

**Laura Honkola**

**TUOTANNON VIRTAUSTEHOKKUUDEN KEHITTÄMINEN**

**Kohti Lean-tuotantoa**

**Opinnäytetyö  
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Tuotantotalouden koulutusohjelma  
Toukokuu 2016**

**TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ**

<b>Yksikkö</b> Ylivieska	<b>Aika</b> Toukokuu 2016	<b>Tekijä/tekijät</b> Laura Honkola
<b>Koulutusohjelma</b> Tuotantotalous		
<b>Työn nimi</b> TUOTANNON VIRTAUSTEHOKKUUDEN KEHITTÄMINEN. Kohti Lean-tuotantoa		
<b>Työn ohjaaja</b> Jari Kaarela, Sakari Pieskä		<b>Sivumäärä</b> 32
<b>Työelämäohjaaja</b> Teemu Lehtohalme		
<p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli luoda kehitysideoita kohdeyrityksen ovituotannon virtaustehokkuuden parantamiseksi Lean-periaatteiden mukaisesti. Työn teoriaosuudessa tarkasteltiin Lean-toimintastrategian periaatteita ja työnmittauksen menetelmiä. Työn empiirinen osuus perustui tilaajayrityksen ovituotannossa tehtyyn työntutkimukseen, jonka aikana tehty datan käsittely pyrittiin kuvaamaan työssä mahdollisimman tarkasti. Työnmittauksen tuloksista luotiin tuotannon nykytilankuvaus Lean-kehitystyön pohjaksi. Työ jatkui kehitysehdotusten laatimisella tuotannon virtaustehokkuuden parantamiseksi sisältäen layout-ehdotuksen.</p> <p>Tuotannossa tehty työnmittaus paljasti useita hukan lähteitä, joiden poistoon on annettu kehitysideoita. Ovituotannon vaiheikojen vaihtelu oli suurin virtausta estävä tekijä, ja sen syyksi paljastui odotetusti tuotevariaatio. Havaintojen ja työnmittauksen pohjalta kehitetyssä layout-ehdotuksessa pyritään hallitsemaan vaihtelua jakamalla työnvaiheet mahdollisimman tasaisesti työpisteiden kesken, siirtämällä pitkät ja vaihtelevan pituiset työvaiheet rinnakkais- tai lisätyöpisteelle, ja sekoittamalla valmistusjärjestys tuotevariaatioiden vaihe aika huomioon ottaen.</p> <p>Opinnäytetyön tästä versiosta on poistettu yritykselle tärkeitä tietoja.</p>		
<b>Asiasanat</b> Lean, tasapainotus, työnmittaus, vaihtelu, virtaustehokkuus		

## ABSTRACT

<b>CENTRIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES</b> Ylivieska	<b>Date</b> May 2016	<b>Author</b> Laura Honkola
<b>Degree programme</b> Industrial Management		
<b>Name of thesis</b> DEVELOPING PRODUCTION FLOW EFFICIENCY. Becoming Lean		
<b>Instructor</b> Jari Kaarela, Sakari Pieskä		<b>Pages</b> 32
<b>Supervisor</b> Teemu Lehtohalme		
<p>The objective of this thesis was to generate ideas for improving the flow of door production of the target company while following Lean production principles. In the theory part of the thesis we took a look at the concept of Lean production as well as the methods of work measurement. The empirical part was based on a work measurement study made in the door production of the target company during which all data handling was aimed to be portrayed as accurately as possible. A depiction of the current status of production was created from the results of the work measurement study to act as a base for the following Lean development work. The thesis process continued with the composition of improvement suggestions for upgrading the production flow. A layout proposition was made.</p> <p>Work measurement study done in production uncovered several sources of waste, and ideas for the elimination of said problem areas have been given. The variation in the times of different phases in door production was the leading factor disturbing the flow, the cause of which was, as expected, revealed to be product variation. Layout proposition based on observations and work measurement study aims to control variation by dividing different phases of work as evenly as possible amongst the workstations. This is done by moving phases that are long and variant in length to subordinate workstations, as well as by mixing the manufacturing order with the phase time of product variations in mind.</p> <p>Important company information has been removed from this version of the thesis.</p>		

<p><b>Key words</b> Lean, production stabilization, work measurement study, variation, flow</p>
---

## KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

5S	Organisointimenetelmä siisteyden, järjestyksen ja systemaattisen toiminnan kehittämiseen ja ylläpitoon.
Kaizen	Jatkuvan parantamisen filosofia, jonka mukaan kaikki voidaan aina tehdä paremmin.
KET	Keskeneräinen tuotanto. Työ joka on aloitettu, mutta ei ole valmis.
Layout	Työasemien sijoittelu tuotantotiloissa.
Lean	Virtaustehokkuuden parantamiseen keskittyvä toimintastrategia, joka pyrkii eliminoimaan hukkaa.
Tasapainotus	Työkuorman tasapainotus työasemien välillä.

**TIIVISTELMÄ  
ABSTRACT  
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY  
SISÄLLYS**

<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>1</b>
1.1 Työn tausta .....	1
1.2 Kehitystehtävän kuvaus.....	1
1.3 Tavoite.....	2
<b>2 LEAN .....</b>	<b>3</b>
2.1 Arvon määrittäminen.....	4
2.2 Kaizen - jatkuva parantaminen .....	5
2.3 Työn vakiinnuttaminen .....	6
2.4 Työkaluja virtautuksen ja imuohjauksen toteuttamiseen.....	6
2.4.1 5S.....	7
2.4.2 Tuotannon layout ja balansointi.....	8
2.4.3 Laadunvarmistus.....	8
2.4.4 Kanban – imuohjauksen toteuttaminen.....	9
<b>3 TYÖNMITTAUS .....</b>	<b>10</b>
3.1 Aikalajit.....	10
3.2 Tulosten normalisointi .....	11
3.3 Työmittaustekniikat.....	11
<b>4 TYÖNMITTAUKSEN TOTEUTUS JA DATAN KÄSITTELY .....</b>	<b>13</b>
4.1 Kellotustapahtuma .....	13
4.2 Häiriöaika .....	17
4.3 Keskenäisen tuotanto.....	18
<b>5 KOHDEYRITYKSEN OVITUOTANNON NYKYTILA .....</b>	<b>19</b>
5.1 Ovituoitteet .....	19
5.2 Layout.....	20
5.3 Tuotannon hukat.....	20
5.3.1 Laatuvirheet.....	20
5.3.2 Odottelu ja viivästykset .....	21
5.3.3 Tarpeeton liike työskentelyssä .....	21
5.3.4 Tarpeettomat varastot .....	21
5.3.5 Tarpeeton kuljettaminen .....	22
5.4 Vaiheajojen vaihtelu .....	22
<b>6 KEHITYSIDEAT .....</b>	<b>23</b>
6.1 Työn vakiinnuttaminen .....	23
6.2 Laadunvarmistus.....	23
6.3 Mittari- ja häiriötiedon keräys .....	24
6.4 Työnkierto.....	24
6.5 Materiaalinjakelu .....	25
6.6 5S.....	25

<b>6.7 Tuotannon tasapainotus .....</b>	<b>26</b>
<b>6.8 Layout-ehdotus.....</b>	<b>27</b>
<b>6.9 Layout-vertailu .....</b>	<b>27</b>
<b>7 YHTEENVETO JA POHDINTA .....</b>	<b>29</b>
<b>7.1 Työn tulosten arviointi.....</b>	<b>29</b>
<b>7.2 Toimintaohjeet tilaajalle.....</b>	<b>30</b>
<b>7.3 Jatkokehityskohteet .....</b>	<b>31</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>32</b>
<b>LIITTEET</b>	
<b>KUVAT</b>	
KUVA 1. Kellotustapahtuman näkymä Excel-ohjelmassa .....	15
KUVA 2. Kirjauspohja keskiarvoille.....	16
KUVA 3. Keskeneräisen tuotannon havainnointipohja.....	19
<b>TAULUKOT</b>	
TAULUKKO 1. Työvaiheen häiriöaikojen keräyspohja .....	17
TAULUKKO 2. Yhteenvetotaulukko työvaiheen häiriöajoista.....	17
TAULUKKO 3. Layout-tilauskovertailun pohja.....	28

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Toyotan tuotantofilosofiasta alkunsa saanut virtaustehokkuutta korostava Lean-toimintastrategia alkoi kiinnittää huomiota 1980-luvulla, jonka jälkeen Leanista on muodostunut maailmanlaajuisesti teollisuuden parhaana käytäntönä pidetty toimintastrategia. Lean-tuotannon vaikutusta tuotannolliseen toimintaan pidetään huikeana, ja se on edelleen ajankohtainen neljännen teollisen vallankumouksen, eli seuraavan kahden vuosikymmenen aikana odotettavasti tapahtuvan tuotantojärjestelmien digitalisaation tuomien muutosten kynnyksellä. Teollisuus 4.0:n odotetaan itse asiassa korostavan Lean-toimintastrategialla saavutettuja etuja entisestään teollisen internetin mahdollistaessa asiakasvaatimusten laajemman ymmärtämisen ja tiedon jakamisen monimutkaisten tilaus-toimitusketjujen ja verkostojen sisällä.

Opinnäytetyön toimeksiantajana on alumiini- ja lasirakentamiseen erikoistunut yritys, jonka tuotevalikoimaan kuuluvat muun muassa ovet, ikkunat ja lasiseinät. Yrityksen asiakaskunta koostuu rakennusliikkeistä, ja tuotteet päätyvät esimerkiksi kerrostaloihin, julkisiin rakennuksiin, ostoskeskuksiin ja teollisuusrakennuksiin.

## 1.2 Kehitystehtävän kuvaus

Kohdeyrityksen ovisolussa valmistetaan sisä-, ulko- ja palo-ovia. Palo-ovien palonsuojaominaisuuden luomiseksi tarvittava varustelutaso eroaa merkittävästi muiden ovijärjestelmien varustelutasosta, joka näkyy myös ajallisesti palo-ovien varustelun kestävän huomattavasti muita ovia pidempään. Tämä aiheuttaa pullonkaulan ovien varusteluun estäen tuotannon sujuvan virtauksen.

Yrityksen tuotteet ovat räätälöityjä ja tuotteiden kehitykseen on panostettu merkittävästi, ja nyt on avautunut mahdollisuus panostaa myös tuotantotekniikkaan. Arvoa on päätetty lähteä hakemaan parantamalla yrityksen virtaustehokkuutta Lean-toimintastrategian avulla. Tuotannosta tiedetään löytyvän hukkaa, joka on tunnistettava ja johon on puututtava virtauksen parantamiseksi.

### 1.3 Tavoite

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on luoda kehitysideoita kohdeyrityksen ovituotannon virtaustehokkuuden parantamiseksi Lean-periaatteiden mukaisesti. Varustelusta aiheutuva tuotannon pullonkaula pyritään poistamaan tasoittamalla ovituotanto kiinnittäen samalla huomiota hukkaan ja sen syihin. Tuotannosta saatujen aikatietojen analysoinnilla luodaan nykytilakuvaus jatkuvaa Lean-kehitystyötä varten, ja aikatiedot jalostetaan myös myynnin tueksi, jolloin yrityksen räätälöidyille tuotteille pystytään tulevaisuudessa määrittämään tuotannon läpimenoaika mahdollisimman tarkasti myyntivaiheessa. Tiedonkäsittely dokumentoidaan niin, että se on toistettavissa.



## 2 LEAN

Seuraavissa kahdessa pääluvussa esitellään kohdeyrityksessä suoritetun työntutkimuksen ja tulosten analyysin suorittamiseksi ja ymmärtämiseksi tarvittava teoria.

