitä resursseilla milloinkin tehdään. Yleisesti tuotteen läpäisy on tärkeämpää kuin kapasiteetin käyttöaste, joten kapasiteetin käyttöastetta suunnitellaan ainoastaan poikkeustapauksissa. Poikkeuksia voivat olla esimerkiksi raskas ja kallis työstökone tai pullonkaulana toimiva kone, joiden käyttöasteen halutaan olevan mahdollisimman korkea. (Lapinleimu ym. 1997, 202-204.)

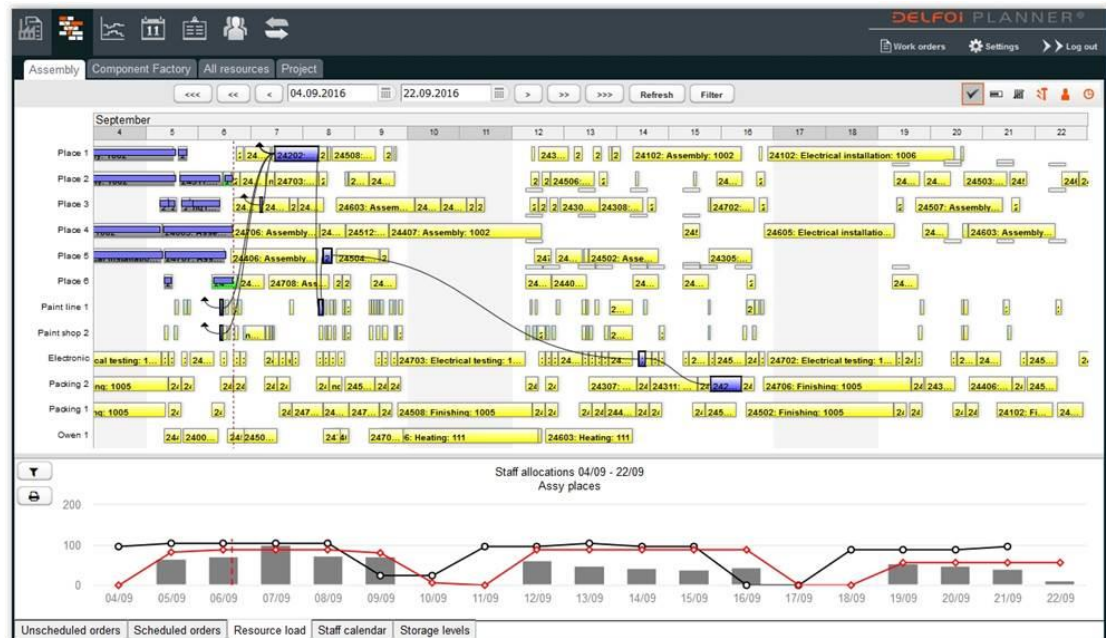
Kapasiteetin muuttaminen

Kapasiteetin muuttaminen ei ole lyhytaikainen prosessi eli sitä ei muuteta lyhyellä aikavälillä. Kapasiteetin suunnittelu tehdään esimerkiksi kuukausien, vuoden tai kahden vuoden aikaväleihin. Pitkäaikaiseen kapasiteetin muuttamiseen voidaan käyttää yrityksen toiminnasta riippuen työvoiman muutoksia, konekannan lisäystä tai päivitystä, työvuorojen lisäystä tai rinnakkaisen yksikön perustamista. Tuotantosuunnitelmaa on usein kuitenkin mahdoton tehdä kyllin tarkaksi, joten valmistusyksiköt eivät kuormitu tasaisesti, vaan kuormitusta joudutaan lähes aina tasaamaan valmistuksen tasolla. (Lapinleimu ym. 1997, 202-203.)

Kapasiteetin käytön kuvaaja

Tuotannosuunnitteluun käytettävissä järjestelmissä on monesti kapasiteetin käytön kuvaaja, joka ilmaisee visuaalisesti kapasiteetin käytön aikatauluun verraten. Kuviosta 8 nähdään, että kuvaaja on yleensä yhteydessä Gantt-kaavioon. Kapasiteetin

käytön kuvaajasta nähdään kuorman määrä suhteessa kapasiteettiin, jonka perusteella voidaan tehdä johtopäätöksiä kuorman tasauksesta tai kapasiteetin nostosta. (Greasley 2013, 383.)



Kuvio 8. Delfoi Planner-tuotannonsuunnitteluratkaisun Gantt- näkymä sekä kapasiteetin käytön kuvaaja (Advanced Planning and Scheduling, N.d.).

3.4 Tuotannon kuormituksen hallinta

Tuotannon kuorma ei aina vastaa sen hetkistä kapasiteettia, vaikka keskimäärin kuorma tietyllä aika välillä olisikin sopiva. Tällaisten tilanteiden ratkaisuna käytetään kuormituksen tasaamista lyhyen aikavälin kapasiteetin suunnittelulla. Kuorman ylitäessä sen hetkisen kapasiteetin, täytyy kuormaa tasata töitä siirtämällä tai vaihtoehtoisesti nostaa kapasiteettia hetkellisesti. (Lapinleimu ym. 1997, 200.; Chase, Aquilano, Jacobs 2001, 587.)

Resurssien välistä kuormaa voidaan tasata operatiivisella joustavuudella eli ylitöitä, työajan joustoja tai työntekijöiden tehtävien vaihtoja käyttäen. Näillä tavoin kapasiteettia saadaan kuitenkin nostettua vain rajallisesti. Työkuormaan saadaan helpo- tusta myös esimerkiksi työvoimaa vuokraamalla tai palkkaamalla sekä alihankintaa käyttäen. (Mts. 202.; Chapman, S. 2006, 174.)

Tuotannon kuormitusta voidaan myös tasata siirtämällä töiden aikatauluja eteen tai taaksepäin. Käytännössä kuitenkin aikatauluja voidaan siirtää vain taaksepäin eli aikaistaa, sillä eteenpäin siirron vuoksi toimitus myöhästyisi. Joissain tapauksissa eteenpäin siirto voi olla mahdollinen, jos toimituspäivää saa siirrettyä. Taaksepäin siirrossa ongelmaksi voi muodostua uutena ajanjaksona oleva muu kuorma tai materiaalien saatavuus. Taaksepäin siirto onnistuukin aikaisintaan siihen hetkeen, jolloin työvaiheeseen vaadittavat aihiot, ainekset ja komponentit ovat käytettävissä. Tästä johtuen tuotannon kuormituksen taseus on helpompaa, jos osto-osien toimitusajat ja oman valmistuksen läpäisy aika ovat lyhyempiä sekä valmistamisessa käytetään standardiaineksia. (Mts. 200-202.)

Lapinleimun ym. (1997) mukaanärkevintä onkin myydä tuote niin, että jätetään hie-man pelivaraa toimituspäivää sopiessa. Näin ollen tilauksen ensimmäiset viikot pystytään käyttämään kuormituksen tasaamiseen ja valmistukseen pano tapahtuu valmistusviikon alkaessa. Tasauksessa tärkeää on siirtää kokonaisia töitä, jotta keskeneräisten töiden määrä ei kasva ja tuotannosta tule sekavaa. (Mts. 200-202.)

3.5 Tuotannonsuunnittelun ja -ohjauksen järjestelmät

Nyky maailmassa tietokoneohjelmat ovat yrityksen toiminnalle tärkeitä työkaluja. Ohjelmistoja käytetään välineenä myös yrityksen toiminnan suunnittelussa, ohjauksessa ja valvonnassa. Toiminnan- ja tuotannonohjaukseen on monia erilaisia järjestelmiä, kuten muun muassa ERP, APS ja MES. ERP tulee sanoista enterprise resource planning ja tarkoittaa toiminnanohjausjärjestelmää, APS puolestaan tulee sanoista advanced planning & scheduling ja tarkoittaa tuotannonsuunnittelujärjestelmää ja MES tulee sanoista manufacturing execution system, joka tarkoittaa tuotannonohjausjärjestelmää. (Tuotannonohjaus N.d.)

3.5.1 ERP-järjestelmä

Suuremmilla yrityksillä on usein käytössään toiminnanohjausjärjestelmä, jota käytetään yrityksen laajaan ohjaukseen. ERP-järjestelmät ovat kokonaisvaltaisia tietojär-

jestelmiä, joihin kuuluu monia toimintoja. Järjestelmä yleensä mahdollistaa yhteistyön internetin välityksellä muun muassa asiakkaiden ja toimitusketjun muiden toimijoiden kanssa. Tietojärjestelmässä on yksi tietokanta, jota kaikki toiminnot käyttävät. Yhteisellä tietokannalla mahdollistetaan kaikkien toimintojen hyödyntävän samaa ja ajankohtaista tietoa, joka luo tarkkuutta toimintaan. Tästä johtuen tietokannan oikeellisuus on erittäin tärkeää, jotta esimerkiksi kapasiteetin käyttö vastaisi todellisuutta. Toiminnanohjausjärjestelmien tavoitteena on parantaa toiminnan tehokkuutta, taloudellisuutta, asiakaspalvelua sekä toimintojen läpinäkyvyyttä. (Toiminnanohjausjärjestelmä n.d.; Greasley, 2013, 320-323.)

Markkinoilla on useita erilaisia ERP-järjestelmiä, joten sopivimman järjestelmän löytäminen riippuu aivan yrityksen tarpeista. ERP-järjestelmästä ei välttämättä kuitenkaan löydy kaikkia haluttavia toimintoja, minkä vuoksi siihen voidaan liittää samaa tietokantaa käyttäviä erillisjärjestelmiä. Erillisjärjestelmiä ovat esimerkiksi tuotannosuunnittelun APS-järjestelmät ja tuotannon hienokuormituksen ja tuotannonohjauksen MES-järjestelmät. (Toiminnanohjausjärjestelmä n.d.)

Valmetilla on ERP-järjestelmän ohella käytössä Delfoi Planner- tuotannosuunnitteluratkaisu. Järjestelmässä on yhdistettynä tuotannon suunnittelu, karkeakuormitus, hienokuormitus ja tuotannonohjaus. Järjestelmä toimii tuotannon kanssa yhteistyössä. Työlistat voidaan välittää järjestelmästä tuotantoon sekä tuotannosta voidaan päivittää reaaliaikaisesti tietoa tuotannosuunnitteluun ja toiminnanohjausjärjestelmään (Advanced planning and scheduling n.d.)

