

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Jani Hassinen

MAALAUSSOLUN ASETUKSEN KEHITYS

Opinnäytetyö

Toukokuu 2017



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2017
Kone- ja tuotantotekniikan koulutus-
ohjelma

Karjalankatu 3
80220 JOENSUU
013 260 600

Tekijä
Jani Hassinen

Nimeke
Maalaussolun asetuksen kehitys

Toimeksiantaja
Abloy Oy, Joensuun tehdas

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää Abloy Oy:n Joensuun tehtaassa Door Control -yksikön maalaussolun asetuksen vaihtoa. Työssä keskityttiin maalaamon ripustimien kehitykseen sekä arvoa tuottamattomien toimintojen vähentämiseen. Ongelma-kohtien kehityksellä pyrittiin vaikuttamaan työn tuottavuuden kasvuun.

Työn teoriaosuudessa käsiteltiin aiheen keskeisimpiä käsitteitä ja työkaluja. Teoriaosuus sisältää myös työn toteutuksessa käytetyn DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmän perusteet.

Maalaussolun asetuksen vaihdossa ongelmana olivat asetusten liian pitkät vaihtoajat. Työn toteutusosassa selvitettiin näitä ongelmien aiheuttajia asetuksen vaihdon kehittämiseksi.

Työn tuloksena saatiin selvitettyä asetuksen vaihdon ongelmien aiheuttajat. Ongelmien aiheuttajien pohjalta löydettiin arvoa tuottamattomia toimintoja ja maalaukseen kehitettiin uudenlaiset kiinnittimet.

Kieli
suomi

Sivuja 53

Asiasanat
Asetus, hukka, DMAIC, Lean



THESIS
May 2017
Degree Program in Mechanical and
Production engineering
Karjalankatu 3
FI 80220 JOENSUU
FINLAND
013 260 600

Author

Jani Hassinen

Title

Improving Set Up for a Painting Cell

Commissioned by

Abloy Oy, Joensuu plant

Abstract

The main purpose of this thesis was to improve the painting cell set up process in Abloy Ltd. Joensuu plant. The research focused on improving fasteners and reducing non-value actions. The improvement of the problem areas sought to influence labor productivity growth.

The theoretical part of the thesis discusses the most important concepts and tools of the subject. The theoretical part also includes some basics of Six Sigma DMAIC problem solving method.

Long set up times were the main problem in the painting cell. The implementation part of this work found out the causes of these problems to improve the set up.

As a result of this work, the causes of the problems within the set up were clarified. With the help of the causes, non-value actions were discovered and fasteners were improved for the painting cell.

Language

Finnish

Pages 53

Keywords

Set up, waste, DMAIC, Lean

Sisältö

Tiivistelmä

Abstract

Käsitteet ja lyhenteet

1	Johdanto	6
1.1	Työn tavoitteet ja rajaus	6
1.2	ASSA ABLOY	7
1.3	ABLOY OY	7
1.4	Door Control – yksikkö (Ovensuljintehdas).....	8
2	Tuottavuus	9
3	Tuotannonkehittämisen työkaluja	10
3.1	Six Sigman synty	10
3.1.1	Six Sigma käsitteenä.....	10
3.1.2	Six Sigman sovellettavuus.....	12
3.2	Lean Six Sigma	13
3.3	DMAIC -ongelmanratkaisumenetelmä	13
3.3.1	Määrittely	14
3.3.2	Mittaus	14
3.3.3	Analysointi	15
3.3.4	Parannus	15
3.3.5	Ohjaus	15
3.4	Lean.....	16
3.4.1	Leanin viiden kohdan etenemismalli.....	17
3.4.2	Hukka.....	18
3.5	Asetuksenvaihdon kehittäminen.....	20
3.5.1	Asetus ja asetusaika	20
3.5.2	SMED.....	20
4	Staattinen ruiskumaalaus	22
5	Robotiikka	23
6	Maalauksolun toiminnan kehittäminen	25
6.1	Maalauksolun prosessin kuvaus.....	25
6.2	Asetuksen vaihto maalauksessa	28
6.3	Maalauksen ongelmakohtien selvittäminen ja kehitys	28
7	Tulokset	40
7.1	Ripustimet	40
7.2	Maalauksen purku- tai lastausvaiheen mahdollinen robotisointi	45
8	Johtopäätökset.....	48
8.1	Kuljettelu	48
8.2	Asetuksen merkkauksen poistaminen tuotannonohjausjärjestelmästä .	48
8.3	Ripustimien puhdistus	49
9	Pohdinta.....	50
	Lähteet.....	52