Lean on virtaustehokkuuden parantamiseen keskittyvä toimintastrategia arvon tuottamiseksi, eli toisin sanottuna organisaation liiketoimintastrategiaan pohjautuva strateginen valinta luoda arvoa parantamalla virtaustehokkuutta prosessitehokkuuteen keskittymisen sijasta. Lean luo perustan myös koko järjestelmän resurssitehokkuuden kasvulle, kun osaoptimoituista prosessivaiheista ja niiden väliin tyypillisesti muodostuneesta hukasta muodostuu yhtenäinen järjestelmä. Virtaustehokkuutta, ja sen myötä myös resurssitehokkuutta, pyritään parantamaan hukan eliminoinnin ja vaihtelun hallinnan kautta. (Modig & Åhlström 2013, 123–127.) Lean-tuotanto käyttää vähemmän materiaalia, investointeja, tilaa ja ihmisiä, ja sen mahdollistama virtaus ja ennustettavuus vähentävät tuotannolle tyypillisiä epävarmuustekijöitä (Wilson 2015, 133–134).

Lean on saanut alkunsa Toyota Motor Corporation –yrityksen tekemistä valinnoista toisen maailmansodan jälkeisessä niukkuuden taloudessa. Toyota reagoi resurssien niukkuuteen keskittymällä virtaustehokkuuden parantamiseen. Tilauslähtöisen tuotannon avulla varmistettiin juuri oikeiden, eli asiakkaiden haluamien, autojen tuotanto. Toimintaan ei haluttu sitoa pääomaa keskeneräisten tai valmiiden tuotteiden muodossa, joten Toyota asetti tavoitteekseen maksimoida prosessin läpäisevä virtaus poistamalla kaikki tehottomuuden ja hukan muodot. Viallisten tai puutteellisten tuotteiden toimitukseen ei ollut varaa, mikä takia tuotannonohjauksen ja laadunvarmistuksen merkitys korostui. Kokonaisuudesta huolehtimisen ja laadun vastuu oli jokaisella työntekijällä. 1980-luvun lopulla länsimäiset tarkkailijat kiinnostuivat Toyotan tuotantofilosofiasta ja kuvasivat havaintojaan käsitteellä Lean. Vaikka Leanin juuret ovatkin Toyota Production System eli TPS:ssä, siitä on kehitetty itsenäinen konsepti. (Modig & Åhlström 2013, 69–77.)

Lean-toimintastrategiaa voidaan toteuttaa eri keinoin. Nämä keinot voidaan jakaa abstraktiotason mukaan arvoihin, periaatteisiin, menetelmiin ja työkaluihin. Huolimatta siitä keskittyykö yritys kaikkiin keinojen tasoihin vai vain johonkin niistä, kaikki organisaatiossa esiintyvää vaihtelua hallitsevat keinot ovat hyviä tapoja toteuttaa Lean-toimintastrategiaa. Konkreettisinta kehitystyö on menetelmien ja työkalujen tasolla, jossa keinot ovat kuitenkin myös eniten riippuvaisia asiayhteydestä. (Modig & Åhlström 2013, 140–146.) Lean ei siis ole Toyotan matkimista, vaan Lean-toimintastrategian toteutustapa

riippuu toimintaympäristöstä. Lean onkin nimenomaan keino, ei tavoite, eikä Leaniin kuuluvaksi miellettyjen työkalujen tai menetelmien käyttö saa muodostua itsetarkoitukseksi. (Modig & Åhlström 2013, 93–94.)

Eräs Leanin määritelmä esittääkin Leanin muodostuvat neljästä elementistä; kulttuurista, johtamisesta, tiimistä, sekä menetelmistä ja työkaluista. Näistä johtaminen nähdään kaikista tärkeimpänä, sillä se mahdollistaa koordinoitun muutoksen läpiviemisen, jolla saavutetaan paras hyöty. Johtamisen tärkeyttä korostaa myös se, että sen puuttuminen on usein syy Lean-projektien epäonnistumiseen. Johtajan tehtävänä on vahvistaa käyttäytymistä, joka tekee jatkuvan parantamisen organisaatiokulttuurin mahdolliseksi. Tiiminäkökulma korostaa sitä, että tiimissä saavutetut tulokset ovat suurempia kuin yhdenkään yksilön olisi mahdollista yksin saavuttaa. (Fliedner 2011, 5-6.) Tässä opinnäytetyössä keskitytään Lean-strategian neljänteen elementtiin, eli hajonnan vähentämiseen tähtääviin periaatteisiin ja työkaluihin.

Lean-toimintastrategian onnistumiseksi on tärkeä tuntee asiakkaansa, ja osata määrittää arvo asiakkaan näkökulmasta. Tämän takia Lean-toiminnan kehittämässä on syytä lähteä liikkeelle arvon määrittämisestä. Tämän jälkeen toiminnot pystytään jakaa asiakkaalle arvoa tuottaviin ja tuottamattomiin, ja arvovirran hukka on tunnistettavissa. Hukan poistaminen tehdään kaizen-filosofian, eli jatkuvan parantamisen periaatteiden mukaan. Tässä apuna ovat useat Lean-strategiaa tukevat työkalut. Näitä Lean-toiminnan kehittämisen vaiheita ja työkaluja on kuvattu alaluvuissa.

## **2.1 Arvon määrittäminen**

Tuotteen tai palvelun arvo määritellään aina asiakasnäkökulmasta. Ottamalla selvää asiakkaan tarpeista ja haluista, voidaan määrittellä millaisia asioita asiakkaiden tyydyttämiseksi olisi tehtävä, miten ne on tehtävä, tai kannattaako niitä tehdä ollenkaan. Jokainen yrityksen prosessi on joko asiakkaalle arvoa tuottava tai arvoa tuottamaton. Tämän tunnistaminen on tärkeää, jotta voidaan pyrkiä eroon arvoa tuottamattomasta, virtausta turhaa hidastavasta toiminnasta. Arvoa lisäävän toiminnan on täytettävä kaikki seuraavat kriteerit: asiakas on valmis maksamaan siitä, prosessi muuttaa tuotetta tai palvelua jollain lailla ja prosessi suoritetaan heti ensimmäisellä kerralla oikein. Arvovirralla tai arvoketjulla tarkoitetaan sitä toimintojen kokonaisuutta jossa materiaali ja informaatio virtaavat, ja jotka yhdessä tuottavat valmiin tuotteen tai palvelun. (Sayer & Williams 2012, 115–117, 133.)

Arvoa tuottamatonta toimintaa on kaikki, mikä ei täytä arvoa tuottavan toiminnan kriteerejä. Arvoa tuottamattomalla toiminnalla on kolme esiintymismuotoa; muda, mura ja muri. Muda on toimintaa joka käyttää resursseja tuottamatta arvoa asiakkaalle, eli hukkaa. (Sayer & Williams 2012, 118–119.) Hukka voidaan jakaa seitsemään luokkaan, jotka ovat ylituotanto, odottelu ja viivästykset, tarpeeton kuljettaminen, laatuvirheet, tarpeettomat varastot, ylikäsittely sekä tarpeeton liike työskentelyssä (Kouri 2010, 10–11). Mura on vaihtelun aiheuttamaa hukkaa, ja se koostuu kaikista ennustamattomuudesta johtuneesta materiaalihukasta, kuten palautuksista, yliajasta ja suunnittelemattomista asiakaskäynneistä. Muri taas on ihmisten, koneiden tai systeemien ylikuormittamista. (Sayer & Williams 2012, 119.)

## **2.2 Kaizen - jatkuva parantaminen**

Kaizen on jatkuvan parantamisen filosofia, jonka kantavana ajatuksena on, että kaikki voidaan tehdä paremmin. Kaizen on kaikilla elämän osa-alueilla vaikuttava elämäntapa, ei siis ainoastaan mikään yksittäinen tapahtuma tai tilaisuus, vaikka työelämässä Kaizenia toteutetaan myös alle viiden päivän tilaisuuksina, joiden tarkoitus on nopeasti parantaa arvovirtausta. Työfilosofiana Kaizen tarkoittaa jatkuvasti tehtäviä muutoksia koko organisaation parantamiseksi, erityisesti hukan eliminoimiseksi. Kaizenin toteuttaminen vaatii ihmisten arvostamista ja koko organisaation yhteistyötä päämääränään hukan poistaminen arvovirrasta. Arvovirran tunnistamisen jälkeen on olemassa käsitys siitä, mihin suuntaan arvovirtaa olisi kehitettävä. Kaizen on tapa tehdä nämä parannukset. Parannukset toteutetaan erilaisten tekniikoiden, kuten työalueen siistimisen, työn vakiinnuttamisen, tuotannon tasoittamisen, keskeneräisen tuotannon ja varastojen vähentämisen sekä imuohjauksen avulla. (Sayer & Williams 2012, 181–183, 192.) Näihin ja niiden kehittämiseen käytettyihin työkaluihin tutustutaan tarkemmin seuraavissa alaluvuissa.

Tuotannon kehittämiseksi tarvitaan mittaustietoa prosessien tehokkuudesta ja laadusta. Työlle määritellään tuotantotavoitteet, joiden alittuminen viestii ratkaistavasta ongelmasta. Tuotantotavoitteiden tarkoituksena ei siis suinkaan ole hiillostaa työntekijöitä, vaan mahdollistaa nopea reagointi mahdollisiin ongelmiin. Mittareita on vain muutama, mutta niitä seurataan usein, seurantavälin saattaessa olla vain tunteja. Keskeisiä Lean-mittareita ovat tuottavuus, laatu, läpimenoaika, keskeneräinen tuotanto ja hukka, käsittäen materiaalin, työn ja energian. Mittarit valitaan niin, että ne kohdistuvat yrityksen liiketoiminnan kannalta oleellisimpiin asioihin. (Kouri 2010, 28–29.)

### 2.3 Työn vakiinnuttaminen

Työtapojen vakiinnuttamista pidetään parannusten ja kehitystyön edellytyksenä, sillä mikäli työskentelytapoja on useita, on lopputulokseen vaikuttavien tekijöiden määrittely vaikeaa. Jokainen työvaihe tulisi vakiinnuttaa niin, että se on mitattavissa ja toistettavissa (Sayer & Williams 2012, 239). Työn vakiinnuttamiseen käytetään työohjeita, joissa määritellään työn vaiheet, ongelma- ja avainkohtien toteutus ja annetaan laadunvarmistusohjeet. Ohjeissa käytetään havainnollistamiseksi kuvia ja kaavioita, ja niissä voi olla tietoa käytettävistä materiaaleista ja työkaluista. (Kouri 2010, 16–17.) Usein parhaita työn standardisoijia ovat työvaiheessa työskentelevät ihmiset. Johdon tehtävänä on kuitenkin määrittää mahdolliset pakolliset vaatimukset, kuten turvavälineiden käyttöön liittyvät asiat. Työ pitäisi pyrkiä vakiinnuttamaan niin, että se vaatii mahdollisimman vähän keskeneräistä tuotantoa. Työohjeet voidaan esimerkiksi tulostaa paperille, olla luettavissa tietokoneen näytöltä tai niistä voidaan tehdä kylttejä. Tärkeintä on, että ne ovat helposti työntekijöiden saatavilla. Vakiinnutettu työtapo ei ole lopullinen, eikä se tarkoita työntekijöiden oma-aloitteisuuden vähentämistä, vaan luotuja standardeja päivitetään jatkuvasti kaizenin mukaisesti. Työn vakiinnuttaminen luo pohjan mitattavalle, harkinnanvaraiselle muutokselle. (Sayer & Williams 2012, 238–242.)

Työn standardisointia hyödyntämällä varioivatkin tuotteet voidaan usein valmistaa käyttämällä vakio-osia, -komponentteja ja moduuleita. Kun osat, komponentit ja materiaalit standardisoidaan, pystytään näiden määrää vähentämään jolloin varastojen määrä pienenee ja hankintatoimi helpottuu. Muita standardisoinnin hyötyjä yritykselle ovat muun muassa toimeentulo optimaalisella määrällä materiaaleja ja osia, mittakaavaeduista hyötyminen, kustannustehokkuuden paraneminen ja tuotteiden nopeampi sopeuttaminen markkinavaatimukseen. (Ruohomäki, Anttila, Heikkilä, Hentula, Kansola, Leino, Paro & Salmi 2011, 86–88.)

