

Opinnäytetyö (AMK)

Tekniikka ja talous

Tuotantotalouden koulutusohjelma

2015

Tommi Hopia

TUOTANTOLINJAN TUTKIMUS- JA KEHITYSTYÖ PILKINGTON AUTOMOTIVE FINLAND OY:LLE



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Tuotantotalouden koulutusohjelma

2015 | Sivumäärä 47

Tero Reunanen (Turun ammattikorkeakoulu), Johanna Salonen (Pilkington Automotive Oy)

Tommi Hopia

TUOTANTOLINJAN TUTKIMUS- JA KEHITYSTYÖ PILKINGTON AUTOMOTIVE FINLAND OY:LLE

Opinnäytetyö suoritettiin Pilkington Automotive Finland Oy:n lasitehtaalla Laitilassa. Tehtaalla valmistetaan laminoitua turvasasia ajoneuvoteollisuuden tarpeisiin. Työn aiheena oli tutkia ja kehittää laminointilinjan työtapoja ja tuotteiden läpivirtausta. Työ rajattiin koskemaan peitemaalattavien lämpölasien valmistusta. Työn tavoitteena oli löytää kustannustehokkain ja toimivin tapa ajaa linjaa, sekä parantaa linjan tuottavuutta 30 prosentilla. Lisäksi selvitetiin millä henkilömäärällä linjaa kannattaa ajaa, tarkistettiin linjan 5S-menetelmän toimivuus ja etsittiin ratkaisua linjan pullonkaulakohdan poistamiseksi. Linjalla oli hyödynnetty Lean-ajattelun periaatteita ja tässä työssä analysointiin ja kehitykseen sovellettiin 5S-lean työkalua sekä kahdeksan hukan menetelmää virtaavuuden ja resurssitehokkuuden kasvattamiseksi. Työn taustalla oli linjalla aikaisemmin tehdyn Time and Motion -tutkimuksen data ja tulokset.

Työn alussa seurattiin ja läpikäytiin Time and Motion -tutkimuksen tuloksia ja aineistoja, poimittiin lähtöarvoja tuotteiden läpimeno- ja työvaiheiden tahtiajoille ja niiden paikkansa pitävyyden tarkistettiin. Lean-menetelmien avulla optimoitiin linjan työvaiheet mahdollisimman tehokkaiksi ja analysoitiin miten hyvin työpiste ja sen tarvikesijoittelu tukevat valmistusta.

Työssä selvisi, että linjaa kannattaa ajaa neljällä operaattorilla. Uuden toimintamallin myötä primeroitavien lämpölasien läpimenoajat paranivat keskimäärin noin 20-30 prosenttia. Lisäksi selvisi, että linjaa on mahdollista ajaa kolmella henkilöllä, jolloin läpimenoajat pysyvät primeroitavien lämpölasien kohdalla samalla tasolla, kuin vanhassa mallissa. Tosin linja on tällöin alttiimpi häiriöille ja kylmää lasia valmistaessa loppupää ei välttämättä pysy puhdistilan vauhdissa.

ASIASANAT:

Lean, tuotantokehitys, prosessikehitys, lasituotanto, tuotantolinja

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Industrial Management

2015 | Total number of pages 47

Tero Reunanen (Turku University of Applied Sciences), Johanna Salonen (Pilkington Automotive Ltd)

Tommi Hopia

THE RESEARCH AND IMPROVEMENT STUDY OF THE PRODUCTION LINE FOR PILKINGTON AUTOMOTIVE FINLAND LTD

This thesis was made for Pilkington Automotive Ltd – a company that produces laminated safety glasses for vehicles. The topic of this thesis was the research and improvement of the methods used on production line as well as on its production flow. The focus was, specifically, on the production of cover painted thermal glasses. The aim was to find a cost-efficient and functional way to operate the line and to improve productivity by 30%. In addition, to discover the most efficient number of personnel for the line and ways to remove production bottlenecks; the 5S method used on the line was also inspected. The Lean method (5S tool and the 8 losses method) was used to increase the production flow and resource efficiency of the line. The research literature for this work was provided by the Time and Motion research.

Initially, the Time and Motion study results were monitored and reviewed. The output values were selected and their accuracy for the flowtime of products were revised; the optimization stages of line operations were analyzed to achieve maximum efficiency, and how well the work stations and the placement of their equipment supported manufacturing. It was discovered that the line is most productive with four operators.

With the new operating model the product flowtime of the primed thermal glasses improved an average of 20-30 per cent. In addition, it was discovered that the line can be operated by just three personnel. Thus the flowtimes of the thermal glasses remain the same as in the old line model. However, the line is then more susceptible to interference and the end of the line does not necessarily keep up with the pace of the cleanroom.

KEYWORDS:

Lean, production development, process development, glass production, production line

SISÄLTÖ

SANASTO	6
1 JOHDANTO	8
1.1 Yrityksen esittely	8
1.2 Opinnäytetyön aihe ja rajaus	9
1.3 Työn tavoitteet	10
1.4 Työn toteutus	10
2 LEAN-AJATTELU	12
2.1 Kahdeksan hukkaa	12
2.2 5S-menetelmä	14
3 TYÖN AIHEENA OLEVAN TUOTANTOLINJAN KUVAUS	16
3.1 Laminoitu tuulilasi	16
3.2 Laminoidun tuulilasin valmistus	16
3.3 Laminointilinjan toiminnan kuvaus	17
3.4 Linjalla valmistettavat tuotteet	18
3.5 Linjan toiminta	19
3.5.1 Puhdastilan työvaiheet	19
3.5.2 Loppupään työvaiheet	20
3.5.3 Tuotevaihto	20
4 TIME AND MOTION -TUTKIMUS	22
4.1 Työvaiheiden suhteelliset tahtiajat primeroitavalle lämpölasille	22
4.2 Tutkimuksessa havaittu pullonkaula	23
4.3 Keskimääräiset läpimenoajat	24
5 LINJAN ANALYSOINTI JA UUSI TOIMINTAMALLI	26
5.1 Linjan analysointi	26
5.2 Analysoinnin havainnot	27
5.3 Uusi toimintamalli	28
5.4 Toimintamallin kuvaus	29
5.5 Tarvikkeiden paikat ja linjan 5S	30
5.6 Työvaiheiden optimointi	33
5.7 Mallin soveltaminen eri henkilöstömäärälle	33

6 UUDEN TOIMINTAMALLIN KOEAJOT LINJALLA	35
6.1 Koeajojen aikana suoritettu tarkkailu	36
6.2 Koeajojen havainnot	37
6.2.1 Läpimenoajat	37
6.2.2 Kappalemäärätavoitteet	38
6.2.3 Loppupään toiminta yhdellä operaattorilla	39
6.2.4 Työmääräinten kierrättäminen	40
6.2.5 Työkuorma puhdastilan ja loppupään välillä	41
7 JOHTOPÄÄTÖSET JA TULOKSET	42
8 JATKOKEHITYS	44
8.1 Loppupään ladontaa koskeva kehitys	44
8.2 Tuotevaihto	44
8.3 Tuotannon suunnittelu ja työjono	45
8.4 Läpimeno ajan ja häiriötilanteiden seuranta	45
LÄHTEET	47
KUVAT	
Kuva 1. Työvaiheiden suhteelliset läpimenoajat.	23
Kuva 2. Tarvikkeiden paikat linjan nykyisessä mallissa.	31
Kuva 3. Uuden toimintamallin mukainen tavaroiden järjestys.	32

TAULUKOT

Taulukko 1. Työvaiheiden kestot.	24
----------------------------------	----

SANASTO

Antennilasi	Tuote, jonka laminointikalvoon on liitetty radioantennilanka.
Extra-henkilö	Uuden toimintamallin mukaisten määrättyjen työtehtävien suorittaja puhdastilassa ja loppupäässä.
PToperaattori	Uuden toimintamallin mukaisten määrättyjen työtehtävien suorittaja puhdastilassa.
Imuun kytkeminen	Lasiparin ympärille liitetty imurengas kytketään alipaine verkkoon. Kytkeminen tehdään loppupäässä. Ensin lasi kytketään nostimen imuliittimeen ja pukkiin ladonnan jälkeen klaavipukin imuliittimeen.
Kalvotrimmi	Lasiparin reunoista ylituleva ja pois leikattava ylimääräinen laminointikalvo.
Kampa	Määrätyille tuotteille lasin yläreunaan tuleva sovitin, joka tukee lasien ladontaa.
Klaavari	Tuotannon työntekijä, joka huolehtii laminoitujen lasiparien klaavausprosessista ja klaavipukkien vaihtamisesta linjalle.
Klaavipukki	Pukki, jolle linjalla laminoituneet lasit ladotaan odottamaan tuotannon seuraavaa vaihetta.
Kurro	Lasin tuentakepin päähän tuleva sovitin.
Kylmälasi	Lasi, jonka välissä on PVP-muovikalvo, jossa ei ole lämpö-langoitusta.
Laminoinnin järjestelijä	Tuotannon työntekijä, joka huolehtii tietyistä tuotannon tarvikkeista ja niiden toimittamisesta linjalle, työjonon suunnittelusta, virheellisten tuotteiden poiskuljettamisesta ja tuotepukkien linjalle sisäänajosta.
Lasipari	Sisältää ala- ja ylälasin, joiden väliin laminointikalvo asetetaan. Valmis tuote koostuu lasiparin ja kalvon yhdistelmästä.

Letkutus/letkuttaminen	imurenkaan liittäminen laminoidun lasin ympärille.
Loppupää	Puhdastilan ulkopuolinen osa linjaa, jossa lasiparin kalvotrimmi leikataan, lasin ympärille asetetaan imurengas ja lasit ladotaan klaavipukille.
Loppupään operaattori	Puhdastilan ulkopuolella suoritettavien työvaiheiden suorittaja.
Lämpölas	Lasi, johon on laminoitu lämmitys langat sisältävä kalvo.
Operaattori	Linjan tuotantotyötä tekevä työntekijä.
Primerointi	Alalasiin tuleva reunojen peitemaalaus.
Puhdastila	Tila, jossa linjan alkupää sijaitsee ja jossa lasiparin lasit puhdistetaan, niiden väliin asetetaan kalvo ja lopuksi liitetään yhteen. Tila pyritään pitämään mahdollisimman liattomana ja siellä toimiessa käytetään erikoisvaatetusta.
Siglasol-lasi	Lasi, jonka välissä on erikois-UV- kalvo. Näiden valmistaminen eroaa tietyn osin muiden lasien valmistuksesta.
T-Tappi	Lasien ladonnassa määrätyille tuotteille käytettävä sovitin.
Tuotepukki	Linjan alkupäässä oleva pukki, jolla laminointia odottavat lasiparit ovat.
Ulhi	Klaavipukissa oleva sovitin, jonka päälle laminoidun lasiparin alareuna lasketaan.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö suoritettiin Pilkington Automotive Oy:n ajoneuvolasitehtaalla Laitilassa. Tehtaalla valmistetaan laminoitua turvalasia. Päätuotteina tehtaalla ovat linja-autojen ja työkoneiden tuulilasit. Opinnäytetyön aiheena oli tutkia, analysoida ja kehittää laminointilinjan työtapoja ja tuotteiden läpivirtausta. Tavoitteena oli löytää kustannustehokkain tapa, jolla linjaa voidaan ajaa ja parantaa linjan tuottavuutta 30 prosentilla. Työhön kuului myös parhaiksi havaituiden työtapojen ja vaiheiden dokumentointi sekä työohjeiden laadinta. Linjan toimintaan sovelletaan Lean toimintafilosofian mukaisia menetelmiä. Opinnäytetyön taustalla oli linjasta aikaisemmin tehty Time and Motion- tutkimus ja tulokset. Työ toteutettiin analysoimalla linjan toimintaa ja kehittämällä analysoinnin pohjalta uusi toimintamalli, jonka toimivuutta testattiin videotaltioituilla koeajoilla.