Käsitteet ja lyhenteet

Cam-kokoonpano	Tuotantosolu, joka valmistaa Cam-ovensulkimia
DMAIC	Define, measure, analyze, improve, control (Six Sigma DMAIC -ongelmanratkaisumenetelmä)
Door Control -yksikkö	Abloyn Joensuun tehtaan yksi liiketoimintayksiköistä, joka on keskittynyt ovensuljinmallien valmistamiseen
GWS JA 33X	Ovensuljintehtaan automaatiokokoonpanosoluja
Hukka	Asiakkaalle ja yritykselle lisäarvoa tuottamaton toiminto
Juurisyys	Lähtökohtainen syy jollekin ongelmalle
Prototyyppi	Ensimmäinen kappale, jolla testataan tuotteen toimivuutta ennen varsinaista valmistusta
Ripustin	Kiinnitin, mihin voi lastata ovensulkimia
SMED	Single minute exchange of dies

1 Johdanto

1.1 Työn tavoitteet ja rajaus

Tämän työn tavoitteena oli kehittää Abloy Oy:n Door Control- yksikön maalaus- solun asetuksen vaihtoa ja siihen liittyviä toimintoja. Kehitystyöllä pyrittiin maa- laussolun tuottavuuden parantumiseen. Tuottavuuden osalta työn tavoitteeksi asetettiin kuuden prosentin parannus vuositasolla. Opinnäytetyö keskittyy maa- laussolun kiinnittimien kehitykseen sekä arvoa tuottamattomien toimien vähen- tämiseen.

Opiskeluajanani olen työskennellyt Door Control-yksikön tuotannon kokoon- panossa sekä maalauksessa, joten opinnäytetyön tekeminen Abloy Oy:lle tuntui luontevalta vaihtoehdolta. Selvitelyäni mahdollisia aiheita opinnäytetyökseni valikoitui Door Control- yksikön maalaussolun asetuksenvaihdon kehitys. Aihe on mielenkiintoinen ja haastava, koska maalauksen asetuksen vaihtojen kes- toista ei saada käyttökelpoista dataa ja kiinnittimien vaihto lisää huomattavasti työmäärää asetuksenvaihtojen yhteydessä. Kiinnittimien kehitysmahdollisuuksia oli aikaisemmin tutkittu, mutta mitään toimivaa ratkaisua niiden osalle ei ollut löydetty.

Työn päätavoitteena on asetuksenvaihdon kehittäminen. Asetuksen vaihdon osalta työ rajattiin ripustimien ja kuljetteluiden kehittämiseen. Ripustimien kehi- tyksen tarkoituksena on luoda yksi pääripustinmalli nykyisen kolmen tilalle. Ri- pustinkehityksen onnistuminen mahdollistaisi asetusajan vakiintumisen alle kymmeneen minuuttiin sekä se jättäisi pois yhden suuren työvaiheen. Kuljette- luiden aiheuttamaa hukkaa lähdettiin tutkimaan juurisyiden tunnistamisella ja sitä kautta havaittiin mahdolliset kehittämisvaihtoehdot hukan vähentämiseen.

Opinnäytetyö koostuu pääosaltaan neljästä osa-alueesta, jotka ovat teo- riaosuus, toteutus, tulokset, johtopäätökset ja pohdinta. Teoriaosuudessa käsi- tellään asetuksen vaihtoon liittyvää termistöä sekä tuotannon kehittämisen ylei- sempiä tuotantotyökaluja. Teoriasta etsin tietoja alan kirjallisuudesta. Käytän-

nön osuuden suoritin seuraamalla maalausprosessin toimintaa tuotannossa. Osuuteen sisältyy myös selvitystyötä mahdollisesta maalauksen robotisoinnista. Tulokset-luvussa kerrotaan opinnäytetyöstä saaduista tuloksista sekä robotisoinnin selvitystyöstä. Johtopäätöksissä esitellään jatkokehitystoimenpiteitä asetuksen vaihtoon liittyen. Pohdinta-osiossa verrataan saavutettuja tuloksia asetettuihin tavoitteisiin, sekä kerrotaan eteen tulleista haasteista.

1.2 ASSA ABLOY

ASSA ABLOY Konserni syntyi vuonna 1994 suomalaisen Abloy Oy:n ja ruotsalainen Assa AB:n yritysfuusion myötä (Juvonen 2007, 171). Nykyään ASSA ABLOY on yksi maailman johtavista oviympäristöratkaisujen toimittajista. Konsernin toiminta-ajatuksena on tarjota asiakkailleen turvallisia ja helppokäyttöisiä sovelluksia ovien avaamiseen ja sulkemiseen. (ABLOY OY 2016a.)