3.5.2 APS-järjestelmä

Tuotannosuunnittelujärjestelmien tavoitteena on parantaa toimitusketjun toimitusvarmuutta ja kannattavuutta parantamalla suunnittelun tarkkuutta ja vähentämällä manuaalista työtä. Järjestelmän avulla voidaan tehdä muun muassa karkea- ja hienokuormitusta sekä resurssisuunnittelua. Järjestelmän yksi tärkeä lisätehtävä on tiedon visualisointi. (Ratkaisut 2017.)

Gantt- kaavio

APS-järjestelmässä on usein Gantt-kaavio tai -näkyvä eli tuotannon hienosuunnittelunäkyvä, joka on esitetty aiemmin sivulla 15, kuviossa 8. Näkymästä nähdään kuormitusryhmien kuormitus ja työjonot visuaalisesti (Ratkaisut 2017). Visuaalisen näkymän ansiosta projektien edistyminen ja vaiheistus nähdään helposti, minkä perusteella muun muassa projektipäällikkö saa tärkeää tietoa projektin tilanteesta sekä pystyy tekemään johtopäätöksiä sen pohjalta (Greasley, 2013, 382-383).

3.5.3 MES-järjestelmä

Valmistusteollisuudessa MES- järjestelmä liittyy toiminnanohjauksen ja tehdasautomaation välillä toimimiseen. Tehtävän jako MES- järjestelmän ja muiden järjestelmien välillä ei ole aivan selvä, mutta usein MES- järjestelmästä puhutaan tuotannonohjaukseen ja -hallintaan liittyvänä osana. Järjestelmä yhdistää tilauksen, tuotteen, materiaalien ja prosessin informaation yhteen paikkaan. MES- järjestelmän avulla parannetaan toimitusvarmuutta sekä lisäksi mahdollisesti laatutavoitteita ja tuottavuutta. (MES- järjestelmä, 2009.)

3.6 Vaiheaikojen oikeellisuuden vaikutus tuotannonsuunnitteluun

Usein tuotannon hienokuormituksessa joudutaan huomioimaan tuotevariaatioista johtuvat eripituiset työvaiheet, minkä vuoksi kuormaa tasataan työvaihejärjestelyillä. Vaiheaikojen oikeellisuus käykin ilmi vasta työvaiheen suorituksen jälkeen, kun havaitaan toteutuneen ajan poikkeavan suunnitellusta ajasta. Vaiheaikojen virheet luovatkin ongelmatilanteita, jotka kaipaavat pikaisia toimenpiteitä sujuvan tuotannon mahdollistamiseksi.

Työnmittaus eli työtehtävään tarvittavan ajan määrittäminen on osa työntutkimusta. Työnmittaus edellyttää työtehtävän ja käytettävän menetelmän riittävän tarkkaa kuvaamista. Työnmittausta ennen tulisi suorittaa menetelmätutkimus, jolla varmistetaan käytettävän menetelmän tehokkuus, taloudellisuus ja turvallisuus. Mittauksien

avulla saadaan selvitettyä tärkeimpiä tuotantoon liittyviä aikoja, joita ovat toimitusaika, läpimenoaika ja vaiheaika. (Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita 2011, 6-7.)

Vaiheaikaa käytetään myös muiden tuotannon aikojen laskemiseen, joten sillä on suora vaikutus myös läpimenoaikaan ja toimitusaikaan. Työnmittauksella saatavat vaiheajat ovatkin tärkeitä myös tuotannonsuunnittelun ja hienokuormituksen kannalta. Vaiheajoja käytetään hienokuormituksen suunnittelussa ja luonnissa, sekä niiden avulla saadaan laskettua resurssikohtainen kuormitus. Työvaiheiden keston perusteella saadaan myös asetettua hienokuormituksen työjärjestys kuntoon.

Vaiheajojen paikkansapitämättömyys vaikuttaa huomattavasti hienokuormituksen onnistumiseen. Vaiheajojen epätarkkuus mahdollistaa hienokuormittamisen väärillä tunneilla. Tämän seurauksena muun muassa resurssikohtainen kuormitus vääristyy, työn ajankohdat eivät välttämättä pidä paikkaansa ja työjonojen järjestys saattaa olla väärä. Vaiheajojen huono tunteminen siis vaikeuttaa kuormitusasteen hallintaa, kun ei nähdä todellista hienokuormitustilannetta (Haverila ym. 2009, 415-416). Hienokuormituksessa saattaa siis todellisuudessa olla kuormitettuna liikaa tai liian vähän työtä.

Kuormitusasteen huonosta hallinnasta johtuen osa koneista saattaa odottaa töitä eli niin sanotusti seisoo tyhjänpanttina, kun taas osalla koneista on ylikuormaa. Vaiheajojen tunteminen ja ylläpitäminen on erityisen tärkeää kokonaiskapasiteettia rajoittavilla pullonkaulatyövaiheilla, jotta koneen kuormitusaste saataisiin pysymään korkealla. Pullonkaulakoneen töiden odottaminen vaikuttaa koko tehtaan tuotantoon. (Haverila ym. 2009, 415-416.)

Tuotannonsuunnitteluun ja -ohjauksen onnistumisen ja koneiden käyttöasteen ylläpitämisen lisäksi vaiheajojen paikkansapitämättömyys vaikuttaa myös keskeneräisen tuotannon määrään. Vaiheajojen paikkansapitävyyden vaihtelun takia keskeneräisen tuotannon määrää joudutaan pitämään suhteellisen korkeana. Korkealla keskeneräisen tuotannon määrällä mahdollistetaan töiden järjestelyn muutoksia ja näin ollen mahdollistetaan myös korkeat koneiden käyttöasteet. (Paakkonen 2019.)

4 Tutkimusasetelma ja työn suoritus

Tutkimusongelmana voi olla halu kehittää tai saada aikaan muutosta. Tutkimuksen tarkoituksena onkin saada ymmärrys tutkittavasta ilmiöstä, jonka perusteella tai tutkimusta apuna käyttäen usein halutaan tehdä muutosta parempaan suuntaan (Kananen, J. 2015, 64.) Tämä opinnäytetyö on luonteeltaan kehittämistehtävä, jossa käytetään niin kvalitatiivista kuin kvantitatiivista tutkimusta. Kvantitatiivinen tutkimus tarkoittaa määrällistä tutkimusta ja kvalitatiivinen taas laadullista tutkimusta. (Kananen 2008, 10.)

Työn tärkeimpänä tavoitteena oli luoda systematiikka vaiheaikojen päivittämiseen ja päivittää yksi kone systematiikan mukaisesti. Lisäksi pohdittavana oli systematiikan vaikutus tuotannosuunnitteluun ja -ohjaukseen. Laadullista tutkimusta sovellettiin systematiikan luomisen apuna haastatteluiden muodossa. Määrällistä tutkimusta taas käytettiin vaiheaikojen nykytilanteen tutkimisessa ja laskentalehtien päivittämisessä. Lisäksi työtä tehdessä apuna käytettiin vaippavalmistuksen työnjohtajaa ja hiomakoneen operaattorien tietämystä.

Aiempiä tutkimuksia

Suomessa on tehty muutamia AMK-opinnäytetöitä koskien vaiheaikojen oikeellisuutta, päivitystä ja vaiheaikojen ylläpitoprosessin luontia. Ennen opinnäytetyön aloitusta tutustuttiin aiempiin tutkimuksiin ja niitä käytettiin hyödyksi tämän opinnäytetyön suoritusta suunnitellessa sekä saatujen tulosten vertailussa.

Esimerkkejä aiemmista tutkimuksista:

- Tarma Eppu, Insinöörityö (2018) ”Tuotannon vaikutus tuotekustannuksiin”.
- Mäkinen Marko, Insinöörityö (2012) ”Tehokkuus- ja standardiaikatarkastelu”.

Aiemmissä tutkimuksissa oli kuvattu vaiheaikojen erilaisia tutkintatapoja, ja pääasiassa tutkimuksissa oli päädytty päivittämään vaiheaikoja toteutuneita aikoja apuna

käyttäen. Ylläpitoprosessia käsittelevässä tutkimuksessa varsinaista prosessia tutkimuksissa ei kuitenkaan oltu kehitetty, vaan tulokset olivat jääneet ainoastaan dokumentoinnin suunnittelun tasolle.

Kvalitatiivinen tutkimus

Kvalitatiivisessa eli laadullisessa tutkimuksessa tavoitteena on saada mahdollisimman syvällinen ymmärrys aiheesta keskittymällä vain pieneen osaan tapauksia. Tutkimuksessa käytetään verbaalista viestintää eli lauseita ja sanoja. Tutkimuksessa voidaan käyttää esimerkiksi havainnointia, haastatteluja ja tekstianalyysiä, joiden tavoitteena on ymmärtää ilmiötä. Haastattelut voidaan suorittaa joko yksilö-, ryhmä- tai syvähaastatteluina. (Kananen 2008, 73-74.)

Aineistonkeruumenetelmäksi valikoitui haastattelu. Tutkittavien henkilöiden määrän ollessa viisi, valikoitui haastattelu parhaimmaksi aineistonkeruumenetelmäksi havainnoinnin ja tekstianalyysin sijaan. Haastatteluiden avulla uskottiin saavan mahdollisimman syvällinen näkemys työntekijöiden todellisista mielipiteistä ja näkemyksistä.

Haastattelulla pyritään selvittämään esimerkiksi haasteltavan ajatuksia tai mielipiteitä. Haastattelun kysymykset pitäisi muodostaa niin, että ne liittyisivät tutkimusongelmaa kuvaaviin tutkimuskysymyksiin. Kananen (2008) mukaan Eskola ja Suoranta (1998) jaottelevat haastattelut neljään eri luokkaan seuraavasti: strukturoidut haastattelut, puolistrukturoidut haastattelut, teemahaastattelut ja avoimet haastattelut. (Mts. 73.)