Työhön sisältyi salassa pidettävä osuus, jonka johdosta laadittiin kaksi raporttia: yksi yrityksen käyttöön ja yksi julkaistavaksi. Tämä julkaisuversio eroaa seuraavien osin yritykselle toimitetusta raportista. Julkaisuversiosta poistettiin työvaiheiden suorittamisen tarkat kuvailut sekä työvaiheisiin kuluvat ajat. Työvaiheiden optimointi ja työvaiheet kuvataan yleisluontoisesti. Läpimenoajat ja niiden vertailun kuvaamiseen käytettiin aikojen sijasta prosenteja. Työssä määrättyjä vuoro-kohtaisia kappaletavoitteita ja toteutuneita kappaleita ei ilmoiteta lukuina. Taulukoista ja kuvioista on poistettu aikamääreet, joista osa on korvattu kirjaimella x. Kaksi työvaiheiden suorittamista kuvaavaa kaaviota on poistettu kohdasta työvaiheiden optimointi. Laaditut työohjeet sisällytettiin yrityksen raporttiin.

1.1 Yrityksen esittely

Pilkington Automotive Finland on osa NSG Groupia, joka on yksi maailman johtavista lasin ja lasituotteiden valmistajista. Pilkington perustettiin Englannissa vuonna 1826 ja osa NSG Groupia siitä tuli vuonna 2006. NSG Groupilla on tuotantoa noin 30 maassa ja myyntiä 130 maassa. Tilivuoden 2014 konsernin raportoitu liikevaihto oli noin 4,8 miljardia euroa. (Pilkington 2015.)

Suomen operoivalla Pilkington Automotive Finland OY:llä on ajoneuvolasitehtaat Laitilassa ja Tampereella sekä tukkuliike Espoossa. Lisäksi Laitilassa on laivojen lasituksia toimittava yksikkö Pilkington Marine. Suomen yksiköiden liikevaihto vuonna 2014 oli 94 miljoonaa euroa, josta viennin osuus oli noin 95 % ja henkilökuntaa oli noin 700. (Pilkington 2015.)

Laitilan tehtaalla valmistetaan laminoituja laseja ja Tampereella karkaistuja laseja. Yhtiö on pohjoismaiden suurin tuulilasien valmistaja. Päämarkkina-alueena toimii Eurooppa, mutta vientiä on paljon myös muualle maailmaan. Kokonaisuudessaan Pilkington brändin alla myydään noin 3,5 miljoonaa tonnia lasia joka vuosi. (Pilkington 2015.)

Yrityksen tärkeimmät arvot ovat tuloksellisuus, asiakaskeskeisyys, ihmisten arvostaminen, toiminnan kehittäminen ja ympäristön kunnioittaminen. Laatu, turvallisuus ja lisäarvon tuottaminen sekä sisäisille että ulkoisille asiakkaille ovat avainasemassa yrityksen toiminnoissa. Yrityksen visio on muuttaa maailmaa lasiteknologian avulla. Missiona on olla globaali johtaja innovatiivisissa ja ominaisuuksiltaan tehokkaissa laseissa ja lasitusratkaisuihin, jotka säästävät ja tuottavat energiaa, toimien turvallisesti ja eettisesti. (Pilkington perehdyttämispöytäkirja 2013.)

1.2 Opinnäytetyön aihe ja rajaus

Opinnäytetyön aiheena oli Laitilan tehtaan laminointilinjan työtapojen ja tuotevirtauksen tutkiminen ja kehittäminen. Linjasta on aikaisemmin tehty Time and Motion -tutkimus, jossa analysoitiin linjan työvaiheita, niiden kestoja, päällekkäisiä toimintoja ja tuotteiden tahtiaikoja. Tutkimuksesta saatu data ja tulokset on dokumentoitu ja ne toimivat lähtö- ja vertailukohtana tämän työn analysoinnille. T&M- tutkimuksessa havaittuun puhdastilan pullonkaulakohtaan pyritään löytämään ratkaisu.

Hyväksi havaitut toimintamallit dokumentoidaan ja niistä laaditaan ohjeistus. Linjan toimintaan sovelletaan Lean-toiminnan periaatteita. Lean-mallin mukaisen 5S menetelmän toimivuus tarkastetaan ja mahdollisesti päivitetään sekä

kehityksessä pyritään kahdeksan hukan eliminoimiseen toiminnoista. Kahdeksan hukan mallista ja 5S menetelmästä on kerrottu lisää kappaleessa 2: Lean-ajattelu.

Työ rajataan koskemaan lämmitettäviä ja primeroitavia tuotteita. Työssä on kuitenkin huomioitava muiden tuotteiden valmistus uusia toimintamalleja kehitettäessä. Työssä keskitytään tuotteiden läpimenoaikojen supistamiseen olettaen, että operaattoreiden työvaiheiden suorittamiseen kuluva aika säilyy vakiona.

1.3 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena oli:

- löytää kustannustehokkain ja toimivin tapa ajaa linjaa
- tehostaa linjan tuottavuutta ja läpivirtavuutta noin 30 prosenttia
- selvittää millä henkilömäärällä linjaa kannattaa ajaa
- löytää paras toimintamalli linjalle
- optimoida ja standardisoida valmistuksen työvaiheet ja laatia niistä ohjeistukset
- linjan 5S:n tarkistaminen ja päivittäminen
- aiemmasta tutkimuksesta ilmi tulleen linjan pullonkaulakohdan ratkaiseminen

Ennakkoon työlle asetettiin henkilömäärästä riippuvat vuorokohtaiset valmistusmäärätavoitteet. Tuotteille oli aiemmassa tutkimuksessa määritetty läpimenoaikoja sekä työvaiheille tahtiaikoja, joita oli tarkoitus lyhentää. Edellä mainittuja asioita käsitellään tarkemmin luvussa 5 Time and Motion –tutkimus.

1.4 Työn toteutus

Aluksi luotiin työlle teoriapohja tutustumalla linjalle tehtyyn Time and Motion -tutkimukseen sekä Lean-ajattelun periaatteisiin. Aikaisemman tutkimuksen aineistosta poimitaan lähtöarvot työvaiheiden tahtiajoille ja tuotteiden läpi-

menoajoille, joita on tarkoitus tehostaa. Seuraavaksi kartoitettiin nykytilanne perehtymällä linjan työtapoihin ja yleiseen toimintaan. Kartoituksessa otettiin selvää päällekkäisistä toiminnoista, odotusajoista, työtapojen tehokkuudesta, tahtiajoista, linjaston tuotannollisista haasteista sekä rajoituksista. T&M tutkimuksessa havaittu pullonkaulakohta tunnistettiin ja sen vaikutus tuotantoon analysoitiin. 5S:n toimivuus linjalla tarkistettiin ja arvioitiin. Myös tutkimuksesta poimittujen lähtöarvojen paikkansapitävyys tarkistettiin.

Kartoituksen pohjalta lähdettiin kehittämään linjan toimintaa ja työtapoja. Apuna käytettiin muun muassa Leanin työkaluja. Toimintamalli sovellettiin toimimaan eri henkilöstömäärän mukaan ja myös muiden kuin työssä rajattujen tuotteiden valmistus otettiin huomioon. Toimintamalli ohjeistettiin ja operaattorit perehdytettiin sen toimintaan. Videoituja käytännön kokeita suoritettiin kolme. Koeajojen aikana linjan valmistuksen ja tuotannon eri muuttujia vaihdeltiin, jotta niiden vaikutukset linjan virtaavuuteen saatiin havainnoitua. Koeajojen jälkeen pidettiin palaute- ja kehityskeskusteluja toimintamallin kehittämiseksi.

Työn tuloksien arvioinnissa keskityttiin tuotteen läpimenoajan lyhentämiseen, hukkatyön ja odotusaikojen minimoimiseen, pullonkaulakohdan poistamiseen ja linjan kappalesaannon paranemiseen. Kehitetystä toimintamallista laadittiin työohjeet linjalle. Toimintamallia kokeiltiin valmistuksessa, jolloin seurattiin linjan tunnuslukuja kuten kappalesaantoa, ajankäyttöä ja virtaavuutta. Toimintamallin sujuvuutta arvioitiin kokonaisvaltaisesti. Tulokset dokumentoitiin ja luotiin jatkokehitysehdotukset.

2 LEAN-AJATTELU

Lean-ajattelun juuret ovat Japanissa. Tunnetuksi se tuli artikkeleista, joissa esiteltiin Toyotan Takaotan tehtaan tuotantosysteemiä ja -menetelmiä sekä niiden tuloksia. Nykyään Lean käsitetään laajempuna strategisena käsitteenä ja toimintafilosofiana. Lean-toiminnassa sovelletaan laatujohtamisen periaatteita tuotantoon, jonka pääpainoina ovat asiakkaalle lisäarvoisten toimintojen erottelu lisäarvoa tuottamattomista toiminnoista, ylimääräisen hukan ja virheiden poistaminen kaikista prosesseista sekä toiminnan jatkuva kehittäminen ja parantaminen. (Six Sigma 2015.)

Leanin yksi keskeinen periaate liittyy läpimenoajan pienentämiseen virtaustehokkuuden kasvattamiseksi. Pienemmät läpimenoajat on mahdollista saavuttaa minimoimalla asiakkaalle lisäarvoa tuottamaton työ ja kartoittamalla kaikki mahdollinen hukka prosesseista ja pyrkiä poistamaan ne. Toinen Leanin keskeinen periaate liittyy resurssitehokkuuteen. Läpimeno aikojen ollessa pitkiä yrityksen käytettäviin resursseihin on sitoutunut enemmän lisäarvoa tuottamattomia prosesseja, jolloin työn tuottavuus laskee. Yrityksen tulisi keskittyä olemassa olevien resurssien mahdollisimman tehokkaaseen hyödyntämiseen virtaustehokkuutta unohtamatta niin, että asiakkaalle lisäarvoa tuottamattomat toiminnot saadaan minimiin. (Six Sigma 2015.)

Lean-toiminnan kehittämiseen yrityksissä on olemassa erilaisia menetelmiä ja Lean-työkaluja. Näitä ovat muun muassa kahdeksan hukan eliminointi, 5S, työmenetelmien kuvaus, standardisointi ja jatkuva parantaminen, kaizen, imuohjautuvuus sekä arvovirtojen kuvaaminen ja analysointi. (Moisio 2011.)

2.1 Kahdeksan hukkaa

Ceriffi-sivusto (2015) listaa seuraavat kahdeksan hukan muotoa:

- Ylituotanto: Syntyy, kun ei valmisteta juuri sitä määrää, mitä seuraava prosessi vaatii. Tällöin tehdään ylimääräistä työtä, josta syntyy tarpeet-

tomia kustannuksia. Kaikki odotteluaikea tuotannossa on lisäarvoa tuottamatonta aikaa ja laskee sekä virtaavuutta, että tehokkuutta.