1.3 ABLOY OY

Abloy Oy on suomalainen lukitustuotteita valmistava yritys, joka kuuluu osaksi ASSA ABLOY Konsernia. Abloyn toiminnan alkuna voidaan pitää vuotta 1907, kun Emil Henriksson kehitti ensimmäisen Abloy-avaimen sekä lukkosylinterin. Henriksson sai tuotteellensa patentin vuonna 1919, jonka myötä lukkojen teollinen valmistaminen aloitettiin. Lukkoja valmistavan yhtiön nimi oli alkujaan Ab Låsfabriken – Lukkotehdas Oy, joka myöhemmin lyhennettiin Ab Abloy Oy muotoon. Nykyiseen Abloy Oy nimeen päädyttiin vuoden 1990 yritysoston myötä. (Juvonen 2007, 195-197.)

Suomessa Abloylla on tuotannollista toimintaa Joensuussa sekä Björkbodassa. Joensuun tehtaan toiminta keskittyy lukitustuotteiden, ovensulkimien, rakennushelosten ja oviautomaatikan valmistukseen. Björkbodassa valmistetaan lukkorunkoja sisä- ja ulko-oviin. (ABLOY OY 2016b.) Abloy Oy työllistää noin 850 henkilöä, joista noin 150 työskentelee ulkomailla myyntiyksiköissä (ABLOY OY 2016c). Alla olevassa kuvassa 1 on kuvattuna Joensuun tehtaan pääsisäänkäynti.



Kuva 1. Abloyn Oy:n Joensuun tehdas (ABLOY OY 2016a).

1.4 Door Control – yksikkö (Ovensuljintehdas)

Nykyisessä muodossaan toiminta alkoi keväällä 1997 uuden ovensuljintehtaan valmistuessa Joensuuhun. Uusi tehdas oli tuotantoteknologialtaan ja automaatioasteeltaan maailman modernein ovensuljintehdas. Euroopan mittakaavassa uusi tehdas oli yksi suurimmista ovensulkimia valmistavista yksiköistä. Ovensuljintehdas työllisti 75 henkilöä, joista kaksi kolmasosaa aloitti uutena syksyllä 1997 tuotannon käynnistyessä. (Juvonen 2007, 183.)

Ovensuljintehtaan menestyksen myötä vuonna 2001 tehdasta laajennettiin lisää. Laajennuksen avulla saatiin uudet tilat Oviautomaatiikan toiminnalle. Tehtaan tuotantomäärät pääsivät kasvamaan todenteolla vuonna 2006, kun tehtaalle investointiin uusi koneistuskeskus. Investoinnin myötä ovensulkijoiden val-

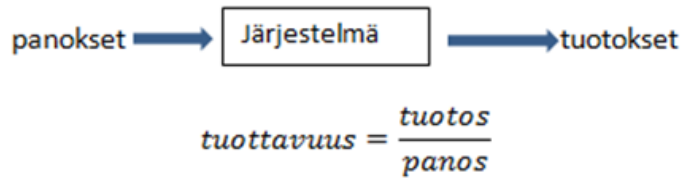
mistusmäärät pystyttiin kasvattamaan noin 500 000 kappaleesta 800 000 kappaleeseen vuodessa. (Juvonen 2007, 184.)

2 Tuottavuus

Tämän opinnäytetyön tavoitteena ja yksi pääteemoista oli tuottavuuden parannus. Lähtökohtana oli kehittää maalaussolun asetuksenvaihtoa huomattavasti nykyistä jouhevammaksi. Asetuksen vaihtoon liittyvillä vaiheilla on merkittäviä vaikutuksia päivän aikana saatavaan tuotokseen. Saadulla tuotoksella on taas suora vaikutus tuottavuuteen.

European Productivity Agency'n Rooman konferenssin vuonna 1958 julkaiseman määritelmän mukaan tuottavuus on sitä, mitä ihminen saa aikaan materiaalilla, pääomalla ja teknologialla. Tuottavuus on ennen kaikkea henkilökohtainen asenne. Se on myönteistä suhtautumista edistykseen niin, että aina pyrkii parantamaan vallitsevaa tilannetta. Se on vakuuttuneisuutta siitä, että tänään voi tehdä paremmin kuin eilen, ja että huomenna voi tehdä paremmin kuin tänään. Se on halu parantaa nykytilaa riippumatta siitä, kuinka hyvältä se nyt vaikuttaa tai kuinka hyvä se tosiasiallisesti on. (Uusi-Rauva 1996, 13.)