Strukturoiduissa haastatteluissa on ennalta määritetyt kysymykset, joihin vastataan vastausehtojen mukaisesti. Puolistrukturoidussa haastattelussa on myös ennalta määritetyt kysymykset, mutta vastauksia ei rajoiteta vaihtoehtoilta kuten strukturoidussa. Puolistrukturoidussa haastattelussa vastaus on avoimempi, mutta vastaa kuitenkin varmasti haluttuun kysymykseen. Teemahaastatteluissa määritellään ennalta aihealueita, joista haastattelun aikana puhutaan. Teemahaastattelusta tulee niin sanottu keskustelu, joten vastaukset voi olla laajojakin. Avoimissa haastatteluissa ei ole ennalta määriteltyjä kysymyksiä eikä aiheita. (Mts. 73-74.)

Ylläpitoprosessin suunnittelua varten haastateltiin viittä henkilöä, haastattelut äänitettiin ja litteroitiin kirjakielelle. Litterointi tarkoittaa tallenteiden, kuten äänitteiden purkamista tekstimuotoon, mikä auttaa haastatteluiden analysoinnissa ja havaintojen poiminnassa (mts. 80). Haastattelumuodoksi valittiin puolistrukturoitu haastattelu, sillä ei haluttu sitoa vastauksia vaihtoehtoihin, kuten strukturoidussa haastattelussa, mutta haluttiin varmistaa haastatteluissa vastattavan tiettyihin kysymyksiin. Teema- ja avoimet haastattelut taas olisivat saattaneet johtaa vastaukset liian laajoiksi, eikä niistä välttämättä selviäisi vastausta juuri haluttuihin kysymyksiin.

Haastatteluiden tavoitteena oli saada laskentalehtien parissa toimivilta henkilöiltä yleismielipide siitä, millainen ylläpitoprosessin olisi hyvä olla. Näin prosessista saadaan mahdollisimman hyvin kyseistä organisaatiota palveleva ja prosessiin osallistuvien henkilöiden mieleinen. Ylläpitoprosessissa tapahtuva laskentalehtien kaavojen muuttaminen edellyttää keskustelua ja yhteisten johtopäätösten tekoa, joten ennen muutosten tekemistä on keskusteltava asiasta. Tästä syystä Valmetilla usein käytettävä säännöllinen palaverikäytäntö soveltuu hyvin ylläpitoprosessin perustaksi. Haastattelun kysymyksiksi valittiin seuraavat:

1. Mitä laskentalehtien ylläpitopalavereissa tulisi käsitellä?
2. Milloin laskentalehtiä päivitetään/mikä antaa impulssin tuntien korjaukselle?
3. Korjataanko erot välittömästi vai koitetaanko ensin korjata valmistusta?
4. Miten usein palavereita olisi hyvä olla?
5. Kenen palavereihin tulisi osallistua?
6. Tarvitseeko ylläpitoprosessi jonkin järjestelmän tukea (esimerkiksi koneiden kehitystoimet kirjattuna yhteiseen tietokantaan/ muu dokumentaatio)?
7. Mitä muuta tulisi huomioida ylläpitoprosessia kehittäessä?

Kvantitatiivinen tutkimus

Määrällisessä tutkimuksessa tavoitteena on saada pienemmän joukon tai aineiston tutkimisella yleistetty johtopäätös, joka edustaa koko joukkoa. Tutkimuksen havaintoaineisto on kuitenkin laadullista tutkimusta suurempi. Havaintoaineiston on oltava riittävän suuri, useampia kymmeniä, jotta sen perusteella tulokset voidaan yleistää

koskemaan koko perusjoukkoa. Tutkimus perustuu mittaamiseen ja laskemiseen, joiden avulla tuotetaan perusteltua ja luotettavaa tietoa. (Kananen 2008, 10-13.)

Tutkimuksessa käytettävän yleistämisen vuoksi havaintoaineiston ja siitä tehtyjen laskentojen ja tuloksien on syytä olla tarkkoja. Havaintoaineisto joukon on siis vastattava todellista kohderyhmää. Käytettäessä kvantitatiivista tutkimusta, tutkimuksessa tulee huomioida työn luotettavuus, reliabiliteetti ja validiteetti. (Mts. 2008, 13.)
Opinnäytetyön kvantitatiivinen toteutus on kuvattu luvuissa 5.2 ja 5.4.

5 HI-147 hiomakoneen vaiheajat

5.1 Tuotannonsuunnittelun nykytilanne

Rautpohjan SSS-verstaan tuotanto on pidemmän aikaan ollut ylikuormassa, josta johtuen kaikki Lapinleimun ym. mainitsemat ylikuorman ehkäisykeinot ovat olleet käytössä kyseisellä verstaalla. Konehallien hienokuormituksessa käytetään Lapinleimun mainitsemaa järkevää tapaa kuormittaa, jossa toimituspäivälle jätetään pelivaraa. Hienokuormituksessa viimeinen vaihe päättyy sisäisen toimituspäivän viikolla, mutta pelivara on jätetty suunniteltaessa sisäistä toimituspäivää. Sisäinen toimituspäivä on siis yleensä noin kahdesta kolmeen viikkoa ennen ulkoista toimituspäivää, eli asiakkaalle luvattua toimituspäivää. Toimitusaikojen välille jätetty pelivara mahdollistaa myös tarvittaessa työn kuormituksen vähäisen eteenpäin siirtämisen.

Rautpohjan telaverstaille aihiot tulee valuina, jotka ovat melko tilauskohtaisia niiden koosta johtuen. Valujen valmistusajat ovat pitkät eikä eri valut käy muun kokoisille akseleille tai vaipoille, joten tästä johtuen kuormituksen siirto on välillä haasteellista. Valujen toimituksessa on myös pelivaraa, sillä valu on tilattu tulemaan pari viikkoa ennen tuotannon suunniteltua alkamista. Tämä ehkäisee pienten valutoimitusten myöhästymisen seurauksia ja mahdollistaa myös kuormitusten siirtoa hieman taaksepäin.

5.2 Vaiheaikojen tutkinta

Tutkimusaineistona oli toiminnanohjausjärjestelmästä kesällä 2018 kerättyä vaiheaikadataa, joka oli kerätty vuosilta 2016 ja 2017. Aineistossa oli dataa verstaan jokaisen työstökoneen osalta, mutta työssä käytettiin ainoastaan telan vaippoja koskevaa aineistoa. Aineistoon lisättiin data vuoden 2018 osalta, minkä jälkeen aineistoa ryhdyttiin tutkimaan. Tutkimusaineiston luotettavuutta kohtaan oli kuitenkin epäilyksiä, sillä suunniteltujen tuntien määrää pystyy muokkaamaan lähes kuka vaan, kenellä on toiminnanohjausjärjestelmään oikeudet. Tuotannonsuunnittelussa tiedostettiin, että ainakin verstaan työnjohtajat ovat muuttaneet suunniteltuja tunteja, jos heidän mielestään suunnitellut tunnit eivät ole vastanneet heidän omaa käsitystään todellisesta työnkestosta.

Työssä määrällistä tutkimusta käytettiin vaiheaikadatasta luotujen kaavioiden ja laskelmien tekemiseen. Aineistoa käsiteltiin laskentalehtien mukaan jaotelluissa luokissa, jotta laskujen tulokset saataisiin kohdistettua oikean tyyppisille teloille mahdollisimman tarkasti.

Tutkimusaineistossa oli työvaiheita, joissa suunnitellut tunnit olivat nolla tuntia. Jos suunnitellut tunnit olivat nolla, on kyseessä jälkeinpäin lisätty työvaihe eli suunnittematon työvaihe. Tämä viittaa tapahtuneeseen virheeseen tai esimerkiksi telaan tehtyyn muutokseen, jonka vuoksi tela on otettu uudelleen työstöön. Lisätyt tunnit vääristäisivät normaalia työvaiheen keston keskiarvoa, joten ne ja muut selittämättömät poikkeamat poistettiin aineistoista. Aineistosta poistettiin yhteensä seitsemän vaippaa ja joitakin muiden vaippojen yksittäisiä työvaiheita. Poikkeuksien lisäksi muutamien vaippojen työvaiheiden välillä huomattiin kirjausvirhe, jossa useamman kuin yhden vaipan tunnit oli kirjattu vahingossa yhden vaipan työkortille. Tällaisissa tapauksissa tunnit summattiin yhteen ja jaettiin tasan työvaiheiden välille. Poikkeamien poistamisen jälkeen kaikkien aineistossa olevien vaippojen vaihekohtaiset myytyjen ja toteutuneiden tuntien suhteet olivat välillä 0,31-2,23.

Tutkimusaineiston luotettavuuden selvittämiseksi luotiin kohdekoneen vaippojen työn kestoista tilauskohtainen vertailu. Viimeisen vuoden ajalta tehdyssä vertailussa myytyjen ja toteutuneiden tuntien suhdetta verrattiin verstaan laskemaan tuottavuuteen, jonka verstaas määrittelee suunniteltujen ja toteutuneiden tuntien suhteena. Vertailuissa käytetyt kaaviot on esitetty liitteessä 2. Ylempi kaavio kuvastaa verstaan suunniteltujen tuntien perusteella laskemaa kuukausittaista tuottavuutta. Alemmassa vertailua varten luodussa kaaviossa sinisellä palkilla on laskettu suunniteltujen ja toteutuneiden tuntien suhde ja oranssilla palkilla myytyjen ja toteutuneiden tuntien suhde. Tilaukset on lajiteltu valmistusajan mukaisesti, jolloin kaavio vastaa verstaan kuukausittaista tuottavuuskäyrää ja näin ollen mahdollistaa kaavioiden keskinäisen vertailun.

Aineiston suunniteltujen tuntien täytyisi vastata myytyjä tunteja, sillä tuotannon suunnitteluun ja kustannusten laskemiseen käytetään samoja laskentalehtiä. Vertailuaineistosta ilmenee paikoittain suurtakin eroa myytyihin tunteihin, mikä viittaa muunneltuihin suunniteltuihin tunteihin. Muokattujen suunniteltujen tuntien takia toiminnanohjausjärjestelmästä saatavan aineiston ja siitä tehtyjen laskelmien perusteella ei olisi voitu tehdä johtopäätöksiä, sillä aineisto todettiin vääristyneeksi. Tästä johtuen aineistona täytyikin käyttää myytyjä tunteja, joita ei ole voitu muokata. Myytyjä tunteja ei saatu suoraan toiminnanohjausjärjestelmästä, vaan ne täytyi hakea manuaalisesti erillisestä tietokannasta. Manuaalisen työmäärän takia myydyt tunnit kerättiin aineistoon ainoastaan työn kohdekoneelle eli HI-147 hiomakoneelle, joka on esitetty kuviossa 9.