- **Odottelu:** Odotteluaikea ovat mm. edellisen työvaiheen valmistumisen odottaminen, työkalujen tai laitteiden vapautumisen odottaminen sekä komponenttien ja muiden tuotannon vaativien tarvikkeiden odottaminen. Kaikki odotteluaikea tuotannossa on asiakkaalle lisäarvoa tuottamatonta aikaa ja se aiheuttaa myös kokonaisläpimenoajan kasvua.
- **Kuljettaminen:** Kuljettamisella tarkoitetaan keskeneräisten tuotteiden, sekä materiaalien ja tarvikkeiden siirtelyä paikasta toiseen. Hyvällä layout- ja tuotantosuunnittelulla pystytään minimoimaan siirtelyiden määrät ja matkat
- **Tarpeeton käsittely:** Kaikki ylimääräinen käsittely, jota tuotteelle tai prosessissa tehdään ja joka ei ole asiakkaan tai laadun kannalta tarpeellista. Myös ylilaadun eli paremman kuin välttämättömän laadun valmistaminen voi aiheuttaa ylimääräistä työtä ja kustannuksia.
- **Tarpeeton liikkuminen:** Kaikki turhat liikkeet ja siirtymiset työtä tehdessä, esimerkiksi työkalujen hakeminen, ylimääräinen kävely, tarvikkeiden etsiminen ja työvaiheiden suorittaminen tehottomasti.
- **Varastointi:** Ylisuuret varastot ja keskeneräiset tuotevarastot lisäävät varastoon sitoutunutta pääomaa ja aiheuttavat turhia siirtely-, käsittely- ja varastointikustannuksia. Lisäksi aikaa saattaa kulua oikeiden materiaalien ja tuotteiden etsintään suurista varastoista ja se lisää kokonaisläpimenoaika ja ylimääräistä arvoa tuottamatonta työtä.
- **Viat:** Tuotanto häiriöiden, virheiden ja huonon laadun valmistaminen syö yrityksen resursseja ja alentaa tuottavuutta. Prosessien ja työvaiheiden kuvaamisella ja standardisoinnilla saadaan usein tuotannon virheitä nä-

kyviin ja niitä voidaan yrittää poistaa ja ennalta ehkäistä. On myös toimitava kerralla oikein -periaatteella, jotta vältetään uudelleen työstämiseltä. Lisäksi nollavirheajattelu tähtää virheiden kartoittamiseen, ennaltaehkäisyyn ja poistamiseen tuotannosta

- Työntekijöiden ideoiden ja luovuuden hyödyntämättä jättäminen: Työntekijät tuntevat usein oman työnsä parhaiten ja heitä tulee rohkaista kertomaan omista ideoistaan ja kehityskohteista. Hyvä olisi pohtia, kuinka työstä saisi sujuvampaa, helpompaa, turvallisempaa ja tehokkaampaa. Keinoja ovat mm. aloitejärjestelmät, ideoiden palkitseminen, kehityskeskustelut, tiimikeskustelut ja ideointipalaverit.

2.2 5S-menetelmä

5S-menetelmä pyrkii Lean ajattelumallin mukaiseen hukkien poistamiseen tuotannosta ja virtaustehokkuuden sekä tuottavuuden parantamiseen. 5S-menetelmä tähtää työympäristön siisteyteen ja hallittavuuteen. Keskeisenä ideana on poistaa kaikki tuotannon kannalta tarpeeton tarvike ja järjestää työn kannalta tehokkaasti kaikki jäljelle jäävä ja standardisoida se. Onnistuessaan 5S-menetelmän hyötyihin voidaan lukea mm. työturvallisuuden parantuminen, työsuoritusten parempi hallinnointi, tuotteen laadun parantuminen, työn tuottavuuden parantuminen, lyhemmät toimitusajat ja pienemmät työn kustannukset. (Sivula 2015, 11–19.)

5S-menetelmällä viitataan japaninkielen sanoihin: ”seiri”, ”seiton”, ”seiso”, ”seiketsu”, ”shitsuke”. Suomeksi sanat voidaan kääntää muotoon ”luokittele, järjestä, siivoa, vakiinnuta, ylläpidä”. 5S-menetelmässä edetään porraskerrallaan aloittaen luokittelusta, jossa tarpeelliset ja tarpeettomat työvälaineet ja materiaalit työn kannalta kartoitetaan. Seuraavaksi tarpeelliset tarvikkeet järjestetään tuotannon kannalta fiksusti ja tehokkaasti. Tämän jälkeen keskitytään työympäristön siisteyteen, mikä parantaa esimerkiksi työturvallisuutta. Lopuksi hyväksi ha-

vaitut menetelmät standardisoidaan ja luodaan jatkuvan kehittämisen ja ylläpidon vaatimat prosessit. Näitä voivat olla mm. työpisteen TPM-huollot ja työpisteiden siisteystarkistukset. (Sivula 2015, 11–19.)

3 TYÖN AIHEENA OLEVAN TUOTANTOLINJAN KUVAUS

Tässä osiossa keskitytään työn kohteena olevaan laminointilinjaan, sen tuotteisiin työvaiheisiin, työtapoihin ja sen nykytilan kuvaamiseen. Ensin kerrotaan yleisesti laminoidusta tuulilasista ja sen tuotantoprosessista, jonka jälkeen syvennytään työn aiheena olevan linjan toimintaan sekä kuvataan valmistusprosessi linjan päätuoteryhmälle: primeroitavalle lämpölasille.

3.1 Laminoitu tuulilasi

Laminoitu tuulilasi koostuu kahdesta lasilevystä ja niiden väliin tulevasta PVB-muovikalvosta. Kahden toisiinsa sopivan lasilevyn yhdistelmää kutsutaan lasipariksi. PVB-muovikalvossa, eli laminointikalvossa, voi olla lämpölangat tai antennilanka. Tällöin valmistettavat tuotteet ovat joko lämmitettäviä tuulilaseja tai antennituulilaseja. Aurinkosuojalaseja valmistettaessa käytetään vain vähän UV-säteilyä läpäisevää Siglasol-kalvoa. Tuotteisiin voidaan lisäksi liittää lisävarusteita kuten sadesensoreita tai peilinkiinnikkeitä.

3.2 Laminoidun tuulilasin valmistus

Ensimmäinen vaihe valmistuksessa on, kun sopivan kokoisesta lasiarkista leikataan tuulilasin kokoiset lasilevyt leikkuulinjalla. Lasien reunat hiotaan, lasit pestään ja useimpiin lasihin painetaan silkkipainossa kuviointi. Lasilevyt taivutetaan muotoonsa uunissa. Ennen taivutusta leikkaamo käsittelee lasit tartunnanestoaineella, jonka tarkoituksena on estää lasien yhteen sulamista taivutuksen aikana. Lasipari asetetaan muotille, jotta se taipuisi oikeaan muotoon. Muotti sijaitsee vaunussa, joka kuljettaa sen uuniin. Taivutetut lasiparit ladotaan pukeille odottamaan laminointia.

Laminoinnissa lasipari nostetaan linjalle, erotetaan sisä- ja ulkolasi toisistaan ja puhdistetaan kalvopinnat. Lasien väliin asetetaan laminointikalvo, jonka jälkeen ne liitetään takaisin yhteen. Ylimääräinen kalvo leikataan pois ja lasiparin ympärille laitetaan imurengas. Lasipari kytketään alipaineverkkoon, jolloin ilma kalvon ja lasin välistä poistuu ja kalvo kiinnittyy siihen tiiviisti. Alipaineverkkoon kytketyt lasiparit ladotaan imupukeille odottamaan valmistuksen seuraavaa vaihetta – klaavausta.

Klaavausprosessissa lasipari ja kalvo kiinnittyvät toisiinsa yhdeksi turvalasielementiksi. Lasiparin laminoituminen turvalasielementiksi tapahtuu painesäiliössä ja prosessi vaatii noin 10 kilobaarin paineen ja 150 asteen lämpötilan. Klaavauksen jälkeen tuotteiden laatu varmistetaan lopputarkastuksessa, jonka jälkeen ne pakataan laatikoihin odottamaan asiakkaalle toimitusta.

3.3 Laminointilinjan toiminnan kuvaus

Tuotantolinja jakautuu kahteen eri tilaan: puhdastilaan sekä linjan loppupäähän. Tuotteen valmistus aloitetaan puhdastilassa, jossa taivutetun lasiparin lasit erotetaan toisistaan, puhdistetaan ja väliin laitetaan laminointikalvo. Puhdastilatyöskentelyn tarkoituksena on ehkäistä lian pääseminen lasiparin väliin. Puhdastilassa toimiminen edellyttää työntekijöiltä erityisvaatetuksen. Puhdastilassa tehtävien työvaiheiden jälkeen lasi kulkee linjaa pitkin ulos puhdastilasta loppupäähän. Loppupäässä lasin reunoista yli tuleva kalvo, eli kalvotrimmi, leikataan pois. Lasin ympärille liitetään imurengas ja lasi liitetään alipaineverkkoon. Lasit ladotaan pukille tuotannon seuraavaa vaihetta odottamaan.

Nykyisessä toimintamallissa sekä puhdastilassa että linjan loppupäässä työskentelee kaksi työntekijää, eli operaattoria. Operaattorit työskentelevät pareittain, yksi kummallakin puolella linjaa. He vaihtavat paikkoja puhdastilan ja loppupään välillä kahden tunnin välein. Puolia he vaihtavat jokaisen valmiin lasin välein. Neljän operaattorin lisäksi linjan valmistusprosessissa toimivat klaavausprosessia operoiva henkilö, eli klaavari, sekä laminoinnin järjestelijä. Järjestelijä tuo laminoitavat tuotteet puhdastilaan ja huolehtii tiettyjen tuotantoon

tarvittavien tarvikkeiden riittävydestä. Klaavari noutaa täyteen ladotun tuotepu-kin loppupäästä ja siirtää sen välivarastoon odottamaan klaavaamista.

Linjaa ajetaan kolmessa kahdeksan tunnin vuorossa. Taukoja vuorossa on tunnin verran, joten varsinaista tuotantoaikaa on seitsemän tuntia. Linjan ajankäyttöä ja käyttöastetta seurataan Arrow nimisellä ohjelmalla. Ohjelma vaatii linjan operaattoreilta kuittauksen esimerkiksi kun tuotantoon tulee normaalia pidempi odotusaika tai tauko. Linjalla tehdyt hyvät ja huonot tuotteet sekä materiaaliotot kirjataan V8-tuotannonhallintaohjelmaan. Valmistuneet kappaleet ja linjan saantoprosentti, eli kuinka monta hyvää tuotetta on suhteessa käsiteltyihin, kirjataan ylös linjan vieressä oleviin tehdastaulukoihin.

3.4 Linjalla valmistettavat tuotteet

Linjan päätuoteryhmä on lämmitettävät tuulilasit. Lämmitettävässä tuulilasissa lasiparin välissä olevassa kalvossa on lämmityslangat. Langat kiinnittyvät tinalistoihin, jotka kulkevat pitkin lasin reunoja. Tinalistoista lähtevät sähköliittimien kiinnityskohdat, jotka tulevat ulos lasin sivuista. Useissa tuotteissa tinalistat eivät saa näkyä valmiissa tuotteessa. Näissä tuotteissa toinen lasiparin laseista peitemaalataan. Peitemaalauksia kutsutaan primeroinniksi; siinä osa tai kaikki lasin reunoista maalataan määritetyllä leveydellä. Primerointi tehdään lasille, jossa ei ole silkkipainatusta. Tällöin tinalistat jäävät näkymättömiin silkkipainon ja vastakkaisen lasin peitemaalauksen väliin. Lämmitettävän tuotteen kalvo on asetettava tarkasti oikealle paikalleen, jotta tinalistat jäävät peittoon, ulostulot tulevat oikeaan paikkaan ja lämmityslangat ovat suorassa lasiin nähden.

Lämmitettävien tuulilasien lisäksi linjalla voidaan tehdä kylmiä, antenni-, monikalvo- ja aurinkosuojatuulilaseja. Kylmät tuulilasit ovat tuotteita, joiden laminoitikalvossa ei ole lämpölangoitusta. Kylmien tuotteiden kalvoa ei tarvitse asettaa tarkasti tiettyyn paikkaan eikä toiseen lasiin tule maalausta. Näiden tuotteiden läpimenoaika on pienempi kuin lämmitettävien tuotteiden. Antennituulilasien kalvoissa on antennilanka, joka laminoidaan lasiparin väliin. Samoin kuin lämmitettävissä myös antennilaseissa kalvo on asetettava tarkasti oikeaan paikkaan.

Monikalvotuulilasissa laminointi kalvoja on useampi päällekkäin. Aurinkosuoja-tuulilaseja valmistetaan vain vähän UV-säteilyä läpäisevästä Siglasol- erikois-kalvosta. Niiden valmistaminen eroaa tietyin osin muiden tuotteiden valmistuk-sesta. Laminoinnissa tuotteisiin voidaan kiinnittää lisätarvikkeita, joista yleisin on silkipainettuun lasiin kiinnitettävä sadesensori. Tämä työ on rajattu koske-maan lämmitettävien ja primeroitavien tuotteiden valmistusprosessia.

3.5 Linjan toiminta

Työvaiheet vaihtelevat hieman tuoteryhmästä, mutta myös tuoteryhmän sisäi-sistä tuotteista riippuen. Alla on kuvattu linjan työvaiheet linjan päätuoteryhmää, eli primeroitavia lämpölaseja, valmistettaessa. Kuvaus on yleisluontoinen ja tar-kempi kuvaus ja työvaiheiden suorittaminen sisältyi yritykselle tuotettuun raport-tiin.