Tuottavuus yleiskäsitteenä tarkoittaa aikaan saadun tuotoksen ja siihen käytettyjen panosten suhdetta toisiinsa. Sitä käytetään yleisesti kaikilla toimialoilla ja se on myös hyvin usein väärin ymmärretty tai jopa väärinkäytetty termi. Tuotosta voidaan kuvailla tuotannosta saatuina kappalemäärinä tai rahallisena arvona. Panoksella tässä asiayhteydessä tarkoitetaan sitä, kuinka paljon resursseja on kulutettu saatuun tuotokseen esim. käytetyt henkilötyötunnit. Tuottavuutta voidaan mitata laskemalla tuotos-panossuhteita (Kuvio 1). Mittaamiseen vaaditaan laskemiseen soveltuvat mittaluvut tuotoksista ja panoksista. (Uusi-Rauva 1996, 20.)



Kuvio 1. Tuottavuus on järjestelmän tuotoksen ja panoksen välinen suhde (Uusi-Rauva 1996, 20).

3 Tuotannonkehittämisen työkaluja

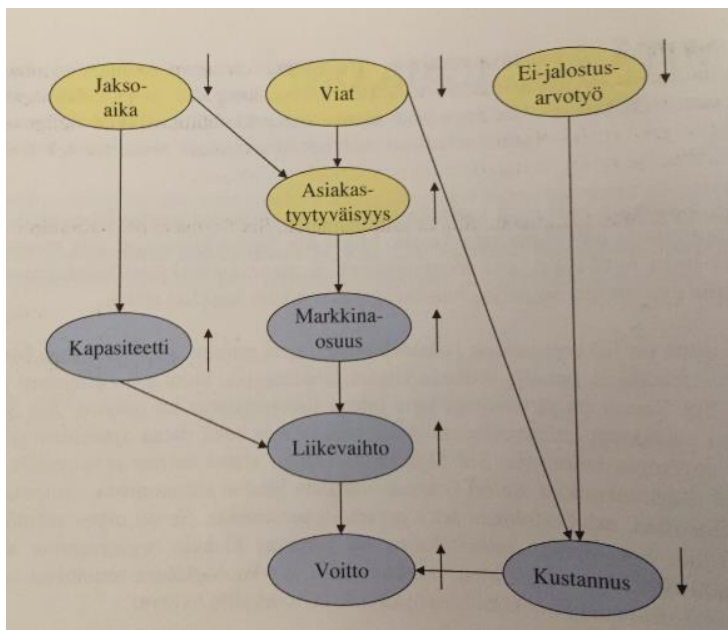
3.1 Six Sigman synty

Six Sigman varsinaisena syntynä pidetään vuotta 1987, kun Motorola julkaisi Six Sigma Quality Program – ohjelman. Ohjelma luotiin parantamaan yrityksen omaa laatua sekä kilpailevaksi menetelmäksi japanilaisten ylivoimaista laatua vastaan. Six Sigman varsinaisina kehittäjinä voidaan kuitenkin pitää Motorolan kolmikkoa Bill Smithiä, Mikel Harrya ja Richard Schroderia. Kolmikon aikaansaamisien vuoksi Six Sigmasta syntyi ensimmäinen laatumenetelmä, mistä on todistettavasti saatu parannusta yrityksiensä tulokseen ja sen myötä laatuun. Six Sigma on myös ensimmäinen laatuhanke, jonka rahamaailma on todellisesti huomionut. (Karjalainen 2010, 9-11)

3.1.1 Six Sigma käsitteenä

Six Sigman pääideana on valmistaa täydellisyyttä hipovia tuotteita ja palveluita asiakkaalle. Se on työkalu, jolla pyritään parantamaan kaikkia organisaation osa-alueita unohtamatta asiakkaan tärkeyttä. Six Sigma keskittyy prosessissa tapahtuvaan vaihteluun ja sen korjaamiseen. Vaihtelu aiheuttaa virheitä, joista seuraa hukkaa. Löydetyt vaihtelut pyritään korjaamaan ja selvittämään systemaattisesti, jotta virhe taso olisi minimaalinen. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 17.)

Six Sigmalta yleensä halutaan suoraa vaikutusta liiketoiminnan tulokseen. Tämä kuitenkin vaatii yritysjohdon täydellistä sitoutumista ja keskittymistä prosessiin. Tuloksen parantaviin tekijöihin voidaan laskea seuraavat neljä osa-aluetta: asiakastytyvyisyys, läpimenoaikojen kehittäminen, vikojen vähentäminen ja arvoa tuottamattomien töiden poistaminen. Näiden kaikkien osa-alueiden parannuksella on mahdollista saavuttaa suuria säästöjä liiketoiminnan kustannuksista, suurempaa liikevaihtoa ja mahdollisuuden haalia uusia asiakkaita. Kuviossa 2 on esitelty tulokseen vaikuttavat tekijät (Karjalainen 2010, 18.)