Kuvio 9. Herkules WSB 450/850

HI-147 on paperikoneen telojen pintojen hiontaa suorittava työstökone. Kone on vuonna 1988 valmistettu Herkules WSB 450/850, jossa on Siemens Sinumerik 840D CNC-ohjaus. Koneella voidaan työstää jopa 15 metriä pitkiä ja kaksi metriä halkaisijaltaan olevia teloja. Maksimi kuorma on 80000 kiloa. (Hi-147 riskiarvio 2018.)

Hiomakoneella hiottavilla vaipoilla on useita eri hiontavaiheita, jotka ovat kestoltaan noin 20–200 tuntia. Suoritettavia hiontoja on ennen pinnoitetta suoritettava pohjan hionta ja pinnoitteen jälkeen suoritettava pinnan hionta sekä g-nauhallisilla vaipoilla myös vaipan pintaan tulevan g-nauhan rouhintahionta ja -viimeistelyhionta. Hiontaprosessissa käytetään erilaisia hiomakiviä, -nauhoja ja harjoja riippuen telan ominaisuuksista, kuten telan materiaalista ja mahdollisesta pinnoitteesta. Tietyn tyyppisillä vaipoilla koneella joudutaan tekemään myös manuaalista työtä, jossa poistetaan purseet g-nauhan urista.

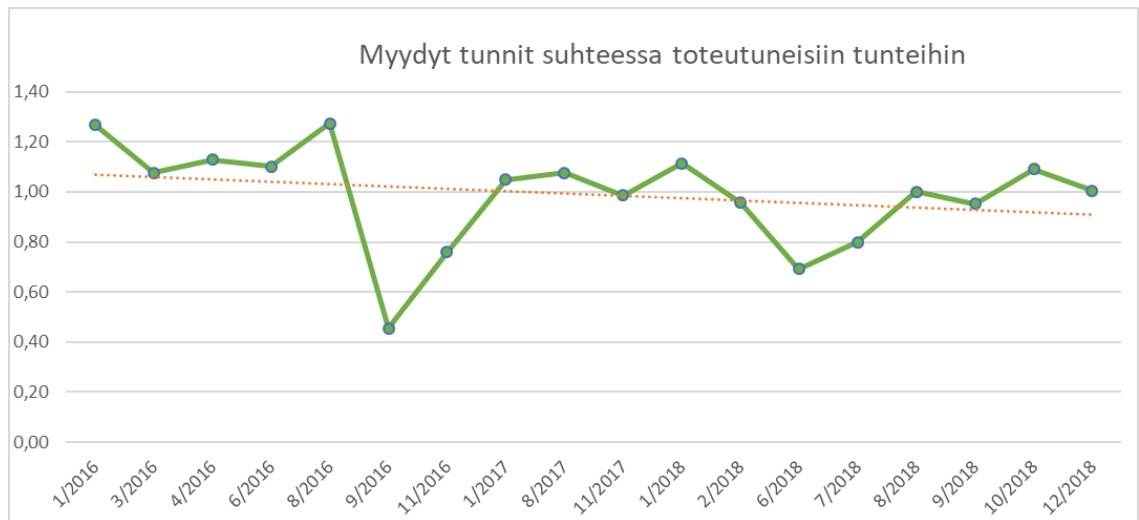
Hiomakone valikoitui kohde resurssiksi, sillä sen tuotannonkuormituksessa on aikaisemmin huomattu olevan hankaluuksia. Koneelle on esimerkiksi kuormitettu 135 tuntia työtä, vaikka todellisuudessa työ on vaatinut vain 40 tuntia. Tämä vaikuttaa myös koneen verstaan käyttämää tuottavuutta kuvastavaan käyrään. Kun kyseessä

on pullonkaulana toimiva työstökone, on ongelma merkittävä. Hiomakoneen eri ongelmien pohjalta on aikaisemmin pidetty useita palavereita, joissa on pohdittu vaikeuksien aiheuttajia ja suunniteltu tulevia toimenpiteitä. Palavereiden johtopäätöksenä ensimmäisenä täytyy saada suunnitellut tunnit vastaamaan toteutuvia tunteja mahdollisimman tarkasti, jotta saataisiin tuotannosuunnittelu kohdalleen. Vasta tämän jälkeen pystytään tutkimaan koneen kehitysmahdollisuuksia.

Hiomakoneelle tehdystä liitteessä 2 esitetystä vertailuaineistosta nähdään myytyjen ja toteutuneiden tuntien suhdetta kuvaavan kaavion vastaavan melko hyvin liitteessä ylempänä olevaa verstaan tuottavuuskäyrää. Tämän perusteella pääteltiin suunnittelujen ja myytyjen tuntien keskimääräisesti vastaavan melko hyvin toisiaan. Hiomakoneen kohdalla ongelmana onkin siis suuri hajonta tilauksien välillä eli joidenkin telojen hionta myydään tappiolla ja osa reilulla voitolla. Tämä viittaa laskentalehtien kaavojen käyttämien kertoimien päivitystarpeeseen.

Tilauksien sisällä työvaiheiden välillä oleva hajonta voi johtua tuotannosuunnittelun virheistä, sillä laskentalehdissä ei ole luotuna hionnan työvaihe-erittelyä. Laskentalehdessä tunnit näytetään ainoastaan yhtenä kokonaisuutena ja tuntien jaottelusta erillisiin työvaiheisiin vastaa henkilö, joka luo hienokuormituksen APS-järjestelmään. Tuntien jaottelu suoritetaan oman arvion mukaan ja hienokuormitusta suorittaa myös usea eri henkilö, joista jokainen todennäköisesti jakaa tunnit hieman eri tavalla. Näistä johtuen hienokuormitetuissa vaiheissa saattaa ilmetä kohtalaista heittoa toteutuneisiin tunteihin verratessa.

Hiomakoneelle luotiin uusi verstaan määritelmien mukainen tuottavuuskuvaaja, jonka laskemiseen on käytetty suunniteltujen tuntien sijasta myytyjä tunteja. Kuviossa 10 esitetystä uudesta tuottavuuskuvaajasta nähdään hionnan todellinen myytyjen ja toteutuneiden tuntien suhde. Kuvaajassa on käytetty töiden päättämispäivämääriä, jonka takia jokaisella kuukaudella ei välttämättä ole arvopistettä. Tuottavuuden huomattiin heitelleen melko paljon kolmen vuoden aikana. Keskiarvo tuottavuudelle kolmen vuoden ajalta on 0,92, josta todettiin myytyjen tuntien olleen kokonaisuudessaan hieman liian vähän. Kaaviosta havaittiin selviä ongelmakohtia, joita tutkittiin tarkemmin.



Kuvio 10. HI-147 hinnoittelun onnistuminen vuosina 2016-2018.

Yllä olevasta kuvaajasta nähdään suurimpien tuottavuuden putoamisien tapahtuneen vuoden 2017 helmi- ja maaliskuussa sekä vuoden 2018 kesäkuussa. Kyseisinä ajankohtina päätetyistä tilauksista huomattiin suurimman osan valmistetuista te-loista olleen Sym ZL-teloja. Tämän perusteella ZL-teloista tehtiin tarkempi tarkastelu, jossa huomattiin kyseisinä ajankohtina valmistettujen ZL-vaippojen olleen tyypiltään g-nauhapäällysteisiä. ZL-teloille päätettiin tehdä tarkempi tarkastelu, josta nähdään ZL-telojen väliset eroavaisuudet.

Liitteessä 3 esitetystä Sym ZL-telojen tuottavuuksista nähdään aineiston ZL-telojen myytyjen ja toteutuneiden tuntien suhteet. Kaaviosta nähdään jokaisen g-nauhallisen tuntien suhteen olleen alle yhden, kun taas muiden vaippojen luku on yli yhden. Te-räsnauhapintaisten vaippoja eli g-nauhallisten vaippojen tuottavuusluku kolmen vuo-den ajalta oli keskimäärin 0,66 ja pehmeäpintaisten Ventex-vaippojen 1,41. Kovapin-noitteista PressJadeF-vaippaa aineistossa oli vain yksi, joten siitä ei voitu tehdä johto-päätelmiä. Myös Ventex-pinnallisia aineistossa oli vain neljä, mutta suuresta tuotta-vuusluvun yksi ylityksestä johtuen muutoksia tulisi tehdä. Tuottavuuslukuista alusta-vasti pääteltiin, että ainakin g-nauhallisille vaipoille täytyisi myydä enemmän hionta-tunteja ja muille ZL-telojen vaipoille taas vähemmän hiontatunteja.

Työn loppuvaiheilla laskentalehdistä löydettiin kaava, jonka takia g-nauhallisten vaip-pojen tunteja kirjautui väärälle koneelle. Tästä johtuen liitteiden 2 ja 3 kaavioissa osa

g-nauhallisten vaippojen arvoista ovat virheellisiä, sillä myydyistä tunneista on vaipan halkaisijasta riippuen saattanut jäädä laskematta eräs työvaihe. Myös kuviossa 10 esiintyy pientä virheellisyyttä tästä johtuen. Laskentalehtivastaava tai tuotannon suunnittelu ei ollut tietoinen virheestä, josta johtuen virhettä ei osattu huomioida työn alkupuolella.

5.3 Laskentalehtien päivittäminen

Laskentalehtien takana on suuri määrä erilaisia kaavoja, joilla tunnit kerrytetään valettujen ominaisuuksien mukaan. Tuntimääriä ei siis voi vain päivittää etusivulle, vaan muutokset täytyy johtaa kaavoihin. Hiontaa koskevissa kaavoissa on laskettu vaipan pinta-ala, jonka perusteella saadaan laskettua hionta-aikojen summa erilaisia työvaiheita, kertoimia ja asetusajoja käyttäen. Laskentalehteä päivittäessä täytyy siis määrittää mihin muutos tehdään, asetusajkaan vai työstöajkaan ja sen mukaan muokata asetusajoja tai kertoimia. Kertoimia eri hionnoille päivitettävässä laskentalehdessä oli yhteensä seitsemän.