3.5.1 Puhdastilan työvaiheet

Lasipari nostetaan taivutuspuikilta linjalle. Lasiparin lasit erotetaan toisistaan ja laminointikalvon kanssa kontaktiin tulevat pinnat puhdistetaan. Seuraavaksi valmistellaan laminointikalvo ja primeroidaan toinen lasiparin laseista. Prime-roinnin kuivuttua valmisteltu kalvo nostetaan primeroidulle lasille ja asemoidaan oikeaan paikkaan. Kalvon asemoinnin jälkeen lasiparin lasit yhdistetään toisiin-sa. Yhdistämisen jälkeen lasipariin liitetään laatutarra ja mahdolliset lisätarvik-keet. Lopuksi lasipari kuitataan ulos puhdastilasta linjan loppupäähän.

Puhdastilan päällekkäisiä työvaiheita ovat primerointi ja kalvon valmistelu. Pri-meroinnin kuivuminen on odotusaikaa ja sen kesto vaihtelee. Yksi kestoön kriit-tisesti vaikuttava asia on primeroinnin onnistuminen kerralla niin, ettei sitä jou-duta jälkeempään korjaamaan.

3.5.2 Loppupään työvaiheet

Lasiparin kuljettua linjaa pitkin loppupään puolelle lasiparin ympäriltä leikataan ylimääräinen laminointikalvo. Tämän jälkeen operaattorit asettavat imurenkaan lasiparin ympärille ja liittävät sen alipaineverkkoon. Tämän vaiheen tarkoitus on saada ilma pois lasien ja kalvon välistä. Tietyissä tuotteissa ennen imuun liittämistä on varmistettava jännevälän säilyminen. Myös lasiin mahdollisesti kiinnitettyjen lisätarvikkeiden liitännäspinnasta imetään ilma välistä alipaineverkkoon kytkeytyn imukupin avulla. Seuraavaksi tulee vaihe, jonka tarkoitus on varmistaa imun säilyminen lasien välissä lopputuotannon aikana. Kullekin tuotteelle on omat ohjeensa vaiheen suorittamiseen. Imunvarmistusvaiheen jälkeen lasi on valmis nostettavaksi klaavipukille. Lasiparit nostetaan klaavipukille pystyasentoon jonoon ja ne tuetaan klaavikepeillä, joiden päissä käytetään välisovittimia, eli joko kurroja tai t-tappeja tai niiden yhdistelmää. Lasit lasketaan ulheihin, joiden paikkaa voidaan klaavipukissa vaihdella. Tiettyihin tuotteisiin lisätään myös välikammat tukemaan ladontaa. Valmiisiin pukkeihin lisätään työmääräimet ja klaavilaput. Klaavari hakee valmiin pukin pois ja operaattorit ottavat uuden tyhjän klaavauspukin linjalle käyttöön ja valmistautuvat seuraavaan tuotteeseen. Päällekkäisiä työvaiheita loppupäässä on lasin nostaminen samalla, kun toinen operaattori ottaa ladonta tarvikkeet sekä lasin ladonta klaavauspukille.

3.5.3 Tuotevaihto

Tuotevaihto linjalla alkaa, kun laminoinnin järjestelijä tuo puhdastilaan pukin, jolla laminoitavat tuotteet ovat. Yhdellä pukilla on aina yhtä tuotetta kerrallaan. Jokaisen tuotteen mukana on työmääräin, jossa on valmistettavan erän tuotantotiedot. Työmääräimestä tarkastetaan tiettyjen tietojen paikkaansapitävyys ennen valmistuksen aloittamista. Tarkastuksen jälkeen operaattorit valmistelevat linjan ja tarvikkeet tuotteen valmistamiseksi. Tuotevaihdon työvaiheiden määrä riippuu valmistettavasta tuotteesta. Kun tarvittavat tiedot työmääräimestä on puhdastilassa käsitelty, siirretään työmääräin loppupäähän.

Loppupään tuotevaihdossa operaattorit tarkastavat imurenkaat ja pukkiin ladontatarvikkeiden riittävyyden tuotteille sekä hakevat niitä lisää tarvittaessa. He valmistelevat uuden ladontapukin ellei uutta tuotetta jatketa edellisen tuotteen perään. Loppupäässä kirjataan tuote-erätiedot tuotantovihkoon ja tehdään tarvittavat kirjaukset V8-tuotannonhallintaohjelmaan. Työmääräimeen kirjataan määrättyt tiedot. Työmääräin liitetään jokaiseen täyteen loppupään klaavipukkiin.

4 TIME AND MOTION -TUTKIMUS

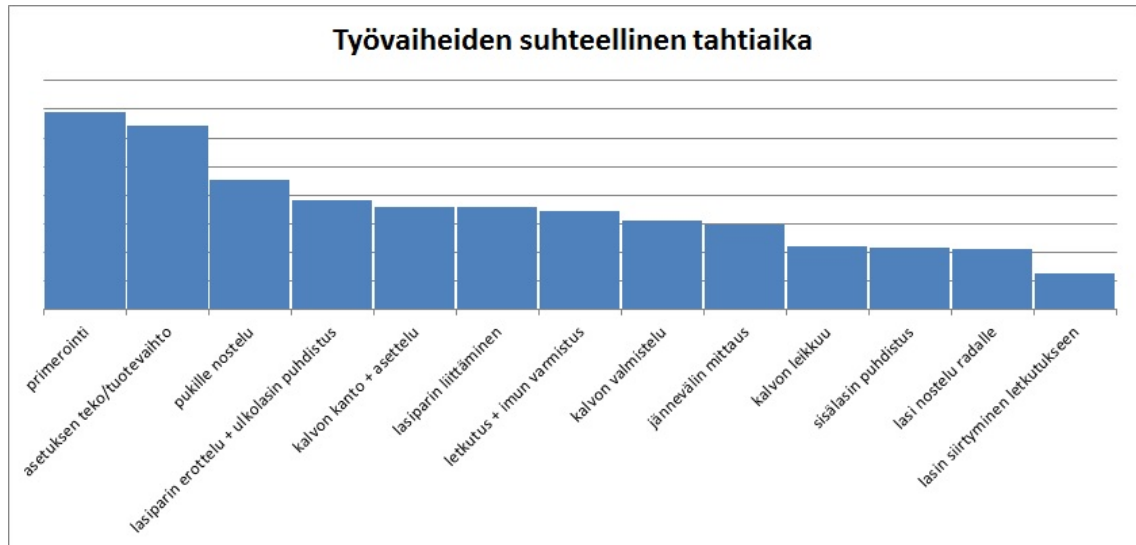
Ennen opinnäytetyön aloittamista linjalla oli suoritettu Time and Motion - tutkimus. Tutkimuksesta saatu data ja tulokset toimivat kehitystyön pohjana ja tämän työn voidaan nähdä olevan jatkoa tutkimukselle.

Time and Motion -tutkimuksessa analysoitiin linjan ajankäyttöä ja työkuormaa. Tutkimus perustuu Lean-tuotannon perusteisiin; esimerkiksi lisäarvollisen ja lisäarvottoman toiminnan esiin tuomiseen ja prosesseissa havaitun hukkien poistamiseen. Tutkimuksessa muun muassa linjan työvaiheet kartoitettiin, optimoitiin ja järjestettiin mahdollisimman tehokkaiksi. Dataa kertyi esimerkiksi työvaiheisiin kuluvista ajoista, tuotteiden läpimenoajoista ja linjan tuottavuudesta. Eri valmistusmetodeja ja työvaiheiden optimointeja oli videokuvattu.

Tässä raportissa kohdan 4.1 kuviosta on poistettu tarkat ajat ja taulukosta aika on korvattu x kirjaimella. Lisäksi kohdassa 4.2 keskimääräiset läpimenoajat on muutettu suhteelliseksi.

4.1 Työvaiheiden suhteelliset tahtiajat primeroitavalle lämpölasille

Tutkimuksessa mitattavia työvaiheita olivat: primerointi, asetuksen teko/tuotevaihto, pukille nostelu, lasiparin erotus ja ulkolasin puhdistus, kalvon kanto ja asettelu, lasiparin liittäminen, letkutus ja imun varmistaminen, kalvon valmistelu, jännevälin mittausta, kalvon leikkuu, sisälasin puhdistus, lasin nostelu radalle sekä lasin siirtyminen letkutukseen. Alla olevasta kaavioista käyvät ilmi linjan työvaiheiden keskimääräiset tahtiajat.



Kuva 1. Työvaiheiden suhteellinen tahtiaika. Tarkat sekuntiajat poistettu kaaviosta. (Time and Motion –tutkimus, 2014.)

Kuten kuvasta 1 nähdään primerointi vie työvaiheista eniten aikaa. Vähiten aikaa kuluu lasin letkutukseen, eli loppupäähän siirtymisessä. Tavoitteena on optimoida ja järjestää työvaiheet niin, että tuotteiden läpimenoaika sekä työvaiheiden tahtiaika laminoinnin osalta saadaan mahdollisimman pieniksi.

4.2 Tutkimuksessa havaittu pullonkaula

Alla oleva taulukko kuvaa päällekkäisiä työvaiheita loppupäässä ja puhdastilassa. Ylempi vaakapylväs kuvaa puhdastilan työvaiheita ja alempi loppupään. Sekvenssit 1-8 ovat puhdastilassa tapahtuvia toimintoja ja 9-12 loppupäässä tapahtuvia.

sillä työvaiheita saatiin suoritettua päällekkäin. Toiminnallisia ja työn suorittamiseen liittyviä haasteita ja ongelmakohtia nousi esiin varsinkin loppupään toimissa yhdellä operaattorilla.

5 LINJAN ANALYSOINTI JA UUSI TOIMINTAMALLI

Tässä osiossa kuvataan linjan toiminnan analysointia ja sen havaintoja. Lisäksi kuvataan analysointien pohjalta kehitetty uusi toimintamalli. Yrityksen raporttiin sisältyi työvaiheiden tarkat sisällöt ja niiden suorittaminen. Kaikki työvaiheet ja niiden suorittaminen käytiin tarkasti läpi. Suorittaminen optimoitiin ja tahtiajat pyrittiin minimoimaan. Hyödyksi käytettiin Leanin hukkien karsintaa ja 5S-menetelmiä. Jokaiselle operaattorille määritettiin suoritettavat työvaiheet valmistuksen ja tuotevaihdon aikana. Toimintamallin valmistusprosessin kuvaus ja työvaiheiden jako operaattoreille sekä tuotevaihdon työvaiheet ja niiden suorittamisen optimointi sisältyivät yrityksen raporttiin.

5.1 Linjan analysointi

Linjan toimintaan ja T&M-tutkimuksen tuloksiin sekä linjasta olemassa olevaan dataan tutustumisen jälkeen kokonaiskuva linjan toimivuudesta alkoi muodostua. T&M-tutkimuksen aikana linjan työvaiheet oli optimoitu eri tilojen kesken, mutta läpimenoaika piti saada parannettua. Linjan nykyisellä toimintamallilla työvaiheet on pakko tehdä tietyssä järjestyksessä ja niiden suorittamiseen kuluva aika on vakio. Vaihtelua tuotantoon aiheuttavat valmistettavat tuotteet ja niiden variointi.

Puhdastilassa työvaiheet kestävät kauemmin kuin loppupäässä. Keino saada läpimenoa pienennettyä on suorittaa puhdastilan työvaiheita päällekkäin. Tämä on mahdollista lisäämällä resurssia puhdastilan puolelle. T&M-tutkimuksessa oli kokeiltu ylimääräistä henkilöä puhdastilassa ja havaittu sen vaikuttavan pienentävästi läpimenoaikaan. Tutkimuksesta kävi ilmi, että myös loppupäässä oli mahdollista toimia yhdellä operaattorilla, joskin tämä oli aika haasteellista. Ratkaisut olivat hyviä, joten niitä kannattaa tutkia lisää sekä pyrkiä löytämään ratkaisut esiin nousseisiin ja nouseviin haasteisiin.