### 2.4 Työkaluja virtautuksen ja imuohjauksen toteuttamiseen

Leanin peruseriaatteisiin kuuluu virtaustehokkuuden ja imuohjauksen konseptit. Virtauttamisen tavoitteena on yhden kappaleen eräkkö, jolloin varastojen tarvetta ei ole ja keskeneräistä tuotantoa ei synny vaan tuotteet virtaavat tuotannossa pysähtyen vain arvoa tuottavan työn suorittamisen ajaksi. Läpimenoaika kuvaa sitä aikaa, joka kuluu tuotteen valmistamisen aloittamisesta siihen kun tuote on

valmis. Turhien odotusaikojen puuttuessa läpimenoaikakin lyhenee, ja siksi läpimenoaikaa käytetään kuvaamaan virtauksen tehokkuutta. Virtauttaminen paljastaa tuotantoprosessin ongelmat ja pakottaa poistamaan kone- ja laatuhäiriöitä. Yhden kappaleen eräkoon tavoite edellyttää tuotevaihtojen asetus-aikojen lyhentämistä. Imuohjauksella pyritään eliminoimaan erityisesti ylituotantoa. Imuohjauksessa tuotteita valmistetaan vain jos arvovirran seuraava vaihe pyytää sitä, eli lähettää imuohjausimpulssin. Lean-työkalut auttavat virtautuksen ja imuohjauksen toteuttamisessa. (Kouri 2010, 20–22.)

### 2.4.1 5S

Lean-toiminnan lähtökohtana on, että tuottavan ja laadukkaan työn tekeminen on mahdollista ainoastaan siistissä ympäristössä, jossa työvälineet ovat tarkoituksenmukaisesti organisoitu eikä niitä tarvitse etsiä. 5S on siisteyden, järjestyksen ja systemaattisen toiminnan kehittämiseen ja ylläpitoon tarkoitettu työkalu. Viisi s-kirjainta tulevat japaninkielisistä sanoista Seiri (lajittele), Seiton (järjestä), Seiso (puhdistusta ja huolla), Seiketsu (vakiinnuta toimenpiteet) ja Shitsuke (ylläpidä). 5S toteutetaan siis viidessä vaiheessa, joihin jokainen työntekijä osallistuu. (Kouri 2010, 26–27.) 5S:n avulla voidaan eliminoida muria eli ylikuormittamista esimerkiksi sijoittamalla työvälineet niin, ettei työn tekeminen vaadi ergonomisesti haitallisia tai turhia liikkeitä.

Lajitteluvaiheessa työpisteen tavarat lajitellaan työhön tarvittaviin tavaroihin, johonkin muuhun työpisteeseen kuuluviin tavaroihin ja pois heitettäviin tavaroihin. Työhön tarvittavat tavarat voidaan lajitella edelleen jatkuvasti ja satunnaisesti tarvittaviin tavaroihin. Muihin työpisteisiin kuuluvat tavarat palautetaan oikealle paikalleen ja pois heitettävät tavarat poistetaan. Seuraavaksi jatketaan järjestämissä vaiheeseen, jossa työhön tarvittaville välineille etsitään tarkoituksenmukainen paikka siellä missä niitä tarvitaan. Työssä satunnaisesti tarvittavat välineet sijoitetaan työpisteen lähelle niin, etteivät ne häiritse virtausta. Paikat merkitään visuaalisesti käyttämällä eri värejä eri tarkoituksiin, kuten käytävien merkkaukseen ja vaaroista varoittamiseen. 5S-työkalun kolmas vaihe on puhdistus ja huolto, joka käsittää alueen puhdistuksen ja koneiden huollon. Tämä on tärkeää paitsi turvallisemman työympäristön luomiseksi, myös esimerkiksi vuotojen ja muiden ongelmien nopeammaksi havaitsemiseksi. (Sayer & Williams 2012, 217–218.)

Kun työpiste on järjestetty ja puhdistettu, luodaan rutiinit sen ylläpitoon. Tämä tarkoittaa osana työntekoa tehtävää järjestelyä ja siivousta, jotta työpisteen järjestys säilyy juuri samanlaisena kuin se on ensimmäisenä päivänä 5S-työkalun kolmannen vaiheen jälkeen. Viides vaihe, eli ylläpito, tarkoittaa

käytäntöjen viemistä organisaatiokulttuuriin. Uusien käytäntöjen luominen on hidasta ja vaatii jatkuvaa vahvistamista ennen kuin niistä tulee rutiininomaisia. (Sayer & Williams 2012, 218.) Vaiheita 1-3 toteutetaan jatkuvasti ja 5S-taso auditoidaan systemaattisesti (Kouri 2010, 27).

## **2.4.2 Tuotannon layout ja balansointi**

Työpisteet, koneet ja laitteet pyritään sijoittamaan niin, että kaikki yhden tuoteperheen tuotteiden valmistamiseen tarvittavat resurssit sijaitsevat lähekkäin ja tuotantoreitit ovat selkeät. Tuoteperheen sisällä olevat tuotteet sisältävät samat tai lähes samat työvaiheet, ja näiden yhteisten työvaiheiden hyväksikäyttämistä layout-suunnittelussa kutsutaan ryhmäteknologiaksi. Ryhmäteknologian avulla voidaan siirtyä funktionaaliseen layout-mallista tuotantosoluun tai tuotantolinjaan. (Sayer & Williams 2012, 220–221.) Layoutin toimivuutta voidaan analysoida esittämällä materiaali- tai henkilövirtaa spagetti-kaavion avulla, jossa aluetta mallintavalle kuvalle piirretään käytetyt reitit tai liike. Kulku- ja kuljetusreittien visuaalinen kuvaaminen auttaa usein löytämään mahdollisia tapoja vähentää hukkaa. (Wilson 2015, 231.)

Lean-solun kapasiteettivaatimus perustetaan asiakkaalta tulevaan vaatimukseen. Asiakastarpeeseen perustuvaa tuotannon tahtia kuvaa takt-aika, joka lasketaan jakamalla käytettävissä oleva työaika asiakastarpeella. Eri työvaiheisiin kuluva aika mitataan, ja sitä verrataan takt-aikaan. Jos vaiheajat ovat pienempiä kuin takt-aika, solussa on ylimääräistä kapasiteettia ja voidaan harkita työvaiheiden yhdistämistä niin, että yhdistettyihin vaiheisiin menee suunnilleen yhtä kauan kuin pisimpään yksittäiseen työvaiheeseen, pysyen edelleen takt-aikaa pienempänä. Tällöin samojen työvaiheiden suorittamiseen tarvitaan vähemmän työntekijöitä. Toisaalta solussa saattaa olla työvaiheita, jotka vievät aikaa takt-ajan verran tai enemmän. Nämä työvaiheet ovat tuotannon pullonkauloja, ja niiden virtautus on kriittisintä. (Sayer & Williams 2012, 222–224, 372)

## **2.4.3 Laadunvarmistus**

Virheiden synty pyritään estämään niiden lähteissä, sillä laatua ei voida lisätä tuotteeseen jälkikäteen. Tähän tarkoitukseen on syntynyt jidoka, eli ihmisavusteinen automaatio. Automaation avulla kone tai laite pystyy tunnistamaan virheet ja pysäyttämään tuotannon kunnes virhe korjataan. Sen lisäksi jidokaan kuuluu ajatus siitä, että työvaiheessa työskentelevä henkilö on vastuussa työnsä laadusta ja mah-

dollisten ongelmien korjaamisesta. Jos työvaiheessa työskentelevä henkilö ei kykene korjaamaan ongelmaa, hänen vastuullaan on tuotannon pysäyttäminen virheen arvovirrassa etenemisen estämiseksi. Jidokaan kuuluvia työkaluja ovat muun muassa 5 kertaa miksi (5 whys) ja poka-yoke. (Sayer & Williams 2012, 37, 370.)

5 kertaa miksi on virheanalyysi juurisyyn selvittämiseksi. Menetelmä edellyttää progressiivista kysymyksen ”Miksi?” kysymistä vähintään viisi kertaa. Konsepti perustuu siihen, että tämän jälkeen voidaan olla 95 % varma siitä, että juurisyy on todella löytynyt. Poka-yoke on prosessin vaiheiden uudelleen suunnittelu niin, että virheiden tekeminen ei ole mahdollista. Poka-yoke on siis jotain tuotteessa tai prosessissa, joka fyysisesti estää virheiden teon. (Koenigsaecker 2013, 116–117.)

#### **2.4.4 Kanban – imuohjauksen toteuttaminen**

Imuohjauksen perusajatus on tuottaa tuotteita vain silloin kun asiakas kuluttaa niitä. Imuohjausimpulssi, eli merkki aloittaa valmistus, tunnetaan nimellä kanban. Kanban on usein kortin muodossa, mutta se voi olla myös esimerkiksi valo, ääni, sähköposti, laatikko tai tyhjä tila. Paras muoto riippuu kyseessä olevasta sovelluksesta. Kanban määrittelee valmistettavan nimikkeen ja inventaarion täyttämiseksi vaadittavan määrän sekä toimituskohteen. (Sayer & Williams 2012, 33, 232, 371.) Nimikkeiden varastossa olevien erien lukumäärä riippuu kanbaneiden määrästä. Pitkän aikavälin kehitystavoitteena onkin pyrkiä pienentämään kanbaneiden lukumäärää, jolloin varastot ja keskeneräisen tuotannon määrä pienenevät. (Kouri 2010, 22.)

Edellä kuvatut työkalut kattavat opinnäytetyöni rajauksen kannalta keskeisimmät Lean työkalut, mutta ei suinkaan kaikkia Lean-toimintaan liitettyjä työkaluja. Lean-työkalupakkiin kuuluu lisäksi muun muassa lisää visuaalisia työkaluja, erilaisia tilastollisia laatutyökaluja sekä johdon käyttöön tarkoitettuja strategia- ja hallintotyökaluja. Teollisuus 4.0 tulee käyttämään vähemmän konkreettisia apuvälineitä, kuten fyysisiä kanban-kortteja, teollisen internetin mahdollistaman reaaliaikaisen tiedonjaon ja reagoinnin myötä. Lean-työkalujen ja menetelmien käytöstä ei siis tulisi muodostua itsetarkoitusta, vaan on ymmärrettävä niiden rooli vain keinona vähentää hukkaa ja parantaa virtausta, eli saavuttaa perimmäinen tavoite.

### 3 TYÖNMITTAUS

Työnmittaus tarkoittaa työhön kuluvan ajan selvittämistä tiettyä menetelmää käyttäen. Käytetty menetelmä tulee kuvata riittävällä tarkkuudella, sillä työmenetelmällä on merkittävä vaikutus työhön tarvittavaan aikaan. Tärkeimpiä tuotantoon liittyviä selvitettäviä aikoja ovat toimitusaika, läpimenoaika ja työvaiheaika. Toimitusaika on aika tilaushetkestä valmiin tuotteen vastaanottamiseen, mikä on usein ainut asiakasta kiinnostava aika. Läpimenoaika on aika valmistuksen aloittamisesta siihen, kun valmis tuote on valmis toimitukseen. Työvaiheaika taas on tietyn työvaiheen tekemiseen kuuluva aika. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 6-7.)