Ymmärrystä työvaiheiden sisällöstä ja lastuamisajan osuudesta selvitettiin keskustelemalla koneistajien ja vaippavalmistuksen työnjohtajan kanssa. Työstövaiheisiin tutustumisen yhteydessä luotiin Sym ZLC-telalle tarkempi selvitys hiontaprosessista, muun muassa leimauksista sekä työvaiheista ja niiden kestoista. Pohjan- ja pinnanhiannon selvitykset esitetty liitteissä 4-5. Selvityksen pohjalta laskettiin hiomaproessin lastuavan ajan olevan noin 82%, joka on melko korkea aika tuotantokoneelle. Aika kuitenkin vaihtelee paljon koneiden välillä, esimerkiksi eräälle verstaan koneelle tehdyn selvityksen mukaan sen lastuava-aika on noin 10%. Hiomakoneen selvityksen perusteella luotiin myös selkeytetty aikajana työn kulusta, jossa suurimmat eroavaisuudet hiontojen välillä esitetty punaisella. Aikajana on esitetty liitteessä 6. Koneistajien kertomien vaiheajojen summaa verrattiin historiadatasta saataviin vastaavien vaippojen hionta-ajoihin, jonka perusteella todettiin koneistajien arvioiden pitävän hyvin paikkaansa.

Asetusaikojen muokkaamiseksi tulisi työvaiheistukset ja työnkestot tutkia kertoimien mukaisille telaluokille jokaiselle erikseen. Myöskin telaluokkien sisällä samanlaisten vaippojen välillä on eroavaisuuksia hionnan tarkemmassa työvaiheistuksessa, joten tarkkaa asetusaikaa on vaikeaa määritellä. Eroavaisuudet voivat aiheutua esimerkiksi työjärjestyksien luomista lisätöistä, kuten muun muassa vaipan pyörityskaulan koon muuttuessa koneeseen joudutaan vaihtamaan liukupaloja ennen vaipan asettamista. Pyörityskaulan koon ollessa eri kuin edellisessä koneessa olleessa vaipassa, joudutaankin siis tekemään kolme tuntia lisätöitä.

5.4 Hionnan kertoimien selvitys

Uusien kertoimien selvittämiseksi aineistoon kerättiin vaippojen pituudet ja halkaisijat, joiden perusteella laskettiin työstöaikoihin vaikuttava pinta-ala kullekin vaipalle. Laskentalehdistä nähtiin aiemmin käytetty hionnan telaluokittelu eli minkälaisille teiloille on käytetty omaa tunti-laskennan kerrointa. Pinta-alan jälkeen aineistoa suodatettiin niin, että saatiin eriteltyä kuhunkin kertoimiin käytettävät aineistot.

Kunkin kertoimen kohdalta luotiin kaavio pinta-alan ja toteutuneiden tuntien historiadan pohjalta. Kaaviosta nähdään vaippojen arvopisteet, jotka näyttävät toteutuneen vaiheajan ja pinta-alan risteyskohdan. Kaavion arvopisteiden pohjalta saatiin luotua yhtälö, jonka kulmakerroin vastaa laskentalehtien kerrointa. Saatujen yhtälöiden avulla voidaan tarkastella kuinka hyvin laskentalehtien kertoimet ovat pitäneet paikkaansa toteutuneiden kertoimien kanssa. Luodut kaaviot esitetty liitteissä 7-10.

G- nauhalliset

G- nauhallisissa vaipoissa ensimmäiseksi tehdään pohjanhionta, jonka jälkeen vaipan pintaan pyöritetään g-nauhaa. G-nauha rouhintahiotaan, jolla poistetaan suurimmat epätasaisuudet ja jännitykset, sekä myöhemmin g-nauha viimeistelyhiotaan taiseksi. Pinnoittamattomilla vaipoilla rouhinta- ja viimeistelyhionta voidaan suorittaa samassa vaiheessa, sillä niillä rouhinnassa tapahtuva jännitysten poisto ei ole välttämätöntä. Vaiheiden yhdistämisellä aikaa säästetään yhden asetusajan verran.

Liitteessä 7 esitetystä g-nauhan pohjanhionnan kaaviosta saadaan toteutunut kuvaajan kerroin, jota verrattiin vanhaan laskentalehdissä käytettyyn kertoimeen. Toteutunut kerroin oli 0,25 suurempi kuin laskentalehden kerroin, joka kertoo neliömetrille menneen ajan olleen 15 minuuttia suunniteltua enemmän. 50 neliöisellä vaipalla eroavaisuutta kertyy jopa 12,5 tuntia.

G-nauhallisten vaippojen hionnassa haasteena oli kertoimien määrittely, sillä välillä vaiheet on suoritettu yhtenäisenä, jolloin kerroin sisältää kummatkin vaiheet. Liitteessä 8 esitetystä g-nauhallisten vaippojen kuvaajista kuitenkin rouhintahionnan kuvaaja jätettiin pois kertoimen määrittelystä. Rouhintahionnan kaavion arvopisteistä kolme kuvaajan yläpuolella olevaa arvoa todettiin poikkeuksellisen suuriksi, jonka vuoksi kuvaajan kerroin vääristyy. Myöskään uutta luotettavaa kuvaajaa ei voitu luoda, sillä arvopisteitä ei olisi ollut riittävästi poikkeuksellisten arvojen poiston jälkeen.

Laskentalehdissä g-nauhallisilla vaipoilla on omat kertoimet rouhintahionnalle ja viimeistelyhionnalle, jonka vuoksi liitteen 8 ensimmäisen kuvaajan kerroin täytyi jaotella kahteen vaiheeseen. Rouhintahionnan kuvaajan poiston takia rouhinnan kerroin selvitettiin yksinkertaisesti vähentämällä ensimmäisen kuvaajan kertoimesta viimeistelyhionnan kerroin. Näin ollen tuloksena jäi rouhintavaiheelle jäävä osuus. Yhteensä rouhinta- ja viimeistelyhionnan kerroin oli 0,93 laskentalehtien kerrointa suurempi. Eri hiontojen kertoimien väliset suhteet pysyivät lähes samana kuin mitä ne olivat laskentalehdissä olleetkin, ainoastaan rouhintahionnan osuus kokonaisajasta nousi 0,29:stä 0,33:en.

Keraamipintaiset telat

Keraamivaippaan eli tavallisesti Sym ZLC-telojen vaipan pintaan tulee keraaminen pinnoite. Vaipalla on kaksi hiontavaihetta, pohjanhionta ennen pinnoitusta ja pinnan hionta pinnoituksen jälkeen. Keraamipintaisia vaippoja aineistossa oli reilusti sekä niiden keskimääräinen myytyjen- ja toteutuneiden tuntien suhdekin on kohdallaan. Pohjanhionnan toteutunut kerroin oli ainoastaan 0,1 laskentalehtien kerrointa suurempi, kun taas pinnan hionnan toteutunut kerroin oli 0,07 pienempi kuin laskentalehdissä.

Pehmeäpintaiset telat

Vaipoille, joille tulee jokin pehmeistä pinnoitteista, tehdään yleensä ainoastaan pinnanhiointa. Pehmeiden pintojen hionnan kestoissa ei teoriassa pitäisi olla eroavaisuutta.

Nykytilanteessa pehmeiden pintojen hiontoja HI-147:lla on erittäin vähän, sillä suurimpaan osaan pehmeäpintaisista vaipoista tulee ventex-pinnoite, johon tulee myös uritus. HI-147:lla ei ole ollut urituslaitteita, joten hionta ja uritus on suoritettu toisen verstaan telahiomakoneella. HI-147:lle on lähiaikoina tulossa urituslaitteet, joten uritetuille ventex-pintaisille vaipoille tulisi saada kerroin tulevaisuutta varten. Toisen verstaan telahiomakoneen hiontamenetelmä on vastaava kuin HI-147:lla, joten kerroin laskettiin telahiomakoneen toteutumista.

Liitteessä 10 esitetystä telahiomakoneen ventex-pintaisten uritettujen vaippojen hionnan kaaviosta nähtiin ventex-pintaisten uritetun vaipan kertoimen olevan pienempi kuin laskentalehdessä ollut kerroin, jolla on laskettu vaiheajoja urittamattomille pehmeäpintaisille vaipoille. Historiadataa tarkemmin tutkiessa ilmeni ventex-pintaisten ja muiden pehmeäpintaisten vaippojen välillä selvää eroavaisuutta. Tästä pääteltiin ventex-pintaisten vaippojen tarvitsevan oman kertoimensa, jolla vaiheajoa lasketaan.

Pehmeäpintaisten vaippojen kanssa on lähiaikoina huomattu myös tapauksia, joissa on myyty tuplasti tunteja suhteessa toteutuneisiin tunteihin. Tästä Historiadan perusteella luotu kerroin kuitenkin nostaisi kerroinlukua entisestään noin 1,1 yksikön verran. Näin ollen kerroin muuttuisi väärään suuntaan lähiaikojen havaintoihin verran. Historiadata kyseisten telojen osalta on kuitenkin vuodelta 2016 ja 2017, joten tilanne on saattanut siitä myös muuttua. Vanhan datan ja nykytiedon ristiriidan takia kerrointa ei päivitetty laskentalehtiin. Kerroin tullaan päivittämään lähiaikoina tehtävien telojen toteutuvien tuntien perusteella.

6 Haastateltavien näkemys ylläpitopalavereista

Laskentalehtien päivittäminen on ollut puutteellista jo pidemmän aikaan. Aiemmin SYM-verstaalla on ollut avoin palaverikäytäntö, jonka perusteella selvästi virheellisten työvaiheiden kestoajoja saatettiin korjata. Päivitystä ei ole kuitenkaan tehty enää moneen vuoteen. Päivitysprosessille täytyisi saada runko, jonka mukaan palavereita pidettäisiin. Ylläpitoprosessia varten tulee määritellä muun muassa palavereiden toistuvuus ja niissä käsiteltävät asiat, sekä osallistuvat henkilöt ja heidän vastuunsa. Jotta prosessista saataisiin mahdollisimman hyvin yritystä palveleva, selvitettiin palaverihin osallistuvilta henkilöiltä heidän näkemyksensä hyvästä palaverikäytännöstä.