5.2 Analysoinnin havainnot

Vaikka työvaiheita oli yritetty siirtää mahdollisimman paljon loppupäähän, niin sillä oli kuitenkin vähän vaikutusta tuotteen läpimenoaikaan. Puhdastilan työvaiheet kestivät kauemmin kuin loppupään. Työvaiheet oli suoritettava tietyssä järjestyksessä ja kahdella operaattorilla toimittaessa niitä ei ollut mahdollista suorittaa päällekkäin.

Primerointiaineen kuivumisaika on merkittävä ja se on lähes kokonaan odotusaikaa. Primeroinnin suoritustapa ja onnistuminen kerralla vaikuttavat myös kokonaisläpimenoaikaan

Laatuvirheen ilmetessä tuotanto joko seisahtuu tai hidastuu. Seisahtuminen tapahtuu, kun esimies joudutaan kutsumaan paikalle tai tuote-erä pysäytetään. Hidastumista tulee, kun linjalla oleva tuote hylätään ja poistetaan linjalta. Lasin rikkoutuessa tuotanto keskeytetään siivouksen ajaksi. Häiriötilanteihin ja niiden ilmentymiseen ei ole vaikutusmahdollisuutta, mutta ne tulee ottaa huomioon linjan uutta toimintamallia suunnitellessa ja sen toimivuutta mitattaessa.

Tuotevaihtoon päästään vasta, kun seuraava pukki tuodaan sisään puhdistilaan. Seuraavaksi tuotantoon tulevasta tuotteesta ei ole tietoa etukäteen, vaan tieto saadaan pukin mukana tulevasta työmääräimeistä. Tästä johtuen tuotevaihdon työvaiheita ei voida tehdä ennakoidusti. Laminoinninjärjestelijästä riippuu kuinka nopeasti pukinvaihto käy, ja jos järjestelijä ei ole tarkkana vaihtamassa pukkia, koko linja odottaa. Joissakin tuotteissa laminointikalvoja voi joutua hakemaan muista kuin linjan omasta paterista. Tällöin on mahdollista, että tulee odotusaikaa, jos esimerkiksi pateri on varattu. Tuotevaihtoihin kuluva aika on merkittävä ja sen optimointiin tulee kiinnittää huomiota.

On olemassa erilaisia tapoja suorittaa työvaiheita. Näitä ovat esimerkiksi lasin puhdistus, imurenkaan laittaminen, primerointi ja kalvotrimmin leikkaaminen. Hyväksyttävän laadun valmistamiseen on linjalle olemassa työohjeita esimerkiksi puhdistuksen suorituksesta ja kalvotrimmin leikkuusta. Ylimääräisen työn välttämiseksi ja tahtiaikojen minimoimiseksi on hyvä katselmoida tehokkaimmat

tavat suorittaa eri työvaiheet tuotetta valmistaessa. Työtapoja optimoidessa tulee huomioida myös työsuojelu- ja turvallisuusasiat kuten työn rasittavuuden ja turvallisuusriskien kartoittaminen ja analysointi.

5.3 Uusi toimintamalli

Idea uuteen toimintamalliin syntyi aikaisemman tutkimuksen videoinneista, joissa oli kokeiltu viidellä henkilöllä ajoa niin, että puhdastilassa työskenteli kolme operaattoria ja loppupäässä kaksi. Keskimääräinen läpimenoaika lämmitettävälle ja primeroitavalle tuotteelle määritettiin. Viidellä henkilöllä ajettaessa oli tietty kappaletavoite. Linjalla on seitsemän tuntia tuotantoaikaa, jolloin määritetyllä läpimenoajalla tuotteita valmistuu 80 % tavoitteesta. Lisäksi ajasta on vielä laskeettava pois tuotevaihtoihin kuuluva aika, sekä muu tuottamattomaan työhön kuuluva aika, esimerkiksi puhdastilavaatteiden vaihtaminen. Läpimenoajan puitteissa toteutuva kappalemäärä oli lähellä neljän henkilön tavoitetta. T&M-tutkimuksessa oli kokeiltu myös loppupään toimintaa yhdellä operaattorilla ja havaittu se mahdolliseksi. Ideaksi muodostui yhdistää havainnot ja siirtää toinen loppupään operaattoreista puhdastilan puolelle. Uusi toimintamalli kehitetään siis oletuksella, jossa kolme henkilöä toimii puhdastilassa ja yksi loppupäässä.

Toimintamallin toimivuutta testattiin videoituina koeajoina. Toimintamalli kehitettiin toimimaan myös eri henkilömäärillä, esimerkiksi viidellä ja kolmella henkilöllä ajettaessa. Ennen toimintamallien kokeilua työvaiheet optimoitiin kumpaankin tilaan ja eri operaattoreille. Linjan toiminnasta ja työvaiheista laadittiin ohjeistus, joka käytiin operaattoreiden kanssa läpi ennen koeajoja. Koeajojen aikana muutettiin ja varioitiin ennalta sovittuja työvaiheita ja niiden suorittamista, jotta niiden vaikutukset läpimenoaikaan ja työvaiheiden tahtiaikoihin saatiin selville. Lisäksi linjan 5S toimivuutta arvioitiin ja muokattiin uuteen toimintamalliin sopivaksi.

5.4 Toimintamallin kuvaus

Kun valmistettavana tuotteena on lämmitettävä ja primeroitava tuote, siirtyy toinen loppupään operaattoreista puhdastilanpuolelle lisäresurssiksi. Lisäresurssi huolehtii määrätyistä puhdastilan työvaiheista sekä nopeuttaa puhdastilan tuotevaihtoa. Loppupään työvaiheet suoritetaan yksin tai viidellä operaattorilla toimittaessa kaksin. Kolmella operaattorilla ajettaessa linjaa ajetaan nykymallin mukaisesti sillä poikkeuksella, että loppupää toimii yhdellä operaattorilla. Lisäresurssiksi siirtyvää operaattoria kutsutaan raportissa ekstraksi ja puhdastilassa työskenteleviä kahta muuta PT-operaattoreiksi. Toimintamallissa tuotteen läpimenoaika saadaan pienennettyä tekemällä työvaiheita päällekkäin, minimoimalla turhan odotusajan, tehostamalla tuotevaihtoa, järjestämällä tuotantotarvikkeet ja optimoimalla työvaiheet mahdollisimman tehokkaiksi.

Vaikka työvaiheet on jaoteltu eri operaattoreille, on huomattava, että tarkoitus on myös työskennellä joustavasti, avustaa tarvittaessa toista ja pyrkiä pitämään tuotanto häiriöttömänä. Esimerkiksi jos PT-operaattorit saavat työvaiheensa valmiiksi nopeammin kuin extra, voivat he suorittaa määrätyt tehtävät extran puolesta. Näin toimittaessa saadaan tasattua työkuormaa ja samalla lyhennetään tuotteen läpimenoaika. Jos loppupään operaattorilla on edellinen tuote kesken, voidaan puhdastilassa suorittaa määrätyt loppupään työvaiheet ennakoon. Laminoinnin järjestelijälle ilmoitetaan, kun yksi laminoimaton tuote on jäljellä pukissa. Näin toimimalla järjestelijä saa tiedon, milloin pukkia pitää olla vaihtamassa ja pukinvaihdon odotusaika saadaan mahdollisimman pieneksi. Lisäksi järjestelijälle ilmoitetaan, jos havaitaan määrättyjen tuotantotarvikkeiden loppuvan tuotteen valmistuksen aikana.

Loppupäässä toimitaan yksin. Tämä aiheuttaa konkreettisia muutoksia työvaiheiden suorittamiseen esimerkiksi imurenkaan liittämiseen ja pukille ladontaan. Tarvikkeiden paikat on myös syytä järjestää uudestaan niin, että ylimääräinen liike saadaan minimiin ja työvaiheet mahdollisimman tehokkaiksi. Näitä muutoksia on kuvattu tarkemmin kohdassa tarvikkeiden paikat.

Tuotteen vaihtuessa on usein variaatiota siitä kenellä on aikaa suorittaa siihen liittyviä toimia. Tämän vuoksi on hankala jakaa tehtäviä niin, että jokaisella henkilöllä olisi aina tietyt tehtävät. Siksi tuotteenvaihtoon pitää käyttää pelisilmää ja tehdä työvaiheet joustavasti tilanteen mukaan. Lisäksi tuotevaihtojen yhteydessä on variaatiota suoritettavista työvaiheista; eli tuotteesta riippuu, kuinka monta työvaihetta on suoritettava ja käytetäänkö esimerkiksi linjan pateria. Jos seuraava tuote on nopeammin virtaava ja ei-primeroitava tuote, siirtyy extra operaattoriksi loppupäähän, kun tuotevaihdon työvaiheet puhdastilanpuolella on suoritettu.

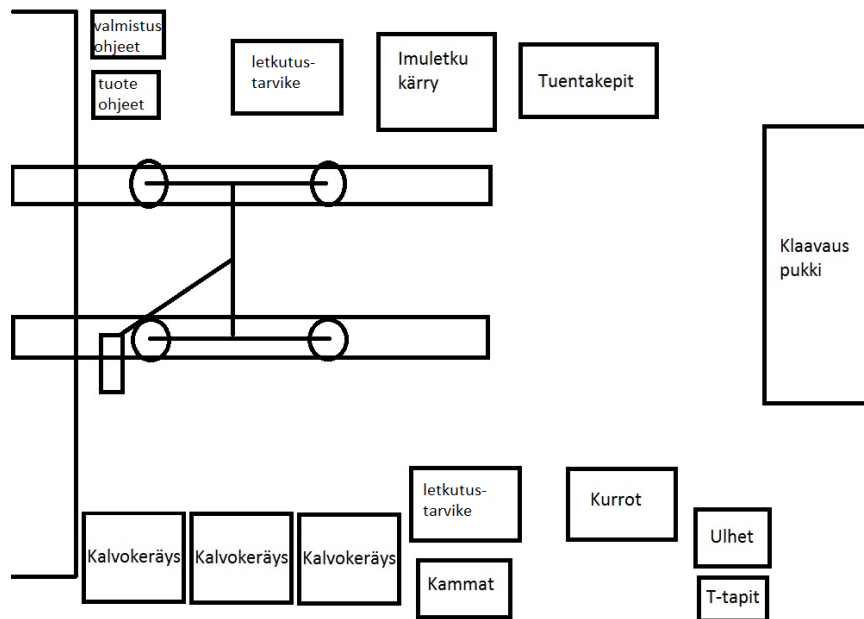
Tuotevaihdon työvaiheita olisi mahdollista suorittaa ennakkoidusti, jos seuraavasta valmistettavasta tuotteesta olisi ennakkoon tieto. Tämä nopeuttaisi tuotevaihtoa, sillä osa tuotevaihdon työvaiheista voitaisiin tehdä ennakkoon tai odotusajalla, kun järjestelijä ei ole heti vaihtamassa pukkia. Tarvikkeiden riittävästä voitaisiin tehdä ennakkoon arvio ja niiden puutteeseen voitaisiin reagoida ennen linjan seisahtumista tarvikkeiden loppumiseen. Linjalle luotiin työjonojärjestelmä, jossa järjestelijä tuo seuraavan valmistukseen tulevan tuotteen työmääräimen ennakkoon loppupäähän.