Kuvio 2. Tulokseen vaikuttavat Six Sigman parannuskohteet (Karjalainen & Karjalainen 2002, 18).

Sigma (σ) on kreikkalainen kirjain, jota käytetään tilastotieteessä standardipoikkeaman symbolina. Standardipoikkeama on keskimitta, joka kertoo kuinka kaukana mittaustulokset ovat keskiarvosta. Standardipoikkeama myös ilmaisee vaihtelun määrän joukossa. Mitä enemmän vaihtelua, sitä suurempi on standardipoikkeama. Six sigman tarkoitus on pienentää vaihtelua, jotta saavutettaisiin mahdollisimman pieni standardipoikkeama, minkä myötä päästään haluttuun loppu tulokseen. Ihanne virhetilanne olisi kuuden sigman suorituskyky, mikä sallii vain 3.4 virhettä miljoonaa otantaa kohden (Kuvio 3). (Karjalainen & Karjalainen, 18.)

<u>Six Sigma tavoitteena</u>	
σ	DPMO
2	308 537
3	66 807
4	6 210
5	233
6	3,4

Prosessin kyvykkyy ————— Vikoja per miljoona mahdollisuutta

Kuvio 3. Six Sigma tavoitteena (Karjalainen & Karjalainen 2002, 21).

3.1.2 Six Sigman sovellettavuus

Six Sigma ei ole pelkästään paljon valmista dataa vaativa parannusohjelma. Tämä virheellinen käsitys on päässyt syntymään Six Sigman tilastollisten työkalujen liian suuresta numeerisen ongelmanratkaisun korostuksesta, mikä on aiheuttanut analyyttisen ongelmanratkaisun pienen syrjäytymisen. Six Sigma on kuitenkin ensisijassa analyyttistä ongelman ratkaisua, jossa datan määrän seurlonta ei ole avainasemassa. Todellisuudessa noin 40 % on mahdollista ratkaista suoraan datasta ja loput 60 % tulee omasta mielikuvituksesta. (Karjalainen & Karjalainen 2010, 31.)

Joten Six Sigma sopii yhtä hyvin teollisten liiketoimintaprosessien, transaktioiden kuin myös tuotantoprosessien parantamiseen. Se sopii Myös palvelu- ja hallintoprosesseihin riippumatta siitä, onko kyseessä liiketoimi vai ei-voittoa tuottava yhteisö. Tällä hetkellä Six Sigma leviää voimakkaasti terveyden hoitoon, rahoitukseen ja muille palvelusektoreille USA:ssa. (Karjalainen & Karjalainen 2010, 31.)

3.2 Lean Six Sigma

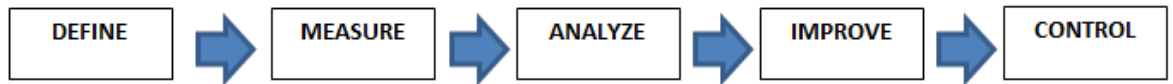
Lean Six Sigma toimintamallin tarkoitus on yhdistää Lean-ajattelun ja Six Sigman parhaat puolet, jonka avulla päästäisiin entistä parempiin lopputuloksiin prosessien parannuksissa. Leanin tarkoitus on vähentää hukkaa ja arvoa tuottamattomia toimintoja, kun taas Six Sigman tarkoitus on vähentää prosessin vaihtelua. Yhdistelemällä näiden työkaluja saadaan kokonaisvaltainen parannus ohjelma. Lean Six Sigmaa käytetään nykyisin yhä enemmän ja siitä tulee jatkuvasti muodikkaampaa (Bicheno 2004, 132-144.) Kuviossa 4 on kuvattuna Lean ja Six Sigma yhdessä.

Lean ja Six Sigma yhdessä						
	Ihminen	Kone	Metodi	Materiaali/ Tuote	Mittaus	Luonto
Vaihtelu	Lean (tiimin osallisuus, toimintaperiaatteen, käyttöönotto Kaizen)	Six Sigma (Cpk) Lean (SMED)	Lean (5s, SOPS) Six Sigma (SPC, DOE, DMAIC)	Lean toimitus Six Sigma (SPC, DOE)	Lean Toimintaperiaate käyttöönotossa) Six sigma (DPMO, Cage R&R)	Six Sigma DOE
Virheet	Lean pokayoke	Lean pokayoke	Lean pokayoke	Lean pokayoke	Six Sigma lean	Six Sigma (DOE?)
Ongelmat	Lean hukan poisto	Lean (TPM, 5s)	Lean hukan poisto	DFSS Lean, (GT, design)	Lean toimintaperiaatteen käyttöönotto	Six Sigma (DOE?)