Palaverihin osallistuvien henkilöiden haastattelujen vastauksista oli havaittavissa selkeä yhteinen mielipide, eikä vastauksissa ollut juurikaan ristiriitaisia mielipiteitä. Pääosin kysymyksiin 1-5 kaikilla löytyi mielipide, mutta kysymyksiin kuusi ja seitsemän vastauksia saatiin vain muutamalta. Kysymyksessä seitsemän haettiin huomioon otettavia asioita, joita ei muissa kysymyksissä välttämättä tullut esille, joten siihen kaikilta ei odotettukaan vastausta.

Kaikki haastateltavat kokivat tarpeelliseksi käsitellä ylläpitopalavereissa tuntiseurannan tuloksia ja poikkeamien syitä. Lisäksi kolme haastateltavista koki tarpeellisina käsitellä palavereissa mahdollisia konepäivityksiä sekä valmistusmuutoksia. Kaksi haastateltavista kokivat tarpeelliseksi käsitellä ulkoistamisratkaisuja ja kustannustavoitteita.

Sallittuun tuntien eroavaisuuteen ei ottanut kantaa kuin kaksi haastateltavista. Toinen heistä koki, että tunnit saavat heittää 5%, kun taas toinen sallisi 20%:n heiton. Neljän mielestä päivityksiä tulisi tehdä valmistukseen vaikuttavien muutosten perusteella. Yksi heistä oli sitä mieltä, että päivitystä ei kuitenkaan saisi tehdä ennen muutoksista saatavaa toteutuneiden vaiheajojen dataa. Kaikkien haastateltavien mielestä tuntien eroavaisuuden aiheuttajat on selvitettävä ja mahdollisesti korjattava ennen laskentalehtien päivitystä.

Laskentalehtien päivityspalavereiden toistuvuuden osalta vastaukset heittivät vuosittaisesta neljännesvuosittaiseen. Kaksi haastateltavista ajatteli säännöllisesti kerran vuodessa pidettävän päivityspalaverin riittävän, sekä toinen heistä oli sitä mieltä, että tarvittaessa muutoksien yhteydessä voitaisiin pitää ylimääräinen päivityspalaveri. Kahden muun mielestä puolivuositainen toistuvuus olisi riittävä, mutta he olivat epävarmoja vastauksestaan, sillä he kertoivat käsiteltävien koneiden määrällä olevan mielestään suuri vaikutus päivityspalavereiden aikaväliin. Yksi haastateltavista ei omannut tarkkaa mielipidettä, vaan totesi, ettei ainakaan useammin kuin neljännesvuosittain.

Kaikkien haastateltavien mielestä palaveriin tulisi osallistua laskentalehdistä vastaava henkilö, tuotevastaava ja valmistusvastaava. Neljän haastateltavan mielestä lisäksi palaveriin tulisi osallistua tuotannosuunnittelun henkilöitä. Lisäksi esille nousi tuntiseurajaan ja mahdollisesti koneen operaattorien osallistuminen.

Neljän haastateltavan mielestä tuntiseurannan ohelle tarvitaan dokumentaatiota laatusattumuksista ja mahdollisista muista muutoksista. Viimeisen kysymykseen saatiin muutama vastaus. Ylläpitoprosessin tuntiseurantaa luodessa tulisi huomioida tuntiseurannan riittävä volyyymi, joten tuntiseurannasta olisi saatava niin sanotusti rullaava. Tuntiseuranta tulisi myös olla käsiteltynä jo ennen palaveria, jotta aikaa ei kulu sen tutkimiseen. Lisäksi yksi haastateltavista koki tarpeellisena, että tulevaisuudessa koneilla olisi SOP:t, joka on lyhenne sanoista standard operating procedure. SOP:ssa valmistukselle tehdään selvät ohjeistukset vaiheiden suorittamiselle, jolla on vaikutusta tekemisen tehokkuuteen ja laadukkuuteen (Standard operating procedure 2019).

7 Tulokset

7.1 Ylläpitopalaverin kehitys

Aiemmin, vuosia sitten yrityksessä seurattiin tuntien ja kustannusten toteutumia projektikohtaisesti, projektien jälkeisissä palavereissa. Laskentalehtien päivitystä ajatellen tuntiseuranta olisi kuitenkin parempi suorittaa konekohtaisesti, jolloin nähdään suoraan millä koneella myydyt ja toteutuneet tunnit eivät kohtaa.

Ylläpitoprosessin luomisessa hyödynnettiin haastattelun tuloksia. Mielenpitoja yhdistelemällä asioista muodostui hyvä yhteenveto ylläpitoprosessin luomiseksi. Laskentalehtien ylläpito päätettiin suorittaa säännöllisellä aikavälillä pidettävien palaverien avulla. Ylläpitopalaverin ohelle olisi hyvä kehittää myös useammin toistuva tuntiseurannan tilannepalaveri, jossa tuotannonsuunnittelu ja verstaas kävisi tuntiseurannan tilanteen läpi. Tällä pidettäisiin tuntiseurantaa ajan tasalla ja saadaan tilannetietoa useammin kuin vuosittaisissa laskentalehtien ylläpitopalavereissa. Ylläpitoprosessin havainnollistamiseksi tehtiin prosessista visuaalinen esitys, joka on esitetty kuviossa 11.



Kuvio 11. Laskentalehtien ylläpitoprosessi

Palaverien toistuvuus, laajuus ja esivalmistelut

Ylläpitopalaverieita pidetään vähintään kerran vuodessa, tarvittaessa useammin. Laskentalehtiin päivityksessä syntyvät muutokset kuitenkin vievät aikansa, ennen kuin muutokset tulevat esille tuntiseurannassa, jonka vuoksi palaverieja ei tarvitse pitää turhan tiuhaan. Suurien valmistettavien kappaleiden ja niiden varianssien vuoksi myöskään volyymia ei kerry kovin nopeasti, joten vuosittainen palaveri riittää senkin osalta. Tuntiseurannan volyymin lisäämiseksi tuntiseurannasta tulisi tehdä niin sanottu rullaava, eli se voisi sisältää dataa palaverien aikaväliä pidemmältä ajalta, esimerkiksi aina viimeisimmän puolentoista vuoden ajalta. Palaveri voidaan kutsua säännöllisen toistuvuuden lisäksi koolle esimerkiksi merkittävän valmistuksellisen muutoksen yhteydessä.

Yhdessä palaverissa käytäisiin lävitse yhden valmistusalueen koneet, eli esimerkiksi yhden palaverin laajuutena voisi olla vaippavalmistuksen koneet. Palaverin laajuuden vuoksi ei kuitenkaan otettaisi mukaan kaikkia alueen koneita, vaan laajuus rajoittuisi niihin koneisiin, joilla nähdään tarvetta tarkemmalle käsittelylle. Palaverin keston lyhentämiseksi tuntiseuraajan tulisi analysoida historiadata jo ennen palaveria, sekä määrittää mitkä koneet tulisi ottaa käsiteltäväksi päivityspalaveriin. Analyysia tehdessä olisi selvitettävä myös mahdolliset laatusattumukset ja muut aineistoon vaikuttavat tekijät. Tuntiseuranta toteutettaisiin konekohtaisesti ja tuntiseurannan teosta vastaisi verstaan määrittelemä henkilö.

Tuntiseurannan ohella täytyisi olla myös dokumentaatio, johon kirjataan valmistuksessa tapahtuneet poikkeamat sekä kaikki valmistukseen vaikuttavat muutokset. Dokumentaatio voitaisiin luoda esimerkiksi tuntiseurannan kanssa samaan tiedostoon, esimerkiksi omaksi Excel-välilehdekseen. Tällöin dokumentaatio kulkisi aina vastaavan koneen tuntiseurannan mukana.

Palavereihin tulisi osallistua: laskentalehtien päivityksestä vastaava, tuotevastaava, valmistuksesta vastaava ja tuotannonsuunnittelun henkilö. Lisäksi palavereihin osallistuisi tuntiseurannan henkilö, ellei tuntiseurantaa toteuta esimerkiksi valmistuksesta vastaava työnjohtaja. Tarvittaessa, esimerkiksi koneiden muutoksista johtuvan lisäpalaverin vuoksi paikalle voitaisiin kutsua myös koneiden operaattori.

Palavereiden sisältö ja vastuut

Ylläpitopalavereiden aiheina olisi: tuntiseurannan analyysi, valmistuksen muutokset ja tavoitteet. Palavereissa pääasiassa käsiteltäisiin tuntiseuraajan tekemän analyysin tuloksia ja niistä tehtäviä johtopäätöksiä. Lisäksi tarkastellaan, onko tullut valmistuksen muutoksia, kuten esimerkiksi kone- ja menetelmämuutoksia tai ulkoistusratkaisuja. Tavoitteissa käydään läpi esimerkiksi valmistukselle luodut kustannus- tai tunti-tavoitteet, sekä selkeytettäisiin, millaisiin muutoksiin pyritään.

Palavereiden koollekutsun ja laskentalehtien lopullisen päivittämisen hoitaa laskentalehtien päivityksestä vastaava henkilö. Tuotevastaavalla on tieto tuotekohtaisista

muutoksista ja tuotannon tavoitteista. Valmistuksen vastaava tuo tiedon valmistuksen muutoksista ja tapahtumista. Muutokset tulisi kirjata dokumentaatioon jo ennen palaveria. Tuntiseurannan tekijä on vastuussa analyysin teosta ja esittelystä. Tuotannosuunnittelun henkilön vastuulla on viedä tieto tuotannosuunnittelun puolelle.

Tuntien päivitys ja prosessin kehitysehdotukset

Haastatteluissa tulleiden vastausten perusteella sallittua eroavaisuutta tuntien välillä ei voitu päättää. Myöskin mahdollinen heitto riippuu siitä, kuinka hyvin koneen prosessi on hallinnassa. Tästä johtuen sallitut tuntien eroavaisuudet päätetään konekohtaisesti palaverien yhteydessä. Tuntieroavaisuutta havaittaessa, pyritään sen aiheuttaja selvittämään ja korjaamaan ennen laskentalehteen päivitystä. Jos muutoksien syytä ei selviä ja muutos todetaan oikeaksi, voidaan muutos päivittää laskentalehtiin.