5.5 Tarvikkeiden paikat ja linjan 5S

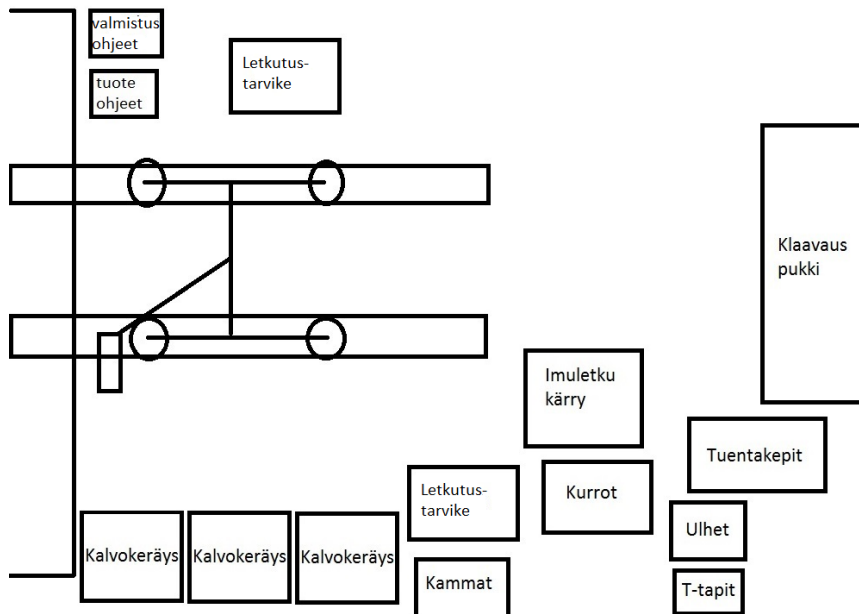
5S-menetelmän tavoitteena on luoda siisti ja tehokas tuotantoa ja läpimenoaikoja tehostava työpiste. Siinä määritetään tuotannossa tarpeelliset tarvikkeet ja työkalut sekä niiden sijainti ja säilytys tuotannon aikana. Sijoittelussa kiinnitetään huomiota työvaiheiden tehokkaaseen ja turvalliseen suorittamiseen. Sijaintia pohdittaessa kiinnitetään huomiota esimerkiksi siihen, kuinka nopeasti tarvikkeet ja työkalut ovat saatavilla, onko niiden säilytys paikka turvallinen ja miten niiden siirtelyyn ja hakemiseen kuluva aika voidaan minimoida. Linjalla on jo sovellettu 5S-menetelmää ja tässä työssä oli tarkoitus analysoida sen toimivuutta toimintamallissa ja päivittää sitä tarvittaessa.

Puhdastilassa tarvikkeille ja materiaaleille on merkityt paikat, joissa niitä säilytetään tuotannon aikana. Ne palvelevat valmistusta hyvin eikä niitä ole tarpeellista

muuttaa. Loppupäässä letkukärryn ja tuentatappien paikkaa ei ole varsinaisesti määritetty, mutta niiden paikat ovat vakiintuneet käytännössä. Alla on kuvattu tarvikkeiden paikat. Kuva 2 on linjan nykymallin mukainen ja kuva 3 uuden toimintamallin mukainen.



Kuva 2. Tarvikkeiden paikat linjan nykyisessä mallissa.



Kuva 3. Uuden toimintamallin mukainen tavaroiden järjestys.

Yhdellä operaattorilla toimittaessa optimaalisin paikka letkukärrylle on samalla puolella lasia, jolta imurenkaan asentaminen on määritetty aloitettavaksi, jolloin imurengasta otettaessa välimatka on mahdollisimman lyhyt ja aikaa kuluu työvaiheen suorittamiseen vähiten. Tuentatapit voivat olla nykyisellä paikallaan, jolloin ne ovat lähellä, kun imurenkaan liitosletku on kytketty pukin imuliitimeen. Kurrot sisältävä laatikko on myös hyvä nykyisellä paikallaan imukuppinostimen ohjauksen puolella, sillä nostinta käytetään juuri ennen kurrojen asettamista ja tällöin välimatka niiden noutamiseen on mahdollisimman pieni. Letkutustarvikkeiden on hyvä olla kummallakin puolella linjaa, jolloin ne ovat lähellä käytettävissä tarvittaessa. Kalvojäätteen keräysastia on työvaiheiden järjestyksen mukaan optimaalisessa paikassa.

5.6 Työvaiheiden optimointi

Leanin kahdeksan hukan mallin mukaan tehokkuutta ja virtaavuutta voidaan lisätä karsimalla ylimääräistä hukkaa prosesseista. Time and Motion -tutkimuksessa kartoitettiin linjan työvaiheita ja pyrittiin saamaan selville kaikki turhat liikkeet, odotusajat ja muu ylimääräinen ei lisäarvoa tuottamaton toiminta ja minimoimaan niiden vaikutukset. Monet työvaiheet suoritetaan jo tehokkaasti ja ne on optimoitu hyvin. Uusi toimintamalli on kuitenkin erilainen nykyiseen verrattuna ja jotkin työvaiheet vaativat uudelleen optimointia ja muutoksia niiden suorittamiseen. Optimoinnit tehtiin ja niistä luotiin kaaviot ja työohjeet sekä niiden vaikutusta arvioitiin mm. tehokkuuden, turvallisuuden ja rasittavuuden osalta. Optimoinnit, niiden sisältö ja arvioinnit sisältyivät yrityksen raporttiin.

5.7 Mallin soveltaminen eri henkilöstömäärälle

- Kolme operaattoria:

Kolmella operaattorilla ajettaessa kaksi työskentelee puhdistilassa ja yksi loppupäässä. Läpimenoaika puhdistilassa on 30 % pidempi verrattuna tilanteeseen, jossa extra-henkilö on mukana. Läpimeno aika on siis sama kuin Time and Motion –tutkimuksessa määritetty. Loppupäässä toimivalla operaattorilla on enemmän aikaa toimia kuin neljällä toimittaessa joten työkuorma on myös pienempi. Tuotevaihtoon kuluva aika on pidempi kuin neljällä operaattorilla, sillä puhdistilassa se voidaan aloittaa vasta viimeisen tuotteen valmistuksen jälkeen. Neljällä toimittaessa extra voi aloittaa tuotevaihdon viimeisen tuotteen valmistuksen aikana. Asetusaika on myös pidempi, jos seuraava tuote vaatii esivalmistelua, jonka neljän mallissa extra suorittaa ennakkoon.

Tuotantoaikana linja seisahtuu, jos tarvikkeet loppuvat tai jos loppupäässä on muita ongelmia, jotka vaativat toisen operaattorin apua. Neljällä toimittaessa on extran tehtävä hakea tarvikkeita ja avustaa loppupään operaattoria tarvittaessa

linjan seisahtumatta. Loppupään työvaiheet ovat samat, kuin extraa käytettäessä ja puhdastilan työvaiheet ovat linjan nykymallin mukaiset kahdelle operaattorille. Kun tuote on primeroitavaa tuotetta nopeammin valmistuva, esimerkiksi kylmä, tai pelkkä lämpölasi, voi loppupäässä tulla kiire, sillä tuotteiden läpimenoaika on 10-30 % pienempi kuin yksin loppupäässä toimimiseen määritetty aika. Jos loppupään operaattori ei pysy puhdastilan operaattoreiden vauhdissa, voidaan loppupään työkuormaa helpottaa suorittamalla määrättyjä loppupään työvaiheita puhdastilan puolella.

Kolmella operaattorilla ajettaessa oli asetettu vuorokohtainen kappalemäärätavoite. Oletetaan kaikki tuotteet primeroitaviksi lämpölaseiksi. Tällöin tavoitteen täytyessä jäisi tuotantoajasta noin 14 % ylimääräistä kapasiteettia, joka on siis käytettävissä tuotevaihtoihin, häiriötilanteisiin ja muuhun odotusaikaan. Nopeammin virtaavat tuotteet nostavat kapasiteettia, mutta loppupää uhkaa näiden tuotteiden kohdalla muodostua pullonkaulaksi.

- Viisi operaattoria:

Viidellä operaattorilla ajettaessa kolme operaattoria työskentelee puhdastilassa ja kaksi loppupäässä. Viidellä henkilöllä ajettaessa loppupää on vähiten häiriöaltis, sillä kaksi operaattoria pystyy yhdessä hoitamaan tilanteet, joihin yksin toimiessa tarvitaan apua. Linja ei myöskään seisahtu helposti, sillä tarvikehaku ja esimerkiksi seuraavan tuotteen esivalmistelu voidaan hoitaa tuotannon pyöriessä neljällä operaattorilla. Viidellä ajettaessa saavutetaan myös extran tuomat hyödyt läpimenoajan lyhentämiseen ja tuotevaihdon aikaistettuun aloittamiseen. Puhdastilan työvaiheet ovat samat kuin neljällä toimittaessa extraa käyttäen sillä erotuksella, että yksi puhdastilan työvaiheista suoritetaan loppupäässä. Loppupään työvaiheet ovat samat kuin nykymallissa kahdella operaattorilla.

Viidellä operaattorilla ajettaessa oli määritetty vuorokohtainen kappaletavoite. Etukäteen suoritettujen arviointi laskujen perusteella näytti siltä, että tavoitteen mukaisen kappalemäärän saavuttaminen vuorossa ei ole mahdollista.

6 UUDEN TOIMINTAMALLIN KOEAJOT LINJALLA

Videoituja koeajoja, joiden tarkoituksena oli testata toimintamallin toimivuutta, järjestettiin kolme. Koeajoissa linjaa ajettiin kolmella, neljällä ja viidellä operaattorilla. Taltiointeja otettiin sekä aamu että iltavuorosta. Videointia varten hankittiin kuvauslupa ja operaattoreilta kysyttiin suostumus kuvauksiin. Koeajoista luotiin etukäteen suunnitelmat, joissa määritettiin mitä tuotannollisia muuttujia varioidaan ja tarkkaillaan koeajojen aikana. Näitä olivat muun muassa työvaiheiden tietynlainen suorittaminen verrattuna toisenlaiseen suorittamiseen, työkuorman erilaiset jakotavat ja tarvikkeiden paikkojen siirtely sekä näiden vaikutusten tutkiminen. Ennen koeajoja määritettiin tuotteet, joita koeajojen aikana valmistetaan. Tarkoituksena oli saada taltioitua toimintamallin toimivuutta työn aiheeseen rajattujen tuotteiden osalta, mutta myös miten se toimii ja mukautuu muiden tuotteiden valmistukseen. Tuotevaihtelua yritettiin saada tehtyä mahdollisimman laajasti, jotta havaittaisiin ongelmakohdat ja saataisiin mahdollisimman kattava otos toimintamallin käytännön toimivuudesta. Koeajoihin pyrittiin samaan sekä nopeasti että hitaasti valmistettavia tuotteita. Koeajon aikana keskityttiin pääasiassa läpimenoaikaan ja linjan työkuormaan puhdistilan ja loppupään välillä. Lisäksi tarkkailua ja havainnointia tehtiin muista linjan käyttöön liittyvistä muuttujista, josta lisää myöhemmin kohdassa koeajojen aikana suoritettava tarkkailu.

Ennen koeajoja operaattorit ja muut tuotannon kannalta oleelliset sidosryhmät perehdytettiin toimintamallin sisältöön ja tavoitteisiin ja heidän kanssa käytiin kehitys- ja ideointikeskusteluja. Työvaiheet opastettiin konkreettisesti linjalla valmistuksen aikana. Lisäksi toimintamalli käytiin jokaisen vuoron kanssa palaverissa läpi. Palavereihin osallistuivat myös työnjohto ja muut sidosryhmät kuten klaavausprosessin hoitajat ja laminoinnin järjestelijät.

Työterveyspuolen kanssa käytiin läpi työvaiheiden rasittavuutta varsinkin muuttuneiden loppupään työvaiheiden osalta. Turvallisuus- ja riskikartoitusta tehtiin muuttuneiden työvaiheiden osalta ja esimerkiksi imukuppinosturin käyttö ja lasin latominen klaavipukille yksin käytiin läpi. Loppupään toimiessa yksin työkuorma

ja rasittavuus lisääntyvät. Rasittavuuden ei kuitenkaan arvioitu lisääntyneen liikaa. Entisessä mallissa operaattori toimi loppupäässä neljä tuntia. Uudessa mallissa loppupäässä toimimista on kaksi tuntia. Kuormaa tulee siis kerralla enemmän, mutta vuorokohtaisesti se pysyy samalla tasolla. Lisäksi loppupään työkuorma on toiseen laminointilinjaan verrattuna pienempää; tosin rasittavuus on suurempi verrattaessa puhdistilan työvaiheita. Tämä tulee ottaa huomioon kokonaisrasittavuuden arvioinnissa.