Selvitetyille aikatiedoille on useita käyttökohteita. Aikatietoja hyödyntäen voidaan esimerkiksi suunnitella tuotteita, menetelmiä, koneinvestointeja, materiaalikäsittelyä, layout-ratkaisuja, työkaluja, työpiskeitä ja resursseja. Aikatietoja voidaan käyttää myös tavoitteiden asettamiseen, tuotannon virtautukseen, työntekijöiden kuormituksen selvittämiseen, toimitusaikojen vahvistamiseen, tuotteiden hinnoitteluun ja suorituspalkkauksen perustana. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 8-9.) Tässä opinnäytetyössä työnmittaus suoritettiin nykytilakuvauksen muodostamiseen Lean-projektia ajatellen sekä työvaiheajkojen tuottamiseen myynnin tueksi.

#### 3.1 Aikalajit

Käyttökohteesta riippuen työaikaa saatetaan analysoida erillisinä kokonaisuuksina jakamalla työjakso erilaisiin aikalajeihin, jolloin mittaustuloksia on helpompi käsitellä ja hyödyntää, ja ajankäyttö voidaan esimerkiksi jakaa jalostavaan ja ei jalostavaan aikaan. Tavanomaisesti työjakso jaetaan tekemisaikaan, apuaikaan ja häiriöaikaan. Tekemisaikaan kuuluvat vaiheet edistävät välittömästi tuotteen tai palvelun valmistumista ja ne voidaan suoraan kohdistaa tuotteelle tai valmistuserälle. Tekemisaika voidaan jakaa edelleen valmistelu aikaan ja vaihe aikaan. Valmistelu aikaan kuuluvat sellaiset vaiheet, jotka suoritetaan vain kerran työtehtävää kohden, esimerkiksi asetusten teko työtehtävän alussa. Vaihe aikaan taas kuuluvat valmistettavasta tuotemäärästä riippuvaiset työnosat. Tällaisia ovat esimerkiksi kappaleen valmistamiseen vaadittavat työvaiheet, kappaleen käsittelyt ja tarkastukset. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 11.)



Apuaikaan kuuluvat sellaiset työtehtävät, jotka eivät välittömästi edistä työn valmistumista, mutta jotka on suoritettava jotta työn varsinainen suorittaminen voi jatkua. Apuaikaan kuuluvia vaiheita ei pystytä suoraan kohdistamaan millekään tuotteelle tai valmistuserälle. Apuaikaa on esimerkiksi työpaikan kunnostaminen ja siivoaminen, koneen huolto, tuntikortin käyttäminen, suunnitellut tauot ja mahdollinen erityisen kuormittavan työn vaatima muu elpymisaika. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 11–12.)

Häiriöaikaa ovat esimerkiksi odottamattomat keskeytykset, konerikot, aputyöt ja työkalujen etsiminen. Myös turha työ, kuten laatuvirheiden korjaaminen, on häiriöaikaa. Työntutkimusta suoritettaessa häiriöaikojen syy ja kesto on kirjattava ylös, jotta häiriöitä voidaan tulevaisuudessa vähentää ja poistaa. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 12.)

### **3.2 Tulosten normalisointi**

Työnmittauksen tuloksena saadun työtehtävän suorittamiseen tai tuotteen läpimenoon kuluvan ajan on oltava sama työntekijästä tai työolojen tilapäisistä vaihteluista huolimatta. Koska henkilöillä on kuitenkin eri työvauhti ja työmenetelmä saattaa vaihdella eri suorituskerroilla. työnmittauksen tulos on normalisoitava, jolloin saadaan se aika, joka keskinkertaisen ammattitaidon omaavalla harjaantuneella henkilöllä kuluu tietyn tehtävän suorittamiseen normaaleissa olosuhteissa määritetyllä työmenetelmällä. Tätä kutsutaan normi- tai normaaliajaksi. Normalisoinnissa huomioidaan kaikki mahdollisesti hajontaa aiheuttavat tekijät, kuten työmenetelmä, työntekijän taito, olosuhteet ja joutuisuus. Normalisoinnissa käytetään joutuisuuskerrointa, jonka avulla mitattu aika muutetaan vastaamaan normaalijoutuisuutta. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 21, 24.)

### **3.3 Työnmittaustekniikat**

Työnmittauksessa käytettävä tapa riippuu aina käyttökohteesta. Mahdollisia käytettäviä tekniikoita ovat havainnointitutkimus, normaaliaikatutkimus, ajankäyttötutkimus, liikeaikatutkimus ja aikalaskelmat sekä näiden perusteella tehtävät standardiaikajärjestelmät. Aikatiedot voidaan määrittää myös esimerkiksi toiminnanohjausjärjestelmästä saatavan tiedon perusteella, jos se tarjoaa riittävän tarkkuustason käyttötarkoitusta varten. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 24.)

Havainnointitutkimus tarkoittaa tapahtumien ja aikalajien suhteellisen esiintymisen havainnointia. Käytännössä tutkimus tapahtuu niin, että tutkija havainnoi työtä määräväleihin ja kirjaa havainnointihetkellä käynnissä olevan tapahtuman. Tutkija voi seurata samanaikaisesti useampaa kuin yhtä työvaihetta tai työpistettä. Havainnointitutkimuksen avulla voidaan selvittää muun muassa työaika, kokonaisajankäyttöä, työturvallisuutta, ergonomiaa, ihmisen ja koneen vuorovaikutusta sekä työryhmien työskentelyä. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 24.)

Normaaliaikatutkimus ja ajankäyttötutkimus kuuluvat molemmat kelloikatutkimuksiin. Normaaliaikatutkimus tarkoittaa työhön tarvittavan normi- eli normaaliajan määrittämistä. Normaaliaikatutkimus toteutetaan jakamalla tutkittava työ työneriin, joihin kuluvat ajat mitataan ja joille määritellään joutuisuuskerroimet aikojen normalisointia varten. Aikahavaintojen määrä riippuu työn luonteesta, työtyypistä, halutusta tarkkuudesta ja aikojen hajonnasta. Ajankäyttötutkimus taas tarkoittaa tietyn työn tai työntekijän toimintojen jatkuvaa seuraamista ja kirjaamista pidemmän ajan kuluessa. Kirjatut tapahtumat erotellaan eri aikalajien perusteella käyttötarkoituksen vaatimalla tarkkuudella. Jos ajankäyttötutkimusta käytetään myös normiaikoihin, on työlle määriteltävä joutuisuuskerroin. Ajankäyttötutkimus soveltuu erityisesti sellaisten töiden tutkimiseen, joissa työn osien järjestys ei ole ennalta tiedossa, tai työ on harvemmin tehtävä ja pitkäkestoinen. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 24–25.)

Liikeikatutkimuksessa työtä analysoidaan hyvin yksityiskohtaisesti erittelemällä työ niin pieniin osiin, että niihin kuluva aika on vakio. Mittausmenetelmän käyttö edellyttää hyvin koulutettua henkilöstöä, ja sitä käytetään lähinnä työmenetelmien kehittämiseen. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 25.)

Aikalaskelmissa työvaiheen aika lasketaan koneen tai prosessin vakioitujen suoritusarvojen mukaan. Standardiaikajärjestelmä on työnosien kokoelma, johon kuuluvien työnosien sisältö, menetelmä ja aika on määritelty. Sen avulla työhön kuluva aika voidaan määrittää laskennallisesti kun työnkuvaus on määritelty. Standardiaikajärjestelmät ovat siis hyvin käyttökelpoisia esimerkiksi määrittäessä työhön tarvittavaa aikaa tarjouslaskennan tarpeisiin. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 25.)

Tässä opinnäytetyössä työnmittausmenetelmäksi valikoitui normaaliaikatutkimus. Jotta saataisiin aikaan myös myynnin tarpeisiin riittävän tarkka standardiaikajärjestelmä, työvaiheissa tehtävä työ ositeltiin pieniin osavaiheisiin, mikä käytännössä tarkoitti jokaisen mahdollisen komponentin asentamiseen kuluvan ajan kellottamista erikseen.

## 4 TYÖNMITTAUKSEN TOTEUTUS JA DATAN KÄSITTELY

Lean-tuotannon neljäksi keskeiseksi strategiaksi voidaan siis määritellä:

1. Tuotantokapasiteetin sovittaminen asiakastarpeeseen
2. Tuotannon tasapainotus
3. Virtauksen luominen
4. Imuohjauksen luominen

Tuotannon tasapainotuksen avaintyökaluna toimii työnmittaus, joka paljastaa työvaiheiden vaiheaikojen välisen epätasapainon ja prosessin pullonkaulan kun vaiheajat esitetään visuaalisesti palkkikaavioiden avulla (Wilson 2015, 218). Tähän opinnäytetyöhön liittyvä työnmittaus toteutettiin 14.1.2016–3.3.2016 välisenä aikana, mitä edelsi kelloaikatutkimuksen tavoitteiden tarkennus ja suunnitelmien teko. Kellotutkimus päätettiin toteuttaa kellottamalla vain harjaantuneita työntekijöitä, joiden työnjohdosta näki työskentelevän vakiojoutuisuudella ja jolloin joutuisuuskertoimen määrittely nähtiin tarpeettomana. Työnmittausmenetelmänä käytettiin normaaliaikatutkimusta, jonka avulla pyrittiin määrittelemään työhön tarvittava normaaliaika.

### 4.1 Kellotustapahtuma

Vaiheaikoja lähdettiin tavoittelemaan noin 25 kappaletta, ja jokaisesta ovituotantoon kuuluvasta vaiheesta kertyikin 26–43 vaiheaikaa. Riittävän suurella otannalla tavoiteltiin mahdollisuutta erottaa tuotevariaatiosta riippumattomiin perusvaiheisiin kuluvan ajan, ovityypille ominaisiin varusteisiin kuluvan ajan, lisävarusteiden asentamiseen kuluvan ajan ja häiriöihin kuluvat ajat toisistaan. Mittaustulosten hyödyntämisen helpottamiseksi työjakso jaettiin valmisteluaikaan, vaiheaikaan, apuaikaan ja häiriöaikaan. Aikalajien avulla ajankäyttö voidaan jakaa esimerkiksi jalostavaan ja ei jalostavaan aikaan, mikä tukee Lean-projektia paljastamalla tuotannon hukkia.

Kelloaikatutkimuksen toteuttaminen oli itsenäistä työtä, joskin tuotannon työntekijät ohjasivat kellotusta perehdyttämällä ovien valmistukseen kuuluviin vaiheisiin. Työvälineinä toimivat sekuntikello, kynä ja paperi, tietokone, sekä jakkara tuotannossa. Tutkimusta toteutettiin tuotannon päivävuorossa klo 7-15.30. Kellotutkimuksen aikana kirjattiin ylös työvaihe sekä kyseessä oleva ovityyppi mahdollisine lisävarusteineen. Kello käynnistettiin työntekijän aloittaessa työskentely ja ennalta määritellyn

jaottelun mukaan kirjattiin ylös kunkin alavaiheen valmistumisaika ja sanallinen selvitys ajanottohetkestä. Myös mahdollisiin häiriötilanteisiin tai muihin vaiheeseen kuulumattomiin tapahtumiin kulu- neet ajat kelloitettiin. Tutkimusta toteutettiin jokaisessa oven valmistukseen kuuluvassa työvaiheessa vuorotellen. Jo mainittujen tietojen lisäksi muistiinpanoista löytyy myös yksinkertainen visuaalinen luonnos valmiista ovesta ja tunnistetieto, jotta myöhemmin käsitellyt tiedot pystytään jäljittämään al- kuperäisiin muistiinpanoihin. Samalle paperilehdelle kirjatulla kellotustapahtumilla on tunnistetiedos- sa sama numero. Samalle lehdelle kirjatut kellotustapahtumat on erotettu toisistaan kirjaintiedolla.