Laskentalehtien päivityksessä on otettava huomioon muutosten voimaantuloaika, eli nyt tehdyt muutokset tulevat näkyviin tuntiseurantaan vasta kun päivitettyllä laskentalehdellä myydyt tuotteet on valmistettu. Päivitykset voivatkin tulla näkyviin tuntiseurantaan esimerkiksi vasta noin kahden vuoden kuluttua. Tästä syystä on tärkeää pitää tarkkaa dokumentaatiota tehdyistä muutoksista, ettei samaa muutosta ehditä tekemään useampaa kertaa. Haastatteluissa oli eri mielipiteitä siitä, tulisiko laskentalehtiä päivittää ennen kone- tai menetelmämuutosten voimaantuloa. Tulevien muutosten perusteella olisi hyvä päivittää laskentalehteä ennakkoon, sillä silloin saataisiin lyhennettyä muutosten näkyvyyden viivettä.

Ylläpitoprosessin luonnissa käsiteltiin vain yhtä konetta ja laskentalehteä, mutta ylläpitoprosessia voidaan soveltaa myös laajempaan käyttöön. Ylläpitoprosessi soveltuu telaverstaiden työstökoneille, joilla tuotanto on hallinnassa ja vakaata, menetelmät ja työvaiheet pysyvät samoina, sekä aineistoa kertyy riittävästi. Ylläpitoprosessia esiteltiin myös toisen verstaan verstaapäällikölle, joka koki prosessin erittäin hyödyllisenä ja tarpeellisenä myös heidän verstaallaan. Ongelmakohtaksi prosessissa ilmeni verstaan resurssien puute, sillä ylläpitoprosessin tuntiseurannalla ja palavereilla on työllistävä vaikutus.

Jatkossa ylläpitoprosessia laajentaessa myös muille koneille, läpikäytävien koneiden määrä moninkertaistuu. Tästä syystä alkuun tuntiseurantojen analyysien perusteella palaveriinkin saattaa tulla paljonkin koneita, joten palavereita kannattaa tarvittaessa pitää useammin kuin kerran vuoteen tai vaihtoehtoisesti pilkkoa palavereita osiin. Tulevaisuudessa tarkemman laskentalehden päivittämisen mahdollistamiseksi tulisi koneille tehdä tarkemmat työntutkimukset ja SOP:t, jolloin saataisiin valmistusta paremmin hallintaan ja pystyttäisiin tarkemmin määrittelemään muutosten sijainti valmistuksessa.

7.2 Laskentalehtien päivitys

Päivitettyssä laskentalehdessä HI-147 hiomakoneen kaavoihin päivitettiin uudet kertoimet ja hionnan tunnit tarkennettiin jakamalla ne 5 osaan. Työvaiheiden asetusajakoja ei lähdetty tarkemmin tutkimaan, vaan laskentalehtiin asetusajaksi jätettiin aikaisemmin määritelty kahdeksan tuntia, sillä tämä vakio työnosuus sisältää muutakin kuin pelkän asetusajan.

Hionnat jaoteltiin seuraavasti: pohjanhionta, pinnanhiointa, g-nauhan rouhintaan, g-nauhan viimeistely sekä muut. Lisäksi päivittäessä huomioitiin pehmeäpintaisten vaippojen valmistukseen tuleva muutos eli hiomakoneen urituslaitteen hankinta. Laskentalehteen tehtiin lisäyksiä ja muutoksia, jotta ventex-pintaisten vaipat saatiin eriteltäviä muista pehmeäpintaisten vaipoista ja niiden vaiheajat saataisiin laskettua jatkossa eri kerrointa käyttäen. Lisäksi myös ventex-pintaisten hiontavaihe eriteltiin pinnanhiointaan ja pinnan uritukseen. Päivitetty laskentalehti esitetty liitteessä 12.

Yhtä kerrointa lukuun ottamatta kaikki laskentalehden hionnan kertoimet päivitettiin. Pääasiassa kertoimien muutokset olivat maltillisia, mutta yksi kertoimista jopa tuplaantui. Tuplaantunut kerroin oli g-nauhallisen vaipan pohjanhionta.

Aikaan saatujen muutosten havainnollistamiseksi vertailtiin päivitetyn ja vanhan laskentalehden antamia tunteja g-nauhallisten telojen osalta, sillä niissä suunnitellut

heittivät toteutuneista kaikkein eniten. Liitteessä 11 tehdyn vertailun perusteella kertoimien päivitys nosti myytäviä ja suunnitteluun käytettäviä tunteja noin 6-38%. Tuntien muutoksista johtuen kustannukset ovat heittäneet tuhansilla euroilla. Suurta skaalaa prosenteissa ja toisiaan lähestyviä kuvaajia selittää laskentalehtiin tehty kaava, jonka mukaan g-nauhallisen vaipan pohjanhionnan aika on sidottu tiettyyn minimi tuntimäärään, jonka alle se ei voi olla. Tämä hionta-aika tuli vanhassa laskentalehdessä vastaan vaipan pinta-alan ollessa noin 41,5 neliometriä, kun taas uudessa laskentalehdessä korkeamman kertoimen vuoksi minimi tuntimäärä tulee vastaan vaipan pinta-alan ollessa noin 21 neliometriä. Liitteestä 3 ilmenee g-nauhallisten teilojen myytyjen ja toteutuneiden tuntien kuitenkin pääasiassa olevan pielessä enemmän kuin, mitä laskentalehden päivityksessä tehdyt kertoimet korjaavat.

Laskentalehden kaavoja muokatessa huomattiin yhden hiomakoneella tehtävän hiontavaiheen menneen laskentalehden mukaan eri hiomakoneelle, aina halkaisijan ollessa yli 1000 millimetriä. Käytännössä lähes jokainen vaippa on tehty siitä huolimatta HI-147:lla, toisen koneen suuren kuorman takia. Tästä syystä tuotannonsuunnittelussa ei ole edes huomattu laskentalehden laskevan tunteja muulle koneelle, jolloin se on jäänyt huomiotta hienokuormitusta tehdessä. Virhettä ei ole myöskään tuotannonsuunnittelussa huomattu, sillä heidän käyttämällään laskentalehden etusivulla ei ole ollut työvaihejaottelua.

Kertoimien päivittämisestä ja laskentalehden epäselvyyksien poistamisesta huolimatta toteutuneet tunnit eivät välttämättä aina vastaa toteutuneita. Välillä koneiden kuorman ja kapasiteetin vuoksi töitä siirrellään koneiden välillä, jonka vuoksi toteutuneet tunnit muuttuvat. Koneen vaihtuessa työn kesto voikin siis olla eri kuin laskentalehden kertoimen mukaan laskettu suunniteltu työn kesto.

8 Johtopäätökset ja pohdinta

Työn tavoitteena oli luoda systematiikka vaiheajojen päivittämiseen ja päivittää yksi kone systematiikan mukaisesti. Lisäksi tuli pohtia, miten systematiikan käyttö vaikuttaa tuotannosuunnitteluun ja -ohjaukseen. Pilottina toimivan koneen päivitysprosessi edellytti myös vaiheajojen ja tuotannosuunnittelun nykytilanteen tutkintaa.

Työn tietoperustan avulla saatiin luotua hyvä kokonaiskuva tuotannosuunnittelun sisällöstä. Tietoperustan ja tuotannosuunnittelijoiden haastattelujen pohjalta saatiin käsitys suunniteltujen tuntien paikkansapitämättömyyden vaikutuksista, jotka toivat myös itselleni uutta tietämystä aiheesta. Hiomakoneen vaiheajojen nykytilanteen selvityksessä tehtyjen kaavioiden pienestä virheellisyydestä huolimatta saatiin vahvistus ennakkotiedolle, että kaikkien telojen suunnitellut tunnit eivät ole vastanneet toteutuvia tunteja.

Työn edetessä, laskentalehteä tutkittaessa havaittiin myös useita syitä, joista johtuen tuntien eroavaisuudet ovat olleet niin suuria. Pääsyyinä oli laskentalehden erään kaavan virheellisyys sekä laskentalehden vaiheajoittelun puuttuminen, jonka seurauksena tuotannosuunnittelu teki työvaiheajoittelun omavaltaisesti. Puuttuvan vaiheajoittelun takia myöskään laskentalehden kaavat eivät ole olleet läpinäkyviä, joten virhettä ei ollut havaittu. Nykytilanteen selvityksessä käytetyt virheelliset myytyjen tuntien määrät hieman suurentelivat eroavaisuuksia telojen välillä ja vääristivät kuviossa 10 esitettyä kuvaajaa. Työn tulokseen tällä ei kuitenkaan ollut vaikutusta, sillä tuloksien pohjalla ei käytetty myytyjen tuntien dataa.

Laskentalehden päivittäminen poisti ongelmakohtat, joita olivat hionnan työvaiheiden ajoittelun puuttuminen ja g-nauhallisten pohjan hionnan harhaanjohtava laskentakaava. Myös pehmeäpintaisten vaippojen kaavoista ventex-pintainen vaippa siirrettiin erilleen oman kertoimensa alle. Laskentalehden päivittämisellä saatiin tarkempi ymmärrys vaiheajojen vaikutuksista tuotannosuunnittelussa ja -ohjauksessa, ja päivittämisellä mahdollisesti parannettiin tuotannosuunnittelun tarkkuutta

jatkossa. Jatkossa laskentalehdet pysyvät ajan tasalla opinnäytetyössä luodun systematiikan avulla. Systematiikan perustana toimii yritystä mahdollisimman hyvin palveleva ja helposti laajennettavissa oleva laskentalehtien ylläpitoprosessi.

Työssä pilottikoneen päivitettyjen kaavojen avulla saatiin tarkennettua kustannuksia ja tunteja vain pienestä osasesta tuotantoa. Tehtyjen päivitysten vaikutuksesta kustannukset nousivat tuhansilla euroilla, joka ei kuitenkaan ole vielä paljoa telojen kokonaiskustannuksista. Ylläpitoprosessin käyttöönoton laajentamisella kuitenkin voitaisiin tarkentaa lähes jokaisen koneen kustannuksia.

Opinnäytetyön työmäärän rajoitteissa hiontaprosessien yksityiskohtainen tarkastelu eri telatyypeille ei ollut mahdollista, jonka takia asetusaikoihin ei voitu juurikaan puuttua. Aineistona vaiheajkojen nykytilanteen selvittämisessä käytettiin kolmen vuoden takaista toteutumadataa, mutta siitä huolimatta tietoja jokaisesta telatyypistä ei ollut tarpeeksi paljon luotettavien johtopäätösten tekoa varten. Johtopäätöksiä kuitenkin tehtiin alle kymmenen arvon sarjojen perusteella, sillä Valmetin tuotteet ovat kookkaita ja näin ollen muutaman vuoden sisään tuotteita ei ole valmistettu suuria määriä.