Työterveyspuolen kanssa käytiin myös keskustelua työnkierron mahdollisuudesta tasoittamaan rasittavuutta. Operaattorit kokevat yksin loppupäässä toimimisen erilailla rasittavuuden kannalta. Loppupäässä tulee myös kesällä toimittaessa ottaa huomioon mahdolliset korkeat lämpötilat. Linjan sisäisellä työnkierrolla on mahdollista vaikuttaa ja tasoittaa rasittavuutta. Puhdistilassa ei saman henkilön tarvitse olla extra jatkuvasti, vaan kaikkia puhdistilan vaiheita voidaan suorittaa kiertävästi, jolloin operaattoreiden paikat ja työvaiheet vaihtuvat joka lasin kohdalla. Lisäksi extra ja loppupään operaattori voivat vaihtaa paikkoja esimerkiksi tunnin työskentelyn jälkeen, jos loppupäässä oleva operaattori kokee rasitusta yksin toimimisesta tai lämpötilasta.

6.1 Koeajojen aikana suoritettu tarkkailu

Toimintamallin koeajoissa suoritettiin havainnointia seuraavista muuttujista ja niiden vaikutuksesta tuotteen virtavuuteen ja läpimenoaikaan:

- imukuppinostimeen tehtyjen muutoksien toiminta
 - kohdistimen toiminta ja käyttö
 - lasin kytkeminen nostimessa sijaitsevaan liittimen imuun
 - nostimen jarrun toiminta ja käyttö
- klaavauspukin ladontatiheys eri tuotteille
- kirjaukset V8-järjestelmään ja tuotantovihkoon
- tarvikkeiden paikat ja niiden vaikutus työvaiheiden tehokkuuteen
- tuentakeppien asentaminen, varsinkin kaarevat lasit

- etukäteen toimitetun seuraavan tuotteen työmääräimen tuoma hyöty
- odotus ajat, ylimääräinen lisäarvoa tuottamaton aika
- työkuorman jakautuminen puhdastilan ja loppupään välillä
 - puhdastilan pullonkaula
 - loppupään toiminta yhdellä operaattorilla
- läpimenoajat, asetusajat ja tuotannon odotusajat
- tuotevaihdon sujuvuus ja työvaiheiden jakautuminen
- työvaiheiden määritetty oikea suorittaminen
- extran toiminta
- tarvikkeiden riittävyys ja hakeminen taukojen yhteydessä

6.2 Koeajojen havainnot

Tässä kappaleessa käydään läpi kehitetyn uuden toimintamallin koeajovideointien tulokset ja havainnot.

6.2.1 Läpimenoajat

Extra-henkilöä käyttämällä primeroitavien tuotteiden keskimääräinen läpimenoaika pieneni 10-25 %. Aikaisemmin arvioitu vaikutus toteutui. Loppupäässä samassa ajassa oli mahdollista suoriutua työvaiheista kiirehtimättä. Kolmella toimittaessa läpimenoaika pysyi ennallaan, sillä puhdastilassa toimitaan nykyisen mallin mukaan. Kolmella toimittaessa loppupää toimi kiireettä. Viidellä toimittaessa läpimenoaika ei ollut neljän operaattorin mallia parempi, sillä malli on muuten sama lukuun ottamatta toista operaattoria letkutuksessa. Viides operaattori tosin vähensi kokonaisuudessaan linjan häiriöalttiutta, mikä paransi linjan tuotannon ajankäytön tehokkuutta ja kokonaiskappalemäärää pidemmällä tarkastelujaksolla.

Tuotteiden, jotka olivat lämpökälvollisiä ilman primerointia tai kylmiä, keskimääräinen läpimenoaika oli 10-30 % pienempi kuin primeroitavia tuotteita valmistet-

taessa. Kolmen operaattorin mallissa tämä johti siihen, että läpimenoajan eron ollessa lähempänä 30 % loppupään operaattorilla oli kiire pysyä vauhdissa mukana.

Tuotevaihtoihin aikaa kului noin 15 % tuotantoajasta. Keskimääräistä tuotevaihtoon kuluva aikaa ja niiden määrää ei julkaista. Aika vaihteli jonkin verran ja jos järjestelijää jouduttiin odottamaan, saattoi tuotevaihto venyä kaksinkertaiseksi. Vaihtelua aiheutti se, oliko seuraavasta tuotteesta tietoa vai ei ja soitettiinko järjestelijälle ajoissa. Lisäksi tuotevaihto aika riippuu valmistettavista tuotteista. Kun seuraavasta tuotteesta oli etukäteen tieto, päästiin tuotevaihto aloittamaan jo ennen pukin vaihtoa, mikä nopeutti tuotevaihtoa. Lisäksi kun järjestelijälle soitettiin oikeaan aikaan, kerkesi tämä vaihtamaan pukin vielä edellisen sarjan viimeisen tuotteen valmistuksen aikana, jolloin odotusaika ja asetusaika pienenevät.

6.2.2 Kappalemäärätavoitteet

Koeajoissa ei tarkasteltu kokonaiskappalemääriä, sillä työvaiheiden muuttujia varioitiin ja eri toimintatavat pyrittiin saamaan kattavasti esille. Näin toimittaessa koeajojen aikana tuotantoaikaa kului variointien toteuttamiseen ja viime hetken opastamiseen. Tarkastelussa keskityttiin etsimään lyhintä läpimenoaikaa ja saavutettavat vuorokohtaiset kappalemäärät on laskettu niiden mukaan. Neljällä toimittaessa nopeammin virtaavat tuotteet tasapainottavat hitaammin virtaavia, kun extraa voidaan siirtää loppupään ja puhdastilan välillä resurssitarpeen mukaan. Loppupään toimimiselle yksin määritettiin ajallinen arvo ja tätä nopeammin virtaavat tuotteet lisäävät linjan seisahtumisen riskiä. Tätä voidaan kuitenkin tasapainottaa suorittamalla määrättyjä loppupään työvaiheita puhdastilassa.

Viidellä ajettaessa vaadittava kappaletavoite vuorossa ei toteudu ja sitä ei ole läpimenoaikojen puitteissa edes mahdollista saavuttaa. Tavoitteesta jäätin 20 %. Neljällä toimittaessa vaadittava kappalemäärä on mahdollista saavuttaa, jos läpimenoaika pysyy määritetyssä sekä tuotevaihtoihin, tarvikehakuihin, häiriötilanteisiin ja odotusaikoihin määritetty 15 % tuotantoaikakapasiteetti ei ylitä.

Kolmella toimittaessa kappaletavoite saavutetaan samoilla ehdoilla kuin neljällä linjaa ajettaessa.

6.2.3 Loppupään toiminta yhdellä operaattorilla

Loppupään työtehtävät on mahdollista suorittaa yhdellä operaattorilla kiirehtimättä määritetyssä ajassa. Jotkin tuotteet vaativat kuitenkin loppupäässä keskimääräistä enemmän työtä ja ovat hitaammin käsiteltäviä. Näiden tuotteiden valmistuksen kohdalla on järkevämpää, jos puhdastilassa toimiva extra-henkilö siirtyy avustamaan loppupäähän. Tässä työssä ei kartoitettu edellä mainittuja poikkeustuotteita. Operaattoreita opastettiin siirtämään extra-henkilö loppupäähän, jos tuote selvästi vie kauemmin aikaa loppupäässä ja puhdastila joutuu odottamaan, koska linja on täynnä. Lisäaikaa esimerkiksi tuotekirjausten ja ulhien järjestämiseen tuotevaihdon aikana saatiin, kun klaavausprosessista huolehtiva henkilö vaihtoi tyhjän klaavauspukin täyden tilalle.

Yksin toimittaessa linja on häiriöalttiimpi kuin kaksin. Imuongelmien selvittäminen on haastavampaa yksin ja vie myös enemmän aikaa kuin kaksin. Linjan seisahdumisen todennäköisyys kasvaa, jos imuongelmaa ei onnistuta nopeasti selvittämään. Jos imuongelma ei ratkea nopeasti ja linja uhkaa seisahtua, pyydetään extra loppupäähän auttamaan selvittämisessä. Jos linja on päässyt täyttymään voi extra-henkilö ennen siirtymistä takaisin puhdastilaan toimia loppupäässä, kunnes linja on palautunut normaaliin vauhtiin ja loppupää pysyy jälleen mukana.

Pukille ladottaessa peräkkäiset lasit saattavat ottaa reunoista kiinni toisiinsa ja tällöin niitä on siirrettävä pukissa niin, etteivät lasit kosketa toisiaan. Yksin toimittaessa lasia ei saa yksin siirrettyä pukilla, vaan tilanteen sattuessa on pyydetävä joku toinen auttamaan. Jos ketään ei ole linjan lähellä, on loppupään pyydetävä extra-operaattoria puhdastilasta auttamaan lasin siirrossa. Pukin ladontatiheys vaihtelee; mitä pienempi jako on käytössä, sitä herkemmin ongelma ilmenee. Yksi syy ongelmaan ilmenee, kun lasi nostetaan vinossa, jolloin pukille laskun yhteydessä se laskeutuu eri paikkaan kuin suorassa nostettu.

Toinen syy on, että lasi liikkuu horisontaalisesti linjalla valmistuksen aikana. Tämän syyn aiheuttajaa tutkittiin, mutta siitä ei saatu täyttä varmuutta. Todennäköisesti lasin sivuttainen siirtymä tulee lasiparin yhteen liittämisen aikana, jolloin lasia saatetaan ravistuttaa ylälasin liikuttamiseksi. Edellä kuvatun tilanteen sattuessa extra-operaattori joudutaan pyytämään apuun, joka puolestaan lisää seisahduksen riskiä ja myös tuottavuus alenee. Lisäksi ei ole hyväksi, että extra joutuu usein vaihtamaan puolta puhdastilan ja loppupään välillä. Esimerkiksi ylimääräistä vaatteiden vaihtoa tulee paljon ja riski liian pääsemiseen puhdastilaan lisääntyy.

Tarvikkeiden riittävyttä on tarkkailtava ja ilmoitettava extralle, jos ne uhkaavat loppua valmistuksen aikana. Tarvikkeita on pyrittävä täyttämään taukojen ja vuoronvaihtojen yhteydessä sekä jos linjalla on häiriötilanne, jonka selvittämiseen tiedetään menevän aikaa ja jos siihen ei tarvita kaikkia operaattoreita. Tarvikkeille ennen koeajoja määritetyt paikat puhdastilassa toimivat tarkoituksenmukaisesti. Paras tulos loppupäässä syntyi, kun sekä tuenta tapit, että letkukärky olivat nosturin ohjauksen puolella.

6.2.4 Työmääräinten kierrättäminen

Työmääräinten tuominen ennakkoon nopeutti tuotevaihtoa ja helpotti seuraavaan tuotteeseen valmistautumista. Tuotevaihtoon päästiin jo ennen pukin sisään tuomista. Tiedettiin ennakkoon, mitä tarvikkeita tarvitaan, ja niitä pystyttiin hakemaan tarvittaessa hyvissä ajoin. Käytännön ongelmia toiminnassa kuitenkin kävi ilmi. Tuleva tuote riippuu usein monesta eri tekijästä ja usein tiedetään varsin myöhään, mitä seuraavaksi valmistetaan. Usein myös suunniteltua tuotantoa joudutaan muokkaamaan. Tämä aiheutti helposti sekaannusta ja riskinä oli, että kun työmääräimiä kuljetettiin edestakaisin, tapahtui virheitä, kuten kaatoamista tai väärään tuotepukkiin liittämistä. Tässä työssä ei lähdetty kartoittamaan laajasti, miten tulevan tuotteen tuotantotiedot saataisiin operaattoreille tietoon etukäteen. Linjalla niistä kuitenkin olisi paljon hyötyä ja toiminnan kehittämistä siten, että tuotetiedot saataisiin tietää ennakkoon, on syytä jatkaa.