Kuvio 4. Lean ja Six Sigma yhdessä (mukailtu Bicheno 2004, 139).

3.3 DMAIC -ongelmanratkaisumenetelmä

Six Sigma-parannusprosessi tunnetaan myös DMAIC-prosessin nimellä. Nimi muodostuu Six sigma-menetelmän viidestä työvaiheesta: määrittely, mittaus, analysointi, parannus ja ohjaus. (Lecklin & Laine 2009, 284.) Kuviossa 5 on esitettyä DMAIC-prosessin etenemisjärjestys.



Kuvio 5. DMAIC.

3.3.1 Määrittely

Ensimmäisenä vaiheena DMAIC-prosessissa on määrittelyvaihe (define). sen tarkoituksena on määrittää tutkimuskohteen tai kohteiden ongelmat ja asettaa tavoitteet. Ongelmaa määrittäessä on hyvä tietää kenelle työ tehdään? Mitä siltä haetaan? Miksi juuri tämä on ongelma? Yleensä näillä perustavanlaatuisilla kysymyksillä on merkittävä rooli sen suhteen, että juna pysyisi oikeilla raiteilla. Tavoitteella määrittelyvaiheessa tarkoitetaan perusteellisen selkeän kuvan aikaansaamista asetetusta kehityskohteesta. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 46.)

3.3.2 Mittaus

Toisena vaiheena prosessissa tulee mittausvaihe (measurement). Tämän vaiheen tarkoituksena on selventää käsiteltävän prosessin nykytilanne havaintotulosten avulla (Lecklin & Laine 2009, 287). Toisin sanoen kerätään mitattavasta kohteesta mittausdataa ja pyritään aloittamaan juurisyiden etsintä. Mittausvaiheeseen kuuluu myös mittauksen suorituskyvyn määrittäminen niin, että mittaus olisi mahdollista toistaa myöhemmin tarvittaessa. Suoritettujen mittauksien luotettavuus on pystyttävä todentamaan. Useimmissa tapauksissa puhutaan 100 %:n mittauksesta niin, että ne ovat 100-prosenttisesti oikeita, kun todellisuudessa mittauksien oikeellisuus saattaa olla 10 – 20 %:n luokkaa. Tällöin mittauksen toistettavuus tulee tärkeäksi, jotta mittauksen oikeellisuus saadaan 90 – 95 %:n luokkaan uusinta mittauksilla. Mittausvaiheen päätavoitteena on pystyä todentamaan ongelman olemassa olo ja tähän tarvitaan kerättyä tietoa. (Karjalainen & Karjalainen 2010, 47.)

3.3.3 Analysointi

Mittausvaiheen jälkeen seuraavana tulee tulosten analysointi. Analyysissä on tarkoitus tutkia mittausdataa, jonka avulla on tarkoitus löytää alkulähteet ongelmille ja virheille sekä selvittää, mitkä tekijät aiheuttavat ongelmat ja virheet, ja mitkä ovat niiden seuraukset. Prosessin suorituskykyä ja mittausdataa verrataan määrittelyvaiheessa asetettuihin tavoitteisiin. (Lecklin & Laine, 286.) Analyysivaiheen lopullisena tuotoksena saadaan otaksuma ongelmien johtumisesta ja todennuksen syistä, jotka muodostavat perustan parannusvaiheelle. (Karjalainen & Karjalainen 2010, 51.)

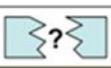




3.3.4 Parannus

Parannusvaiheen tarkoitus on löytää parannuskeino analyysivaiheessa todettuihin ongelmiin. Ongelman ratkaisuun kehitellään vaihtoehtoisia ratkaisuja soveltamalla ja kokeilemalla, sekä pyritään selvittämään niiden mahdollinen toimivuus. Yleensä tavoitteet Six Sigmassa on asetettu niin korkeiksi, että uusien keinojen keksiminen on pakollista. Parannuskeinoon toimivuutta voidaan parhaiten testata koesuunnittelun avulla hyödyntäen kvantitatiivisia menetelmiä. Kun parannuskeinoon vaadittava toimivuus on selvitetty, voidaan tehdä päätökset toteutuksesta ja tarvittavien suunnitelmien laadinnasta. (Lecklin & Laine 2009, 287.)