Tulosten ja tehtävien muutosten luotettavuuden varmistamiseksi aineistoa pitäisi olla enemmän, kuin mitä työssä oli käytetty. Aineiston määrän kasvaessa esimerkiksi useisiin kymmeneen voitaisiin niistä johtaa hyvinkin luotettavia tuloksia. Vähäisten aineistomäärien vuoksi arvoista saatuihin tuloksiin suhtauduttiin kuitenkin kriittisesti, vaikka havaitut poikkeukset pyrittiinkin poistamaan niin historiadata-aineistosta kuin myös arvopisteistä. Poikkeuksien poistolla aineistosta saatiin luotettavampi, sillä tuloksia vääristävät tekijät pyrittiin poistamaan aineistosta.

Tutkimuksen validiteetti on myös hyvä, sillä tutkittavat aineistot ja menetelmät liittyvät olennaisesti tuloksiin. Myös tutustumissani aiemmissa tutkimuksissa oli käytetty toteuma-aineistoa ja samankaltaisia menetelmiä onnistuneesti. Opinnäytetyön tuloksissa oli myös yhteneväisyyksiä aiemmin tehdyn tutkimuksen tuloksien kanssa. Edellä mainitut asiat lisäävät varmuutta tutkimuksen onnistumisesta.

Haastatteluja litteroitaessa huomasin haastattelun aikana hieman ohjanneeni vastauksia kuudennen kysymyksen kohdalla, jos haastateltavalla ei juurikaan ollut mielihpidettä asiaan. Ohjaus tapahtui tahattomasti, kun selitettiin kysymystä auki esimerkein. Haastatteluiden tuloksien pienestä määrästä johtuen osa johtopäätöksistä oli vaikeaa tehdä. Haastateltaviksi olisi voitu ottaa esimerkiksi myös toisen verstaan vastaavia henkilöitä, jotka mahdollisesti jatkossa tulevat osallistumaan kyseiseen ylläpitoprosessiin verstaillaan.

Opinnäytetyön päätteeksi työn tulokset esiteltiin laajemmalle osallistujaryhmälle, johon kuului muun muassa verstaspäälliköitä ja muita ylempiä johtajia. Työn tuloksiin oltiin erittäin tyytyväisiä ja luotu ylläpitoprosessi koettiin tarpeelliseksi ottaa käyttöön myös laajemmassa mittakaavassa.

Jatkossa yrityksen olisi hyvä saada laskentalehdet päivitettyä ennen varsinaista ylläpitoprosessin laajaa käyttöönottoa, jottei siitä tulisi liian raskasta prosessia. Toisena haasteena on laskentalehtiin tehtävien muutosten voimaantulossa kestävä viive, joka kaipaisi jonkinlaista ratkaisua. Tulevaisuudessa tuntiseurantoja tehdessä on hyvä käyttää opinnäytetyössä tehtyjä materiaaleja pohjana muiden koneiden päivitysprosessin eri vaiheissa. Tuntiseurannan ylläpidon helpottamiseksi olisi syytä myös lopettaa suunniteltujen tuntien muokkaaminen, mikä mahdollistaisi tuntiseurannan aiheistonkeruun suoremmin ERP-järjestelmästä.

Lähteet

- Advanced planning and scheduling. N.d. Delfoi planner- järjestelmän tuote-esite. Viitattu 17.1.2019.
https://www.delfoi.com/web/products/delfoi_planner/en_GB/advanced-planning-and-scheduling/.
- Chapman, S. 2006. The fundamentals of production planning and control. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education.
- Chase, R., Aquilano, N. & Jacobs, R. 2001. Operations management for competitive advantage. Boston: McGraw-Hill/Irwin.
- Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita. 2011. EK-SAK tuottavuustyöryhmä. Teknologiateollisuus ry.
http://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/file_attachments/tyomarkkinat_kanustava_palkkaus_p_alkkaustapoja_tyontutkimuksen_menettelytavat.pdf.
- Greasley, A. 2013. Operations management. 3rd ed. Chichester: Wiley.
- Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. 6. p. Tampere: Infacs.
- Hi-147 riskiarvio 2018. Valmetin sisäisen Notes- tietokannan riskiarvio.
- Kananen, J. 2008. Kvali. Kvalitatiivisen tutkimuksen teoria ja käytänteet. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.
- Kananen, J. 2008. Kvantti: Kvantitatiivinen tutkimus alusta loppuun. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.
- Kananen, J. 2015. Opinnäytetyön kirjoittajan opas: Näin kirjoitan opinnäytetyön tai pro gradun alusta loppuun. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.
- Kansanen, K. & Karhumaa, M. 2010. Kapasiteetin karkeasuunnittelu maatalouskonetuotannossa. Opinnäytetyö ylempi-AMK. Lappeenrannan ammattikorkeakoulu, teknistaloudellinen tiedekunta, tuotantotalouden osasto, toimitusketjun johtamisen koulutusohjelma. Viitattu 16.1.2019.
<http://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/63614/nbnfi-fe201009062402.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Kapasiteetti ja toiminta-aste. N.d. Yritystoiminnan opas. Viitattu 16.1.2019.
<http://www.tieto.osaavayrittaja.fi/kapasiteetti-ja-toiminta-aste>.
- Lapinleimu, I., Kauppinen, V. & Torvinen, S. 1997. Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo: WSOY.
- Liiketoiminnat. 2019. Valmetin verkkosivujen yrityksen liiketoiminnan esittely. Viitattu 29.1.2019. <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/liiketoiminnat/>

MES-järjestelmä. 2009. Arroweng-järjestelmäratkaisujen tarjoajan verkkosivut. Viitattu 17.1.2019. <https://blogi.arroweng.fi/mes-jarjestelma>.

Mäkinen, M. 2012. Tehokkuus- ja standardiaikatarkastelu. Insinööriyö. Metropolia ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma. Viitattu 26.1.2019. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/52503/Loppu%202012%20Marko%20Makinen.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Paakkonen, T. 2017. Tuotantoprosessin kehittäminen raskaassa kokoonpanossa. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, konetekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma. Viitattu 30.1.2019.

Paakkonen, T. 2019. Tuotannonsuunnittelija. Valmet Technologies Oy. Haastattelu 20.3.2019.

Silver, E., Pyke, D. & Peterson, R. 1998. Inventory management and production planning and scheduling. New York: John Wiley & Sons.

Standard operating procedure 2019. Merriam Webster-verkkosivun sanakirja. Viitattu 10.3.2019. <https://www.merriam-webster.com/dictionary/standard%20operating%20procedure>.

Tarma, E. 2018. Tuotannon vaikutus tuotekustannuksiin. Insinööriyö. Metropolia ammattikorkeakoulu, tuotantotalouden koulutusohjelma. Viitattu 26.1.2019. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/145933/Insinööriyö_Eppu_Tarma.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Toiminnanohjausjärjestelmä. N.d. Logistiikan maailman oppiaineisto. Viitattu 17.1.2019. <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/ohjausjarjestelmat/toiminnanohjausjarjestelma/>.

Tuotannonohjauksen uudet vaatimukset. 2015. Internet-julkaisu Necom-järjestelmäjälleenmyyjän verkkosivuilla. Viitattu 15.1.2019. <http://www.necom.fi/tuotannonohjauksen-uudet-vaatimukset/>.

Tuotannonohjaus. N.d. Production softwarin tekniikan tietolähde. Viitattu 17.1.2019. <http://www.productionsoftware.fi/MES/index.htm>.

Tuotannonsuunnittelu 2017. SWD-järjestelmätarjoajan tuote-esite. Viitattu 17.1.2019. <https://swd.fi/ratkaisut/>.

Tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus. N.d. Logistiikan maailman oppiaineisto. Viitattu 14.1.2019. <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/tuotannonsuunnittelu-ja-ohjaus/>.

Valmet lyhyesti. 2019. Valmetin verkkosivujen yritysesitys. Viitattu 29.1.2019. <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/>

Valmet Rautpohja perehdyttämisopas 2018. Valmetin sisäisen Sharepointin perehdyttämisopas. Viitattu 30.1.2019.

<https://valmet.sharepoint.com/sites/flow/EmployeeToolbox/fi/MaterialLibrary/Material%20Library/Tervetuloa%20Valmetille%20Jyväskylään.pdf#search=rautpohja%20perehdytt%C3%A4mis>

Valmet press section shoe press. 2019. Valmetin myyntiesite.

Valmetin toimipisteet. 2019. Valmetin verkkosivujen toimipisteiden esittely. Viitattu 29.1.2019. <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/yhteystiedot/valmetin-toimipisteet/>

Vollmann, T., Berry, W., Whybark, C. & Jacobs, R. 2005. Manufacturing Planning & Control Systems for Supply Chain Management. 5th ed. New York: McGraw-Hill.

Liitteet

Liite 1. Laskentalehti (salassa pidettävä)

Liite 2. Työstökoneen suunniteltujen ja myytyjen tuntien vertailu (salassa pidettävä)

Liite 3. Sym ZL -telojen myytyjen ja toteutuneiden tuntien suhde (salassa pidettävä)

Liite 4. Sym ZLC -telan pohjanhiontaprosessi (salassa pidettävä)

Liite 5. Sym ZLC -telan pinnanhiointaprosessi (salassa pidettävä)

Liite 6. Aikajana Sym ZLC -telan vaipan hiontaprosessin kulusta (salassa pidettävä)

Liite 7. G-nauhallisten vaippojen pohjanhionta (salassa pidettävä)

Liite 8. G-nauhallisten vaippojen rouhinta- ja viimeistelyhionta (salassa pidettävä)

Liite 9. Keraamipintaisten vaippojen pohjan- ja pinnanhiointa (salassa pidettävä)

Liite 10. Pehmeäpintaisten vaippojen pinnanhiointa (salassa pidettävä)

Liite 11. G-nauha vaipan laskentalehden muutoksien vertailu (salassa pidettävä)

Liite 12. Päivitetty laskentalehti (salassa pidettävä)