Muistiinpanojen avulla kellotuksen tulokset siirrettiin Excel-ohjelmaan, jossa jatkuvasta ajasta on las- kettu osavaiheisiin kulunut aika ja työhön kulunut aika on jaettu aikalajeihin. Jokainen kellotus on ryhmitelty omaksi ryhmäkseen ja kaikki kellotukset taulukoitu, jolloin kellotustuloksia voidaan hakea esimerkiksi ovityypin mukaan tai lajitella suuruusjärjestykseen sekä yksityiskohtia tarvittaessa piilot- taa tai ottaa esille. Jokaisen työvaiheen kellotustapahtumat on taulukoitu omalle välilehdelle. Kello- tustapahtuman kirjauspohja löytyy kuvasta 1. Häiriöajalle määriteltiin etukäteen syykoodit, joista valit- tiin kyseistä häiriötä selittävä. Ennalta määritellyt syykoodit olivat:

1. Suunnittelu
2. Hankinta
3. Keräily
4. Materiaalipuute
5. Edellinen työvaihe
6. Muu syy
7. Työntekijä

Syykoodin 1 saivat häiriöajat, jotka johtuivat suunnittelussa tehtyjen kuvien virheistä tai epäselvyyk- sistä. Hankinnan syyksi luokiteltiin tilausten tai keräilylistan puutteista johtuvat häiriöajat kun taas keräilyn syyksi keräämättä jääneet keräilylistalla olleet komponentit ja niiden haku. Materiaalinpuut- teesta johtuva häiriöaika tarkoittaa tuotannon keskeytymistä materiaalin toimittajasta johtuvista syistä. Syykoodi 5 käsittää kaiken edellisestä työvaiheesta johtuvan ylimääräisen työn tai odottamisen. ”Muu syy” sisältää standardisoitujen työmenetelmien puuttumisesta seuraavaa ihmettelyä ja kyselyä, sekä tavaroiden etsintää. Työntekijästä aiheutuvaan häiriöaikaan luettiin oman virheen korjaus ja ylimääräi- set tauot.

	Opityyppi	Varustelu	Toiminto	Kerros	Kpl	Ajanottokehi	Kokonaisaika [min]	Aika [min]	Valmistusaika [min]	Valkaika [min]	Apu-aika [min]	Häiriöaika [min]	Häiriöajan syy
966							0,00						
969			1										
970			2										
971			3										
972			4										
973			5										
974			6										
975			7										
976			8										
977			9										
978			10										
979			11										
980			12										
981			13										
982			14										
983													
984	1-lehtinen ulko-ovi 74	sähköluukko, väliavaus, suljin, sarana x3						0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

KUVA 1. Kellotustapahtuman näkymä Excel-ohjelmassa

Sarakkeesta ”Kokonaisaika [min]” löytyy työnmittauksen aikana juokseva jatkuva aika, ja viereisestä sarakkeesta ”Aika [min]” työvaiheeseen kulunut aika joka on saatu vähentämällä toiminnon lopetusaikasta edellisen toiminnon lopetusaika. ”Aika [min]”-sarakkeen arvo on kopioitu toiminnon aikalajin mukaiseen sarakkeeseen, jolloin viimeiselle riville on saatu laskettua kyseisen oven valmistukseen kulunut aika paitsi kokonaisuudessaan mutta myös aikalajeittain. Jokainen kellotustapahtuma on kirjattu yllä esitettyillä tavoilla työvaiheen mukaiselle välilehdelle. Ryhmittelyt supistamalla kuvan vasemmassa yläkulmassa näkyvää painiketta ”1” klikkaamalla saadaan näkyviin kellotustapahtumista yhteenvedona vain summarivi, jossa näkyy myös valmistettu ovityyppi ja siihen asennetut lisävarusteet.

Kellotustapahtumia voidaan hakea ovityypin mukaan klikkaamalla sarakkeen otsikon viereistä nuolta ja määrittelemällä hakuehdot. Haku voidaan tehdä myös oven varustelun mukaan samalla periaatteella, tai kellotustapahtumat voidaan lajitella aikalajien mukaan suuruusjärjestykseen.

Koska osa toiminnoista suoritettiin työvaiheen sisällä useammassa vaiheessa, kellotustapahtuman vierele luotiin taulukko, johon kerättiin kyseisen kellotustapahtuman kokonaisajat kullekin tapahtumalle. Eri ovityyppien valmistuksen ajallisten eroavaisuuksien ja niiden syiden selvittämiseksi näistä kokonaisajoista laskettiin keskiarvoja, keskihajontoja sekä minimi- ja maksimiarvoja ovityypeittäin, jotka on esitetty Excel tiedoston välilehdellä ”Keskiarvot”. Taulukon ryhmittelyä avaamalla päästään tutkimaan tarkemmin kunkin ovityypin valmistamiseen tarvittavia toimintoja kussakin työvaiheessa. Kuvassa 2 on pohja ”Keskiarvot”-välilehdellä tehdyille kirjauksille. Kuvassa 1-lehtisen sisäoven näkymä on laajennettu, jolloin näkyvissä ovat toiminnot keskiarvot, keskihajonta sekä minimi- ja maksimiarvo ja näiden välinen prosentuaalinen ero. Muiden ovityyppien näkymät ovat supistettuina, jolloin nähdään vain toimintojen keskiarvo.

	A	B	C	D	E	F	G	H	M	R	W
1		<b>Työvaiheen nimi</b>									
2		<b>1-lehtinen</b>	<b>1-lehtinen sisäovi 2050</b>					<b>1-lehtinen ulko-ovi 74</b>	<b>1-lehtinen ulko-ovi 86</b>	<b>1-lehtinen palo-ovi</b>	<b>1-lehtinen palo-ovi</b>
3			<b>Keskiarvo</b>	<b>Keskihajonta</b>	<b>MIN</b>	<b>MAKS</b>	<b>%</b>	<b>Keskiarvo</b>	<b>Keskiarvo</b>	<b>Keskiarvo</b>	<b>Keskiarvo</b>
4		Toiminto 1									
5		Toiminto 2									
6		Toiminto 3									
7		Toiminto 4									
8		Toiminto 5									
9		Toiminto 6									
10		Toiminto 7									
11		Toiminto 8									
12		Toiminto 9									
13		Toiminto 10									
14		Toiminto 11									
15		Toiminto 12									
16		Toiminto 13									
17		Toiminto 14									
18		Toiminto 15									
19		Toiminto 16									
20		Toiminto 17									
21		Toiminto 18									
22		Toiminto 19									
23		Toiminto 20									
24		Toiminto 21									
25		Toiminto 22									
26		Toiminto 23									
27		Toiminto 24									

KUVA 2. Kirjauspohja keskiarvoille

Eri ovityyppien ajallisten eroavaisuuksien analysoimiseksi määriteltiin ”perusovi” määrättyllä varustelulla. Yksilehtisen perusoven varusteluun sisällytettiin 1 väliavaaka, 1 potkupelti, 1 lasitettu aukko, 2 saranaa, mekaaninen lukko, suljin ja vedin. Vastaava ovi kaksilehtisenä tarkoitti varustelun osalta sitä, että ovi sisälsi 2 väliavaakaa, 2 potkupeltiä, 2 lasitettua aukkoa, 4 saranaa, mekaanisen lukon, suljimen ja vetimen. Jokaiselle ovityypille laskettiin keskiarvoja sekä minimi- ja maksimiarvoja hyödyntäen sekä yksi- että kaksilehtisen perusoven tekemisaika, eli valmistelu- ja vaihe aika. Näitä aikoja verrattiin tämän hetkiseen myyntiaikaan. Jos tekemisaika on myyntiaikaa hyvin paljon pienempi, tuotannosta löytyy merkittävästi eron aiheuttavia hukkia, jotka poistamalla virtausta voidaan tehostaa. Erittely tekemisajoista löytyy ovityyppikohtaisesti Excel-tiedostosta oven mukaan nimetyltä välilehdeltä.

Perusoven vaiheajoja havainnollistettiin Excel-tiedostossa palkkikaavion avulla. Työvaiheiden läpimenoajan vaihteluväliä on havainnollistettu merkkiaamalla keskiarvoja kuvastaville palkkikaavioille virhemarginaaleilla työnmittauksen aikana toteutunut vaihteluväli.

## 4.2 Häiriöaika

Työntutkimuksen aikana esiintyneet häiriöajaksi luokitellut toiminnot kerättiin työvaiheittain ja koottiin kunkin syykoodin taakse luokiteltujen häiriöaikojen kesto. Näiden lisäksi luotiin yhteenvetotaulukko kaikista neljästä työvaiheesta tuotannon merkittävimpien häiriöiden lähteiden tunnistamiseksi. Taulukossa 1 on häiriöajaksi luokiteltujen toimintojen keräämispohja. Kunkin häiriön kesto ja syykoodi on merkitty, joiden perusteella luotiin taulukossa 2 esitetty saman työvaiheen yhteenvetotaulukko.

TAULUKKO 1. Työvaiheen häiriöaikojen keräyspohja

Työvaihe		
Selitys	Kesto [min]	Syykoodi
Häiriö 1		6 Muu syy
Häiriö 2		5 Edellinen työvaihe
Häiriö 3		5 Edellinen työvaihe
Häiriö 4		6 Muu syy
Häiriö 5		6 Muu syy
Häiriö 6		5 Edellinen työvaihe
Häiriö 7		5 Edellinen työvaihe
Häiriö 8		2 Hankinta
Häiriö 9		5 Edellinen työvaihe
Häiriö 10		5 Edellinen työvaihe
Häiriö 11		5 Edellinen työvaihe
Häiriö 12		5 Edellinen työvaihe
Häiriö 13		6 Muu syy
Häiriö 14		6 Muu syy
Häiriö 15		6 Muu syy
Häiriö 16		6 Muu syy
Häiriö 17		5 Edellinen työvaihe
Häiriö 18		7 Työntekijä
Häiriö 19		1 Suunnittelu

TAULUKKO 2. Yhteenvetotaulukko työvaiheen häiriöajoista

Työvaihe	Aika	% kokonaisajasta
1 Suunnittelu		0,0 %
2 Hankinta		0,0 %
3 Keräily		0,0 %
4 Materiaalipuute		0,0 %
5 Edellinen työvaihe		0,0 %
6 Muu syy		0,0 %
7 Työntekijä		0,0 %
<b>Häiriöaika yhteensä</b>	<b>0,00</b>	<b>0,0 %</b>

Työvaihekohtaista häiriöaikaa kuvaavissa Excel-taulukoissa sarakkeessa nimeltä ”% kokonaisajasta” on kyseisen häiriötyypin osuus koko työvaiheessa kelloitetusta ajasta ja koko tuotannon häiriöaikaa kuvaavassa taulukossa koko tuotannossa kelloitetusta ajasta.

### 4.3 Keskeneräinen tuotanto

Työntutkimuksen aikana havainnoitiin myös työvaiheiden välisissä välivarastoissa olevan keskeneräisen tuotannon määrää. Määrää seurattiin yhtenätoista satunnaisena päivänä. Kuvassa 3 on esitetty keskeneräisen tuotannon määrän havainnointipohja, johon kerättiin keskeneräisen tuotannon määrä, sekä laskettiin välivaraston keskimääräinen ovien määrä ja sen perusteella tavaran seisomisaika päivinä kuvassa näkyvän Littlen lain avulla.

<i>KET määrä</i>	<i>välivarasto1</i>	<i>välivarasto2</i>	<i>välivarasto3</i>
14.1.			
15.1.			
18.1.			
19.1.			
20.1.			
21.1.			
25.1.			
26.1.			
27.1.			
10.2.			
25.2.			
<b>ka</b>			
<b>ket päivinä</b>	$\frac{\text{ket lukumäärä}}{\text{pv toimitettava määrä}} \text{ (Littlen laki)}$		

KUVA 3. Keskeneräisen tuotannon havainnointipohja



## 5 KOHDEYRITYKSEN OVITUOTANNON NYKYTILA

Työntutkimuksen tulosten perusteella pystyttiin koostaa kohdeyrityksen ovituotannon nykytilan kuvaus, joka esitellään tässä luvussa pääpiirteittäin. Myös ovisolussa valmistettavia opinnäytetyön rajaukseen kuuluvia ovituotteita on kuvattu lyhyesti.