3.3.5 Ohjaus

Viimeisenä vaiheena Six sigma-parannusprosessissa on ohjaus ja valvonta. Ohjauksen tavoitteena on ylläpitää saavutettuja tuloksia. Tuloksien ylläpitämisen avuksi luodaan mittareita saavutetun tason valvomista varten. Mittaristojen avulla voidaan seurata prosessissa tapahtuvaa hajontaa. Hajonnasta syntyvät virheet analysoidaan ja korjataan. Tarvittaessa aloitetaan kehitystoimenpiteet virheiden taltuttamiseksi. Ohjausvaiheeseen kuuluu myös lisäkehityspotentiaal

tarpeen arviointi. Lopputuloksena ohjausvaiheesta saadaan uudet mittaristot ja täydelliset dokumentit tuloksista. (Karjalainen & Karjalainen 2010, 52.)

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

Kuvio 6. Prosessin parannus ja prosessin suunnittelu (Karjalainen & Karjalainen 2002, 49).

3.4 Lean

Lean-ajattelu on lähtöisin Japanista Toyotan autotehtaalta. Aluksi se oli laatu-ajattelun soveltamista teollisiin prosesseihin. Toyotan ajatuksena oli muokata tuotantoprosessinsa niin, että hukkaa ja virheitä aiheuttavat tekijät pystyttäisiin minimoimaan. Ylimääräisistä puskureista ja varastoista pyrittiin luopumaan. (Lecklin & Laine 2009, 281.)

Nykyään Lean-ajattelua käytetään lähes kaikilla toimialoilla. Ne yritykset jotka noudattavat Leania ovat yleensä toimialansa tuottavimpia ja nopeimmin laajenevia yrityksiä. Yksinkertaisuudessaan Lean-ajattelulla pyritään luomaan toimin-

taan tarkoituksen mukaisuutta, järkevyyttä ja täsmällisyyttä asiakasnäkökulmasta. Selkeimmin Lean-toimintamallin havaitsee jatkuvasta kehitystyöstä ja tuotannon organisoinnista. Lean on myös vahvasti sidoksissa yrityskulttuuriin sekä henkilöstöön. (Kouri 2009, 6.)

Leanin tarkoitus on kehittää tuottavuutta sekä laatua. Sana Lean tarkoittaa suomeksi hoikkaa tai vähärasvaista. Lean-ajattelu pyrkii toteuttamaan sanan tarkoituksen käytännössä. Toiminta keskittyy virtaviivaisuuteen poistamalla turhia työvaiheita sekä tehtäviä. Toisin sanoen vähennetään hukkaa aiheuttavia tekijöitä ja lisätään arvoa tuottavaa työtä. Lean-ajattelussa on käytössä useita erilaisia tekniikoita ja apuvälineitä, mutta pääpaino pidetään kuitenkin kokonaisuudessa. (Lecklin & Laine 2009, 281.)

3.4.1 Leanin viiden kohdan etenemismalli

Leanissa yrityksen toiminnan kehittäminen on prosessi, joka voi olla lyhytaikaista tai pitkäjänteistä. Lyhyellä tähtäyksellä pyritään ylläpitämään jatkuvaa kehitystoimintaa suorittamalla pieniä projekteja, kun taas pitkällä aikajänteellä pyritään luomaan Lean-organisaatio ja – kulttuuri. Lean-toimintaa voidaan kehittää usealla eritavalla, mutta useimmin käytetään seuraavaan viiden kohdan etenemismallia.

Ensimmäisenä vaiheena sekä tärkeimpänä voidaan pitää arvon määrittämistä. Selvitetään asiat, mistä asiakas on halukas maksamaan ja mitkä ominaisuudet tuotteessa tai palvelussa ovat asiakkaan näkökulmasta vähemmän tärkeitä. (Kouri 2010, 8.)

Toiseksi tärkeimpänä periaatteena pidetään arvoketjun määrittämistä, jossa ensimmäiseksi arvioidaan prosessin eri toiminnot arvon tuottamisen näkökulmasta ja poistetaan ne vaiheet, jotka eivät tuota lisäarvoa. Tällaisia tuottamattomia vaiheita ovat mm. kuljetukset ja siirtelyt, varastointi, odotusajat ja virheiden korjaamiset. (Lecklin & Laine 2009, 281.)