6.2.5 Työkuorma puhdastilan ja loppupään välillä

Pullonkaulakohta poistui linjalta ja työkuorma tasapainottui paremmin puhdastilan ja loppupään välillä. Kun tuotanto sujui häiriöttä, ei ylimääräistä odottelua ollut. Kolmella operaattorilla toimittaessa on riski, että loppupäähän muodostuu uusi pullonkaula, jos tehdään primeroitavia nopeammin virtaavia tuotteita. Neljällä operaattorilla toimittaessa voidaan tasapainottaa tuotantoa ja mukauttaa toimintaa tuotteen valmistusnopeuden mukaan. Kun tehdään puhdastilassa nopeasti valmistettavia tuotteita, esimerkiksi kylmää lasia, siirtyy extra loppupäähän ja vastaavasti taas puhdastilan puolelle, kun siellä tarvitaan lisää resurssia hitaammin valmistettavan tuotteen kohdalla. Viidellä operaattorilla toimittaessa työtä oli extralla vähän, kun lasit eivät olleet primeroitavia.

7 JOHTOPÄÄTÖSET JA TULOKSET

Dokumentointia ja videokuvaa linjan toiminnasta syntyi paljon. Lisäksi yrityksen käyttöön koostettiin lyhyet videot, joissa toimintamallin mukainen valmistus ja sen vaiheet näkyvät. Loppupään nostimeen ja puhdastilan puolelle suunniteltiin ja toteutettiin muutoksia. Työvaiheita tehostettiin ja standardoitiin sekä linjalle laadittiin työohjeet.

Uusi toimintamalli paransi työn aiheeseen rajattujen, eli lämmitettävien ja prime- roitavien tuotteiden läpimenoaikaa tuotteesta riippuen noin 20-30 % neljällä operaattorilla toimittaessa. Työssä yksin loppupäässä toimiminen havaittiin mahdolliseksi ja kiireettä työvaiheiden suorittamiseen määritettiin aika. Pullon- kaulakohta puhdastilan puolelta saatiin poistettua. Kappalemäärätavoitteet on mahdollista saavuttaa kolmen ja neljän operaattorin malleissa.

Läpimenoaika riippui paljon valmistettavista tuotteista. Hitaasti virtaavia ja no- peasti virtaavia tuotteita on syytä jatkossa kartoittaa, jotta voidaan määrittää tuotteet, joissa extraa käytetään. Nyt operaattorit ohjeistettiin vaihtamaan extra loppupäähän, kun syntyy tilanne, jossa loppupää jää selvästi jälkeen primeroi- tavien tuotteiden kohdalla. Pelkkien lämpö- ja kylmien lasien kohdalla toimitaan nykyisen mallin mukaan, jossa kaksi operaattoria on puhdastilassa ja kaksi lop- pupäässä. Neljällä operaattorilla toimittaessa on siis resurssia mahdollista siir- tää puhdastilan ja loppupään välillä tarpeen mukaan. Linjaa ehdotetaan ajetta- vaksi neljällä operaattorilla, sillä sitä voidaan mukauttaa valmistettavien tuottei- den mukaan. Linjaa voidaan ajaa myös kolmella operaattorilla. Tosin primeroi- tavien tuotteita nopeammin virtaavat tuotteet kasvattavat linjan seisahdumisen riskiä, jos loppupää ei pysy puhdastilan vauhdissa. Tällöin tulee tuotannon suunnittelussa ottaa huomioon nopeasti virtaavat tuotteet ja välttää niiden val- mistamista, jotta loppupäähän ei muodostu pullonkaulaa.

Loppupäässä yksin toimimisen suurin haaste liittyy lasin sivuttaissiirtymään lin- jalla. Tämä aiheuttaa sen, että pukkiin ladottaessa peräkkäiset lasit osuvat toi- siinsa. Pukkien ladontatiheyttä ei haluta suurentaa, joten linjalle suunniteltiin

kohdistaja, jonka toimivuus selviää tämän työn päättämisen jälkeen. Jos kohdistaja ei toimi toivotulla tavalla, on haasteen ratkomiseksi toinen vaihtoehto. Imukuppinostin voidaan modifioida niin, että eteen ja taakse -liikkeen lisäksi nostinta olisi mahdollista liikuttaa myös sivuttaissuunnassa oikealle ja vasemmalle.

Tuotevaihtoihin kuluva aika on merkittävä ja sitä on mahdollista vielä lyhentää järkevällä työjonosuunnittelulla sekä kehittämällä järjestelmä, jolla saataisiin luotettavasti linjalle tieto seuraavaksi valmistettavasta tuotteesta. Tuotevaihtoon vaadittavien työvaiheiden määrä vaihtelee tuotteesta ja edellisestä tuotteesta riippuen. Samankaltaisten tuotteiden peräkkäin valmistamisella saadaan usein tuotevaihdon työvaiheet minimiin. Lisäksi extran siirtyminen puhdastilan ja loppupään välillä voidaan minimoida valmistamalla primeroitavia tuotteita peräkkäin. Tuotannon suunnittelun vaikutuksia linjan tehokkuuteen ja ajankäyttöön on syytä tutkia lisää.

Toimintamallin toimivuutta eri tuotteiden kohdalla kannattaa selvittää. Operaattoreiden oikeaoppinen toiminta ja toimintamalliin perehtyminen on hyvä arvioida ja tarvittaessa antaa lisäopastusta. Häiriötilanteet ja niihin kuluva aika tulisi saada näkyviin, jotta voidaan seurata onko virtaavuus kokonaisuudessaan parantunut. Linjalle luotiin lomake, jossa seurataan tuote-erien läpimeno aikoja ja häiriötilanteiden kestoja ja lukumääriä. Linjalle on lisäksi suunnitteilla linjan ajankäytön seuraamisen tutkimus, jossa toimintamallin toimivuutta havainnoidaan.

8 JATKOKEHITYS

Tässä osiossa käydään läpi linjan kehityskohteita ja jatkotoimenpide-ehdotuksia.

8.1 Loppupäähän ladontaa koskeva kehitys

Loppupäässä ladonnassa voi ilmetä ongelma, jossa peräkkäin ladotut lasiparit osuvat toisiinsa. Ongelman poistamiseksi suunniteltiin kohdistaja, jonka toimivuutta ei vielä testattu. Jos ongelma ei poistu kohdistajan avulla, voidaan nostimeen suorittaa vaakaliikkeen mahdollistava modifiointi.

8.2 Tuotevaihto

Tuotevaihtoihin kuluva aika on merkittävä. Työssä määritettiin keskimääräiset luvut vaihdon kestolle ja niiden vuorokohtaiselle määrälle. Todelliset luvut vaihtelevat paljon. Varsinkin pieniä eriä valmistettaessa tuotevaihtojen määrä voi olla vuorossa paljon suurempi. Toisaalta samankaltainen seuraava tuote vähentää tarvittavia tuotevaihtojen työvaiheita ja näin ollen myös lyhentää tuotevaihtoon kokonaisuudessaan kuluva aikaa.

Nykyisellään tuotevaihtoon päästään vasta, kun pukki ajetaan sisään puhdistilaan. Jos esimerkiksi jotkin tavarat puuttuvat tai kalvot pitää saada paterilta, minne on jonoa, tai vaadittava kalvorulla on loppunut paterista, tulee tuotantoon pitkä seisahdus. Jos tuotteesta olisi tietoa etukäteen, voitaisiin edellä mainitut tilanteet hoitaa edellisen tuotteen valmistuksen aikana ja ennalta ehkäistä mahdollisia häiriötilanteita. Jos järjestelijä on varattuna muualle, voidaan tuotevaihtojen työvaiheita suorittaa jo ennen pukin sisään ajamista. Suurimmat ongelmat työmääräimen kierrossa olivat usein tuotannon aikana tapahtuvat muutokset, joiden takia riski työmääräinten sekaannuksesta kasvoi. Jatkokehitystä haasteiden ratkomiseksi on syytä jatkaa, sillä ennakkoon olevasta tuotantotiedosta on

monia hyötyjä esimerkiksi häiriötilanteiden ja linjan seisahduksien ehkäisemiseksi sekä tuotevaihtoihin kuluvan ajan pienentämiseksi.

8.3 Tuotannon suunnittelu ja työjono

Tuotannon suunnittelulla on myös mahdollista vaikuttaa linjan tehokkuuteen. Esimerkiksi valitsemalla valmistukseen mahdollisimman monta samankaltaista tuotetta kerralla saadaan virtaavuutta paremmaksi. Ajamalla primeroitavia tuotteita peräkkäin ja sen jälkeen nopeammin virtaavia tuotteita minimoidaan extran siirtymiset puhdastilan ja loppupään välillä. Järjestelemällä tuotteet niin, että tuotevaihtoon vaadittavien työvaiheiden määrä on mahdollisimman vähäinen, vähennetään tuotevaihtoihin kuluva aikaa.

Laminoinnin tuotannon suunnitteluun on rajalliset mahdollisuudet. Suurimpia rajoittavia tekijöitä ovat edellisen tuotantovaiheen tila, välivaraston määrä ja toimitusaikataulut, varsinkin äkkinäiset ja kiireelliset toimitukset. Muita välillisesti vaikuttavia tekijöitä ovat laminoinnin imuohjautuvuus, eli tehdään sitä mitä edellisestä tuotannon vaiheesta on tehty. Lisäksi tuotteen vaatimat jatkotoimenpiteet vaikuttavat tuotannon suunnitteluun; esimerkiksi normaalia pidemmän imuajan vaativat tuotteet, massattavat tuotteet ja laboratorioon valmistettavat tuotteet. Siglasol-tuotteita valmistettaessa tulee ottaa huomioon klaavin täyttöaste. Myös seuraavan tuotannonvaiheen tilanne voi vaikuttaa; esimerkiksi pakkaamon tasainen kuormitus. Laminoinnin järjestelijöillä on vaikutusta työjonon suunnittelussa ja heidän kanssaan suositellaan käytävän kehityskeskusteluja ja kartoittamaan laajemmin, mitä vaikutuksia työjonon suunnittelulla on linjan kokonaisajankäyttöön ja virtaavuuteen. Aihetta on syytä tutkia lisää ja kartoittaa tuotannon suunnittelun vaikutuksia linjan tehokkuuteen.

8.4 Läpimeno ajan ja häiriötilanteiden seuranta

Uuden toimintamallin käyttöönotossa on syytä seurata läpimenoaikoja primeroitaville tuotteille sekä muille tuotteille ja kartoittaa kattavammin linjan ajankäyt-

töä. Häiriötilanteet ja niihin kuluva aika tulisi saada näkyviin, jotta voidaan seurata onko virtaavuus kokonaisuudessaan parantunut. Linjalle luotiin lomake, jossa seurataan tuote-erien läpimenoaikoja ja häiriötilanteiden kestoja sekä lukumääriä. Linjalle on lisäksi suunnitteilla linjan ajankäytön seuraamisen tutkimus, jossa toimintamallin toimivuutta havainnoidaan.

LÄHTEET

Ceriffi 2015, Ceriffi Oy:n yrityssivusto. Viitattu 16.9.2015. <http://www.ceriffi.fi/> > Palvelut > Lean Six Sigma > Hukan 8 muotoa

Moisio, J. 2011. LEAN Työkalut – Uutta vaiko vanhaa prosessityössä? Laatumatkalla. Viitattu 20.9.2015. www.laatumatkalla.fi/2011/01/lean-tyokalut-%E2%80%93-uu-tta-vaiko-van-haa-prosessityossa/

Pilkington 2015. Yrityksen internetsivut. Viitattu 1.9.2015. www.pilkington.com/fi-fi/fi > Tietoa yhtiöstä

Pilkington perehdyttämisopas 2013, Yrityksen sisäinen julkaisu. . Pilkington Automotive Oy.

Salonen, J. 2014. Time and Motion –tutkimus. Yrityksen sisäinen tutkimus. Pilkington Automotive Oy.

Sivula, E. 2015. 5S-Menetelmän soveltaminen konepajaympäristöön. Opinnäytetyö. Centria-ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma.

Six Sigma 2015. Lean Six Sigma palvelu. Viitattu 10.9.2015. <http://www.sixsigma.fi/fi> > Lean > Tätä on Lean