### 5.1 Ovituoitteet

Kohdeyrityksen ovituotteisiin kuuluvat 50 mm paksusta sisäovijärjestelmästä valmistettavat sisäövet, 74 -ovijärjestelmästä ja eristävämmästä 86 -ovijärjestelmästä valmistettavat ulko-övet, sekä palo-övet. Tuotannossa ovituotteiden valmistus eroaa erityisesti niiden vaatimien eristeiden suhteen. Palonsuojaominaisuuden takia palo-ovien varustelu eroaa tavallisesta ulko- tai sisäovesta merkittävästi, mikä näkyy myös ajallisesti.

Oli kyseessä sisä-, ulko- tai palo-ovi, ovi voi olla joko yksi- tai kaksilehtinen. Yksilehtinen ovi koostuu vain käyntiovesta, kun taas kaksilehtinen ovi, eli pariovi, koostuu käyntiovesta ja penikkaovesta. Penikkaovi on usein käyntiovea kapeampi, mutta se voi olla myös käyntioven kokoinen tai sitä suurempi.

Käyntioven ovilehti, oven puite, eli oven aukeava osa koostuu yksinkertaisimmillaan kahdesta pysty- ja vaakaprofiilista, kahdesta saranasta sekä vetimestä tai painikkeesta. Penikkaoven ovilehti on yksinkertaisimmillaan pysty- ja vaakaprofiileista, kahdesta saranasta ja pitkäsälvasta koostuva. Pitkäsälvä salpaa penikkaoven alhaalta ja ylhäältä kun salpa käännetään alas. Ulko-oviin kuuluu kuitenkin käytännössä aina myös lukko. Lisäksi voidaan asentaa turvalukko, joka voi tavallisen lukon tavoin olla joko manuaalinen tai sähköllä toimiva. Muita mahdollisia varusteita ovat muun muassa koristetangot, tuuletusrilä, oven sulkeutuessa laskeutuva kynnyks, oven sulkeva suljin tai ovikosketin eli magneetti, joka ilmoittaa kun ovi on auki. Ovi voi olla kokonaan lasinen, umpiovi tai näiden yhdistelmä. Välivaakojen avulla lasi voidaan jakaa vieläkin pienempiin osiin. Ovilehti kiinnittyy saranoilla oven karmiin, joka koostuu kahdesta pysty- ja vaakaprofiilista. Karmi voi olla myös sivu- ja/tai yläpielellinen.

## 5.2 Layout

Kohdeyrityksen ovisolun pääpolun materiaalivirta on suora. Pääpolusta poikkeavaa materiaalivirtaa luovat saranoihin ja umpiosiin liittyvät valmistelutyöt. Työvaiheiden työsisällöt esitettiin vuokaavion muodossa Excel-tiedostossa. Vuokaavio on prosessin kehittämisen väline, jossa käytetään erilaisia muotoja kuvaamaan prosessin työvaiheita (Fliedner 2011, 92).

Työntekijöiden tyypillistä liikkumista havainnollistettiin spagettikaavion avulla. Spagettikaavio muodostettiin piirtämällä työntekijöiden kulkemia reittejä nykyisestä layoutista tehdylle luonnokselle. Eri työvaiheessa työskentelevien työntekijöiden reitit merkattiin kuvioon eri väreillä, mikä havainnollisti hyvin eri työvaiheissa työn suorittamiseksi vaadittua liikkumista. Spagettikaavio on apuna paitsi layoutin toimivuuden arvioinnissa, mutta myös 5S-kehityskohteiden tunnistamisessa.

## 5.3 Tuotannon hukat

### 5.3.1 Laatuvirheet

Vakiintuneiden työtapojen puuttuminen näkyi työnmittauksen aikana esiin tulleissa häiriöajoissa työntekijöiden unohdusten ja virheiden muodossa sekä työmenetelmien pohtimisessa ja kyselyssä. Edellisestä työvaiheesta aiheutuvat häiriöajat liittyivät tyypillisesti edellisen työvaiheen työntekijän unohdukseen tai virheeseen esimerkiksi oven varusteiden paikoituksessa, jotka täytyi tällöin korjata myöhemmässä työvaiheessa. Jos työntekijä itse huomasi työn lomassa tekemänsä virheen tai unohduksen, häiriöaika sai syykoodin ”Työntekijä”. Tällöin virhe tai unohdus korjattiin heti huomattaessa. Työntekijästä johtuviin syihin kuuluvat myös ylimääräiset tauot.

Niin keräyslistojen virheistä kuin myös itse kerääjistä johtuvista syistä etukäteen kerättynä ei aina ole oikea komponentti, jolloin työvaiheen työntekijä joutuu itse hakemaan varastosta tarvitsemansa komponentin. Tämä lisää turhaa liikettä sekä aiheuttaa tuotannon keskeytyksen työntekijän joutuessa poistumaan työpisteeltään.

Työmaalle keräilyssä osa tavaroista on kerättävä itse, mikä tarkoittaa käytännössä jo kerättyjen tavaroiden tarkistusta ja keräämättömien hakua. Jo kerran kerättyjen tavaroiden tarkistus on turhaa arvoa tuottamatonta työtä, mikä taas puolestaan lisää liikettä tuotannossa.

### 5.3.2 Odottelu ja viivästyks

Koska työmenetelmiä ei ole standardisoitu, työmenetelmissä ja työvaiheiden suoritusjärjestyksessä on eroavaisuuksia paitsi työntekijöiden, mutta myös saman työntekijän eri suorituskertojen välillä. Tämä aiheuttaa seuraavan luonnollisen toiminnon ja menetelmän pohtimista, eikä työ ole sujuvaa.

Viivästyksiä aiheuttivat myös suunnittelusta johtuva häiriöaika. Häiriöaikaa aiheuttivat epäselvyydet ja ristiriidat kuvissa sekä erilaiset mitoituskäytännöt. Kuviin liittyvät mahdolliset epäselvyydet tulevat esiin varustelussa, ja asian selvittely tukkeuttaa entisestään tätä tuotannon pullonkaulakohtaa. Tuotanto kärsii myös suunnittelun myöhäisestä valmistumisesta materiaalipuutteen muodossa, sillä hankinnalla on vaikeuksia hankkia kaikkia komponentteja valmiiksi ennen kuin projekti on jo tuotannossa.

### 5.3.3 Tarpeeton liike työskentelyssä

Syykoodi ”Muu syy” sisältää paitsi aiemmin mainitun työmenetelmien pohdinnan ja neuvon kysymisen tai antamisen lisäksi työvälineiden ja komponenttien etsintää tai muista työpisteistä hakua. Yrityksessä on sovellettu 5S-menetelmää ja työvälineille on merkitty omat paikkansa. Osa välineistä on kuitenkin yhteisessä käytössä tai vaihtelee muuten paikkaansa, jolloin aikaa kuluu tavaroiden etsintään ja hakuun. Uusien ovijärjestelmien myötä varusteiden määrä on kasvanut, ja osa varusteista on liikuteltavissa kärryissä, sillä ne eivät ole mahtuneet työpisteelle. Myös komponenttien vakeille asettelussa saatiin poiketa sovitusta käytännöstä, jolloin oikeaa profiilia tai listaa joudutaan etsimään vakilta mitan perusteella.

### 5.3.4 Tarpeettomat varastot

Keskeneräisen tuotannon välivarastot työpisteiden välissä aiheuttavat pidempiä läpimenoaikoja. Keskeneräisen tuotannon suuri määrä kertoo tuotannon epätasapainosta, joten tuotannon virtauttamiseksi välivarastoista on päästävä eroon.

### **5.3.5 Tarpeeton kuljettaminen**

Keskeneräisen tuotannon kerääntyessä liikuteltavien vakkien määrä kasvaa ahtauttaen työpisteitä ja aiheuttaen ylimääräistä kuljettamista. Keskeneräisen tuotannon kuljettelu on myös kasattujen saranoiden ja umpiosan peltien kuljettelu.

### **5.4 Vaiheajkojen vaihtelu**

Työntutkimuksen perusteella palo-ovien vaiheaika eroaa muista ovityypeistä merkittävästi varustelun aiheuttaman työn suhteen, kun taas kasaukseen kuluva ajassa ovityyppien aiheuttama vaihtelu on pienempää.

Varusteluun kuluvan ajan vaihteluväli on suurin ja johtuu nimenomaan eri ovijärjestelmien erilaisesta varustelusta, mutta myös pielelliset karmit nostavat vaihtelua. Syynä on pielten aiheuttama mittaustarve pielen välivaakojen paikoituksessa. Pinta-asennettujen potkupeltien teko aiheuttaa suurta vaihtelua muuten melko tasaisena toistuvaan työvaiheeseen kasauksessa, ja on nostanut myös vaiheen läpimenoajan keskiarvon huomattavan korkealle. Kasauksen loppuvaiheen suuren vaihteluvälin selittää pielellisten ovien vaatima aika verrattuna yksinkertaisiin yksilehtisiin oviin. Jokaisessa vaiheessa vaihtelua lisäävät myös aiemmin mainitut tuotannon hukat.

## 6 KEHITYSIDEAT

Tässä luvussa on esitetty tuotannossa tehtyihin huomioihin perustuvia kehitysideoita tuotannon virtauksen parantamiseksi ja layout-ehdotuksen pääperiaatteita tuotannon tasapainottamiseksi.

### 6.1 Työn vakiinnuttaminen

Kehitystyön jatkamiseksi on määriteltävä standardi toimintatapa, jolloin työvaihe on toistettavissa ja mitattavissa ja lopputulokseen vaikuttavien tekijöiden määrittely on mahdollista. Vakiinnuttamista varten on laadittava työn vaiheet sekä niissä käytettävät materiaalit ja työkalut sisältävät työohjeet. Työtapojen vakiinnuttaminen tulee poistamaan unohduksista johtuvia virheitä ja työmenetelmiin liittyvään pohdintaan ja kyselyyn kuluvaan aikaa. Eri työvaiheisiin tai tietyn varusteen asentamiseen käytettyjen materiaalien määrittely poistaa keräilyssä tapahtuvat määrälliset virheet ja turhan tarkastuksen.

Solussa työskentelevillä työntekijöillä on usein ajankohtaisin tieto prosessin tilasta, ja sen pohjalta muodostettu standardi toimintatapa on työntekijöille tällöin myös helpoiten omaksuttavissa. Toimintatavan kehittäminen yhdessä työntekijöiden kanssa on tärkeää myös silloin, kun standardeja on mukautettava uuteen tilanteeseen. Mahdolliset muutokset prosessissa näkyvät ensimmäisenä solun työntekijöille, ja he voivat mukauttaa standardeja vastaamaan uutta tilannetta heti tarpeen huomattessaan. (Nicholas 2011, 312.) Parhaiden työtapojen määrittelyn toteutus tulee siis tehdä yhteistyössä työvaiheessa työskentelevien ihmisten kanssa, ja työohjeet esittää sellaisessa muodossa, että työntekijät kokevut niiden olevan helposti saatavilla. Standardisoitujen työohjeiden esittäminen työpisteellä helpottaa niiden omaksumista ja mahdollistaa tehdyn työn vertailua luotuihin standardeihin, mikä estää vanhoihin tapoihin palaamista (Nicholas 2011, 312–313). Luotuja työohjeita tullaan päivittämään jatkuvasti kaizenin periaatteiden mukaisesti.

### 6.2 Laadunvarmistus

Työvaiheiden laadunvalvonta tulee paranemaan työmenetelmien vakiinnuttamisen myötä, kun työvaiheessa tehtävät vaiheet ovat paremmin selvillä. Virheellisten tuotteiden eteneminen estetään jidoka-periaatteen mukaisesti; työntekijöiden vastuulla on pitää huolta siitä, ettei virheellinen tuote pääse etenemään tuotannossa (Wilson 2015, 47). Virhe- ja häiriötietoa on alettava kerätä systemaattisesti ja

analysoida ja ratkaista sen juurisyy käyttämällä esimerkiksi 5 kertaa miksi –menetelmää, eli progressiivista ”Miksi?” –kysymyksen esittämistä kunnes juurisyy on selvinnyt. Virhetiedon reaaliaikaisen keräyksen mahdollistaisivat esimerkiksi syykoodilla varustetut painonapit työpisteillä (Jokinen 2016).

### 6.3 Mittari- ja häiriötiedon keräys

Häiriötiedon keräys yhdistetään virtaukseen keräämällä samalla mittaritietoa prosessin tehokkuudesta. Mittaritietoa on kerättävä usein, esimerkiksi kahden tunnin välein tai mahdollisuuksien mukaan jopa reaaliaikaisesti, mikä mahdollistaisi nopean reagoinnin mahdollisiin ongelmiin.

Mittarin on oltava strateginen, mitattava, ymmärrettävä ja relevantti. Strateginen mittari voidaan yhdistää yrityksen strategiaan tavoitteisiin. Mitattava mittari tuottaa tarkkaa ja täydellistä tietoa, ja sen kriteerit on määritelty selkeästi. Mittarin ymmärrettävyys viittaa siihen, että se paljastaa trendin syy-seuraussuhteet selkeästi, eli mitatun arvon muuttuessa pystytään näkemään myös syy muutokselle. Relevantti mittari mittaa yrityksen toimintaan todella vaikuttavia asioita, ja ohjaa näin toimintaa. Edellisten lisäksi mittarin on myös kuvattava prosessin nykyistä tilaa, jolloin se mahdollistaa viiveettömän reagoinnin. (Nightingale & Srinivasan 2011, 102.)

Työntekijöiden määrän ollessa vuorossa vakio, voisi kohdeyrityksen mittari olla esimerkiksi ovia/h, joka kertoisi virtauksen tehokkuudesta. Kun tämä yhdistetään häiriöiden keräykseen, saadaan esiin myös syy-seuraussuhteet.

### 6.4 Työnkierto

Virtauksen parantaminen ja välivarastojen poistaminen edellyttää työnkierron standardisointia niin, että työvuoron aikana paikalla on tietty määrä työntekijöitä koko vuoron ajan (Jokinen 2015). Monitaisen henkilöstön mahdollistamalla resurssien liikuttelulla varmistetaan paitsi tuotannon sujuvuus, mutta myös se, ettei työntekijä joudu odottamaan toimeentuloa. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kun työntekijällä ei ole tekemistä omalla työpisteellään, häntä voidaan käyttää hyödyksi muissa tehtävissä. Henkilöstön kierrätys työpisteiden välillä säännöllisin väliajoin poistaisi työntekijöiden joutuisuudesta johtuvat mahdolliset epätasapainot työvaiheiden välillä ja lisäisi vaihtelua työntekijän työpäivään.

Työnkierto olisi mietittävä niin, että mahdollisimman monella solun työpisteellä olisi asiakastarpeen tyydyttämiseksi tarvittavan läpimenoajan verran töitä, ja lopuilla työpisteillä tehdään näihin ajallisesti mahtumattomat tehtävät. Tämän jälkeen voidaan keskittyä prosessin ja työtehtävien edelleen kehittämiseen, jolloin lopuilta pienemmän vaiheajan omaavissa työpisteissä tehtävä työ voidaan osoittaa muiden työntekijöiden tehtäväksi. Tällöin solua pystytään operoimaan vähemmällä työntekijämäärällä. (Nicholas 2011, 403.)

## 6.5 Materiaalinjakelu

Nykyisessä tilanteessa työntekijät täydentävät työpisteen materiaaleja työn lomassa niiden loputtua, mikä aiheuttaa tuotannon keskeytyksen päälinjalla. Työpisteiden materiaaliatarpeiden hoito ja työmaalle keräily voitaisiinkin osoittaa hoidettavaksi esimerkiksi erilliselle materiaalivastaavalle, jolloin tuotantolinjan vaiheajat eivät veny materiaalinpuutteen vuoksi.

Keräilijän käyttö lisää solun tuottavuutta ja mahdollistaa työntekijän keskittymisen työhön. Jotta oikeita osia pystytään keräämään oikea määrä oikeaan paikkaan, keräily edellyttää työn dokumentointia esimerkiksi työnkuvausten muodossa, josta ilmenee tuotteiden spesifikaatiot ja osaluettelot. (Ruohomäki ym. 2011, 71.)

## 6.6 5S

Uusien ovijärjestelmien myötä 5S:n kaikkien viiden vaiheen uudelleen toteuttaminen on ajankohtaista, jotta jokaisen ovijärjestelmän komponentit ovat helposti saatavilla työpisteissä. Työtapojen standardisointi mahdollistaa työkalujen järjestämisen käyttöjärjestykseen, jolloin niitä ei tarvitse etsiä ja jokainen työvaihe tulee tehtyä. Jokaiselle työpisteelle hankitaan omat työkalut, eikä työvälineitä enää kuljeta etsimässä toisista työvaiheista.

Työmaalle keräily aiheuttaa tällä hetkellä runsaasti ylimääräistä liikettä kerättävien tavaroiden ollessa eri paikoissa. Myös tätä tuotannon työvaihetta varten voisi olla oma työpiste, joka on järjestetty 5S-menetelmän mukaan.

## 6.7 Tuotannon tasapainotus

Kohdeyrityksen ovituotannon virtaamisen merkittävämpänä esteenä on tuotevariaatiosta johtuva vaihtelu, mutta myös tuotannon epätasapaino sekä häiriöajoista johtuva vaihtelu. Ensimmäinen vaihe kohti tuotannon kapasiteetin nostoa on työvaiheiden tasoitus, eli työkuorman jakaminen niin, että jokaisella työpisteellä on ajallisesti suunnilleen yhtä paljon työtä. Myös aiemmin mainittu työntekijöiden kierrättäminen tasoittaa tuotantoa, kun työntekijät voivat työpistettä vaihtamalla auttaa ruuhkaantuvia työvaiheita. Työn kehittämiseksi on suunniteltava muun muassa materiaalin virtaus, työtavat, työkalut, materiaalien syöttö, apulaitteet, tasapainotus, ulottuvuus ja ergonomia (Ruohomäki ym. 2011, 73).

Suurimman ovijärjestelmistä johtuvan vaihtelun aiheuttavat palo-ovet luoden pullonkaulan ovien varusteluun. Mahdollisia tapoja tasata prosessin työvaiheita olisi resursoida työläisiin työvaiheisiin enemmän ihmisiä paikalle tai palo-oven varusteluvaiheen pilkkominen pienempiin työvaiheisiin, mikä rajoittaisi vaihtelua tehden sen hallinnan mahdolliseksi (Jokinen 2015). Palo-oville voisi myös luoda osittain oma tuotantoreittinsä, jolloin niiden valmistus ei estäisi muiden ovityyppien etenemistä tuotannossa. Palo-ovien oma tuotantoreitti kuitenkin vaatisi ovituotannolle enemmän tilaa. Palo-ovien merkittävän volyymin ja tiheän esiintymisen vuoksi oma tuotantoreittikin voisi silti olla perusteltu vaihtoehto (Jokinen 2016). Näiden lisäksi tuotantoa voitaisiin tasoittaa suunnittelemalla projektin valmistusjärjestys niin, että työlään oven jälkeen valmistettaisiin yksinkertainen ovi, jolloin työlään oven viemä aika pystyttäisiin tasata yksinkertaisen oven valmistamisesta ylijäävällä kapasiteetilla. Koska pakkausjärjestys on määrätty, tämä vaatisi kuitenkin todennäköisesti puskurivaraston ennen pakkausta pakkausjärjestyksen säilyttämiseksi.

Vaihtelua esiintyi myös kasauksessa, jossa eri ovijärjestelmien aiheuttama työmäärä ei eroa merkittävästi toisistaan. Siksi on syytä tutkia myös näiden työvaiheiden sisältöä tarkemmin, ja miettiä, pystyisikö työvaiheita tasoittaa siirtämällä osa työvaiheista erikseen. Näin toimimalla tuotantoa ei tarvitsisi mitoittaa pahimman mahdollisen vaihtelun mukaan. Vaihtelu on syy varastojen syntymiseen, joten vaihtelua vähentämällä myös keskeneräisestä tuotannosta johtuvia varastoja voidaan vähentää (Wilson 2015, 175–176).



## 6.8 Layout-ehdotus

Solutuotanto on ryhmäteknologiaan perustuva tapa järjestää tuotanto. Solutuotannon rakennuspaloja ovat työpisteet, työntekijät, koneet ja kuljetustavat näiden välillä. Solutuotannon tavoitteena on joustava tuotanto, joka mahdollistaa tuoteperheen eri tuotteiden valmistamisen tehokkuuden ja massahyödyn kärsimättä. Solut ovat tyypillisesti U- tai C-muotoisia, jolloin prosessi alkaa ja päättyy lähes samassa pisteessä. U- tai C- muodon etuihin kuuluu muun muassa vähentynyt liikkumisen ja kuljettamisen tarve sekä tarvittaessa parempi mahdollisuus kommunikointiin muiden työntekijöiden kanssa. Solun tuotokkyä voidaan säädellä muuttamalla solussa työskentelevien työntekijöiden määrää. (Fliedner 2011, 77–78; Nicholas 2011, 276.)

Kohdeyritykselle luotiin tuotteiden koosta johtuen layout-ehdotus suoralla materiaalivirralla, joka syntyi tavoitteena jakaa linjan työvaiheet mahdollisimmat tasaisesti työpisteiden kesken ja poistaa erityisesti palo-ovien aiheuttama varustelun pullonkaula. Ehdotuksen muodostuksessa on hyödynnetty nykytilankuvasta tehtyä vuokaaviota, joka antaa käsityksen kussakin työpisteessä tällä hetkellä tehtävästä ajallisesta työmäärästä. Virtausvuossa esitetyn tiedon perusteella suuria aikaa vieviä työvaiheita on pyritty jakamaan useamman rinnakkaisen työpisteen kesken, jolloin työvaiheiden välinen vaiheajan vaihtelu tasoittuisi ja välivarastojen tarve vähenisi. Päälinjalla ovien liikuttaminen voidaan järjestää rullaradan päällä, jolloin komponenttien tarpeeton liikuttelu jäisi pois ja rullarata voisi tarvittaessa toimia parin oven välivarastona. Rinnakkaisia työpisteitä sisältävä layout-ratkaisu on perinteistä tuotantolinjaa joustavampi, mutta mahdollistaa silti massan hyödyntämisen.

Suurempien kapasiteettitietujen saavuttamiseksi työvaiheet on pilkottava entistä pienemmiksi kokonaisuuksiksi. Tämä vaatii kehitystyön jatkamista yhdessä solun työntekijöiden kanssa työnkuvausten laa-  
timisella työsisältöjen riippuvuuksien, ja sen kautta mahdollisten työnjakojen selvittämiseksi.

## 6.9 Layout-vertailu

Nykytilan layoutia ja layout-ehdotusta vertailtiin laskemalla vaiheajoja nykyisellä layoutilla ja työn-  
jaolla, sekä layout-ehdotuksen mukaisesti. Taulukossa 3 on esitetty taulukkovertailun pohja. Kaikki  
valmiin tuotteen aikaansaamiseksi tarvittavat toimet listattiin ”Toiminto”-sarakkeen alle ja näille mer-  
kittiin minimi- ja maksimijat. ”Työvaihe nro.”-sarakkeeseen lisättiin siihen numero viittaamaan siihen

työvaiheeseen, jossa toiminto suoritetaan. Samaan työvaiheeseen kuuluvien toimintojen aikojen perusteella määriteltiin koko työvaiheen minimi- ja maksimiajat, sekä näiden välinen prosentuaalinen ero.

TAULUKKO 3. Layout-taulukkovertailun pohja

Layout - nykytila x työntekijää							Layout-ehdotus 1 y työntekijää			
Työvaihe nro.	Toiminto	Toiminnon aika		Työvaiheen aika			Työvaihe nro.	Työvaiheen aika		
		min	maks	min	maks	%		min	maks	%

Työvaiheen ajan laskussa työvaihetta oletetaan suorittavan yksi työntekijä. %-sarakeessa on esitetty minimi- ja maksimiarvojen prosentuaalinen ero, eli se kuvaa työvaiheen keston vaihtelua. Nykytilanteessa viimeisessä työvaiheessa työskentelevä työntekijä hoitaa myös lavan teon, työmaalle keräilyn, pakkauksen ja lavan ulos viennin. Näille on kuitenkin laskettu oma työvaiheen aikansa myös nykytilan layoutia kuvaamaan, sillä toiminnot toistuvat vain kerran lähetystä kohden.

Eri layout-vaihtoehtoja vertailemalla nähtiin, että layout-ehdotus pienentäisi työvaiheiden sisäisten vaiheaikojen vaihteluväliä. Työvaiheiden keskinäisten vaiheaikojen tasoitus tehdään määrättyllä valmistusjärjestyksellä ja resurssien liikuttelulla layout-ehdotuksen mukaisesti.

## 7 YHTEENVETO JA POHDINTA

Opinnäytetyön tuloksena tilaajayritykselle luotiin nykytilankuvaus ovituotannosta sekä kehitysehdotuksia tuotannon virtauksen kehittämiseksi. Lisäksi tilaajayritykselle luovutetaan Excel-tiedosto tuotannon työnajoista myynnin tarpeisiin. Tässä luvussa esitellään työn johtopäätökset. Omissa alaluvuissaan on käsitelty työn tulosten arviointi, toimintaohjeet tilaajalle ja jatkokehityskohteet.

### 7.1 Työn tulosten arviointi

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli luoda kehitysideoita kohdeyrityksen ovituotannon virtaustehokkuuden parantamiseksi Lean-periaatteiden mukaisesti. Pyrkimyksenä oli poistaa varustelusta aiheutuva tuotannon pullonkaula tasoittamalla tuotanto kiinnittäen samalla huomiota hukkaan ja sen syihin. Tuotannosta saatujen aikatietojen analysoinnin tarkoituksena oli luoda nykytilakuvaus Lean-kehitystyön pohjaksi ja standardiaikakokoelman luominen myynnin tarpeisiin. Tilaajayrityksen pyynnöstä tiedonkäsittely Excel-ohjelmassa pyrittiin dokumentoimaan tarkasti luoden samalla paitsi tiedoston lukuohje, mutta myös toistettavissa oleva tiedonkäsittelyprosessi.

Työnmittauksen toteutus ja datan käsittely on esitetty luvussa 4. Luvussa viitatussa tilaajalle luovutetusta Excel-tiedostosta löytyy aikatiedot myös myynnin tarpeisiin. Työnmittauksen tuloksista on muodostettu luvussa 5 kuvattu ovituotannon nykytila. Sen ja opinnäytetyön luvuissa 2 ja 3 käsitellyn teorian perusteella on koostettu luvussa 6 esitetyt kehitysideat tuotannon virtaustehokkuuden parantamiseksi. Opinnäytetyölle asetetut tavoitteet on täten saavutettu.

Kirjallisuuskatsauksena toteutettu tietoperustan hankkiminen tuki työn empiirisen osan tekemistä ohjaamalla havainnoinnin kohdistamista oikeisiin asioihin tuotannon työntutkimuksen aikana. Alumiinirakentamisen toimiala oli opinnäytetyön tekijälle uusi ympäristö, mikä mahdollisti aidosti ulkopuolisen tutkijan näkökulman. Tuotannon työntutkimus vei tuotevariaatioiden määrän vuoksi paljon aikaa, mutta myös mahdollisti yrityksen ajatusmalleihin tutustumisen. Kokonaisuudessaan opinnäytetyöprosessi kokosi yhteen suuren osan tuotantotalouden tutkinnon opintosuunnitelmaan kuuluvista tuotannon aihealueista, ja oli siksi oppimisen kannalta hyvin antoisa.

Tutkimusmenetelmänä normaaliaikatutkimus sopi työhön hyvin, ja antoi paljon aikatietoa eri ovityyppien ja varustelutason vaikutuksista tuotannon eri työpisteissä, mistä myynti tulee hyötymään. Työntutkimusta kuitenkin vaikeutti työnosien tekojärjestyksen mielivaltaisuus ja vakioimattomat työmenetelmät. Tämän takia myös tuotannon tasoitus ja layout-vaihtoehtojen luominen oli haastavaa, koska kaikkien työvaiheiden yhteyksiä toisiinsa oli vaikea hahmottaa, jotta kaikkia mahdollisia työnjakoja työpisteiden välillä olisi pystynyt arvioida.

Työntekijöiden joutuisuudesta johtuvat erot aiheuttivat lisähajontaa mitattuihin aikoihin kun joutuisuuskerrointa ei otettu huomioon. Työnmittauksen aikana kirjatuista kellotustapahtumista löytyy kuitenkin numerotieto, jolla saman työntekijän vaiheajat voidaan tunnistaa, ja työntekijöiden joutuisuudesta johtuvan vaihtelun suuruutta halutessa arvioida myöhemminkin. Tutkimusmetodeja voisi kehittää edelleen lisäämällä mittausten määrää sekä hyödyntämällä valokuvausta ja/tai videokuvausta. Oven valmistumisen seuraaminen jatkuvana ajankäyttötutkimuksena antaisi tarkemmin tietoa läpimenoajan jalostavan ja jalostamattoman ajan suhteesta, kun taas normaaliaikatutkimus keskittyi työvaiheen sisällä tapahtuviin asioihin. Jatkuva ajankäyttötutkimus olisi kuitenkin vaatinut mahdollisuuden seurata ovea koko valmistusprosessin ajan, mikä koettiin pitkien välivarastoinnin aikojen takia hankalana. Myös työvaiheiden aikatietoja olisi tällöin kertynyt paljon vähemmän.

## 7.2 Toimintaohjeet tilaajalle

Luvussa 6 on esitetty kehitysehdotuksia tuotannon virtauksen parantamiseksi tuotannossa tehdyn työnmittauksen, havainnoinnin ja teorian pohjalta. Layout-ehdotuksen pääpiirteitä ovat:

1. Työvaiheiden jakaminen mahdollisimman tasaisesti työpisteiden kesken
2. Pitkien tai vaihtelevan pituisten työvaiheiden teko rinnakkais- tai lisätyöpisteellä
3. Valmistusjärjestyksen sekoittaminen niin, että aikaa vievien ovien yhteydessä valmistettaisiin helppoja ovia, jolloin näiden vapaaksi jättämä kapasiteetti kattaisi aikaa vievien ovien vaatiman ylimääräisen työn

Layout-ehdotus on esimerkki siitä, miten ovituotanto voitaisiin järjestää edellä mainitut pääpiirteet mielessä pitäen, ja miten se työnmittauksessa kerättyjen aikatietojen perusteella olisi mahdollista. Todellinen tuotannossa sovellettava layout voi kuitenkin olla saanut vain vaikutteita tässä opinnäytetyössä esitetyistä ehdotuksista. Perustellun parhaan layoutin määrittämiseksi työ olisi vakiinnutettava to-

dellisten syy-seuraussuhteiden selvittämiseksi ja työnsisältöjen pilkkomiseksi pienemmiksi kokonaisuuksiksi suurempien kapasiteettihyötyjen saavuttamiseksi.

Strategian suunnittelussa ja implementoinnissa on tärkeää vuorovaikutus organisaation jäsenten kesken koko strategiaprosessin ajan niin esimiesten ja alaisten välillä kuin eri toimintojen ja yksilöidenkin välillä. Erityisen tärkeää vuorovaikutuksesta tekee tuotannon työntekijöiden suuri rooli strategiaprosessissa. Strategian lanseeraukseen osallistuvat henkilöt ja heidän roolinsa sekä käytettävät viestikanaavat on määriteltävä etukäteen. (Salminen 2008, 84, 95, 159.)

### **7.3 Jatkokehityskohteet**

Tämä opinnäytetyö on vasta ensimmäinen askel tilaajayrityksen ovituotannon kehittämisessä Lean-toimintastrategian mukaisesti. Opinnäytetyön myötä on tunnistettu hukan ja vaihtelun lähteitä, joita lähdetään mittareita hyödyntäen keräämään tuotannon edelleen kehittämiseksi. Ovituoannon jälkeen luonnollisena jatkumona on soveltaa Lean-tuotannon periaatteita yrityksen muihin tuotantosoluihin, mikä onkin jo yrityksen johdon vakaana aikomuksena. Massan kasvaessa voidaan jalostusprosessia tulevaisuudessa tehostaa myös avaintoimittajien kanssa yritysrajat ylittäen. Tämä tulee vaatimaan jatkuvan reaaliaikaisen datan tuottokykyä prosessien tueksi, minkä takia automaatio on yksi nykypäivän Lean-tuotannon tärkeistä elementeistä, ja sen tarjoamiin mahdollisuuksiin on syytä tarttua.

## LÄHTEET

- EK-SAK tuottavuustyöryhmä. 2011. Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita. Teknologiateollisuus ry. Saatavissa: [http://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/file\\_attachments/tyomarkkinat\\_kannustava\\_palkkaus\\_palkkaustapoja\\_tyontutkimuksen\\_menettelytavat.pdf](http://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/file_attachments/tyomarkkinat_kannustava_palkkaus_palkkaustapoja_tyontutkimuksen_menettelytavat.pdf). Viitattu 31.12.2015.
- Fliedner, G. 2011. *Leading & Managing the Lean Management Process*. New York: Business Expert Press.
- Hihnala, P. 2016. Henkilökohtainen tiedonanto, sähköposti. 8.4.2016.
- Jokinen, M. 2015. Henkilökohtainen tiedonanto, keskustelu. 14.12.2015.
- Jokinen, M. 2016. Henkilökohtainen tiedonanto, palaveri. 17.3.2016.
- Koenigsaecker, G. 2013. *Leading the Lean Enterprise Transformation*. 2 painos. Boca Raton: Taylor & Francis Group.
- Kouri, I. 2010. *Lean-taskukirja*. Helsinki: Teknologiaiinfo Teknova.
- Modig, N. & Åhlström, P. 2013. *Tätä on Lean – ratkaisu tehokkuusparadoksiin*. Tukholma: Rheologica Publishing.
- Nicholas, J. 2011. *Lean Production for Competitive Advantage*. New York: Taylor & Francis Group.
- Nightingale, D. & Srinivasan, J. 2011. *Beyond the Lean Revolution*. New York: AMACOM.
- Ruohomäki, I., Anttila, JP., Heikkilä, A., Hentula, M., Kansola, M., Leino, K., Paro, J & Salmi, T. 2011. *Parempiin tuotantostrategisiin päätöksiin*. Helsinki: Teknologiaiinfo Teknova.
- Salminen, J. 2008. *7 askelta strategiasta tuloksiin*. Helsinki: Talentum.
- Sayer, N. & Williams, B. 2012. *Lean for dummies*. 2. painos. Hoboken (NJ): John Wiley & Sons, Inc.
- Wilson, L. 2015. *How to Implement Lean Manufacturing*. 2. painos. New York: McGraw-Hill Education.