Kolmantena vaiheena on virtauksen luominen. Tarkoituksena on toteuttaa tuotanto siten, että tuotteet virtaavat pysähtymättä arvoketjussa. Tuotannossa tarkoittaa sitä, että tehtaassa sijaitsevat koneet ja laitteet on sijoitettu niin, että materiaalivirta on mahdollisimman selkeä ja lyhyt. Myös välivarastoja pienennetään ja siirtomatkoja lyhennetään mahdollisuuksien mukaan. Välivarastojen pienenykseen tai jopa poistumiseen päästään yhden kappaleen eräkoolla. Virtauttamisen tavoitteena on saada valmistettua tuotteet mahdollisimman nopeasti valmiiksi. (Kouri. 2010, 8.)

Neljäntenä periaatteena on oikean tapaisen imun luominen. Imu tarkoittaa tuotteiden ja osien valmistuksen optimoimista tarpeen ja kulutuksen mukaan. Massatuotannossa pyritään vähentämään varastoihin valmistamista ja asiakaskoh- taisten tuotteiden valmistus pyritään suorittamaan mahdollisimman lyhyellä ai- kavälillä. (Lecklin & Laine 2009, 281.) Imuohjauksesta saatavilla hyödyillä pys- tytään lyhentämään tuotannon läpäisyaikaa, selkeyttämään tuotantoa ja yksin- kertaistamaan omaa materiaalihoausta (Kouri 2010, 23).

Viimeisenä vaiheena on prosessin parantaminen. Prosessia pyritään paranta- maan jatkuvalla kehittämistyöllä. Poistetaan ylimääräiset hukkatekijät ja laatua heikentävät toiminnat. Tavoitteena on prosessin täydellinen toiminta laaduk- kaasti ja tehokkaasti. (Kouri 2010, 9.)

3.4.2 Hukka

Leanissa tuottavuuden parantaminen ei lähtökohtaisesti tarkoita työtahdin pa- rantamista, vaan erilaisten hukkien vähentämistä. Hukka tarkoittaa kaikkea tur- haa ja arvoa lisäämätöntä työtä. Yleensä hukan määrä aiheuttaa esteen tehok- kaan työn tekemiselle. Hukkaa vähentämällä päästään parempaan tuottavuu- teen ja laatuun. (Kouri 2010, 11.) Useimmissa prosesseissa on 90 % hukkaa ja 10 % lisäarvoa tuottavaa työtä (Tuominen 2010, 85). Lean-ajattelu määrittää seitsemän erilaista hukkaa, jotka ovat ylituotanto, odottaminen, tarpeeton kuljet- taminen, laatuvirheet, ylimääräinen varastointi, ylikäsittely ja tarpeeton liike

työskentelyssä. Hukat eivät anna asiakkaille lisäarvoa, joten niiden vähentämiseen on keskityttävä. (Lecklin & Laine 2009, 281.)

Ylituotannon hukalla tarkoitetaan tuotteiden tarpeetonta valmistamista eli valmistetaan enemmän kuin tarve olisi. Ylituotannosta aiheutuvia ongelmia ovat varastojen kasvu, lisääntyvät virhemäärät, tuotannonsuunnittelun joustavuuden lasku ja materiaalien ennen aikainen ostaminen. Syitä ylituotannon syntymiselle voivat olla puutteellinen tuotannon suunnittelu, tuotteiden valmistus liian suurissa erissä tai valmistaminen etukäteen mahdollisten huonojen päivien varalle. Ylituotannon hukasta seuraa yleensä ylimääräistä varastointia joka katsotaan yhdeksi Lean-ajattelun seitsemästä hukasta. Varastoihin varastoidaan ylimääräiset komponentit ja materiaalit, mistä seuraa varastoihin sitoutuneen pääoman kasvu. Ylimääräiset varastot vievät yleensä myös turhaa tilaa. (Tuominen 2010, 16 - 19.)

Kuljettelulla tarkoitetaan materiaalien siirtoja työpaikalle ja työpaikalta pois. Materiaalin määrä yleensä heijastaa kuljettelun määrään. Kuljettelusta syntyvällä hukalla tarkoitetaan kaikkea tarpeetonta materiaalin liikuttelua prosessissa. Esimerkiksi tuotannon koneiden pitkät välimatkat aiheuttavat tarpeetonta kuljettelua sekä materiaalien turhat siirrot hyllyille ja pois hyllyiltä. Laatuvirheiden hukalla tarkoitetaan laatu hukkaa, joka syntyy virheistä, virheellisten kappaleiden tarkistuksista, lajittelusta, tuotteiden korjaamisista sekä reklamaatioihin vastailusta. (Tuominen 2010, 20 – 23.)

Ylikäsittely tarkoittaa prosessihukkaa, joka liittyy valmistusprosessin kulkuun ja sisältöön. Hukan aiheuttajana voi olla ylimääräinen työvaihe kokoonpanossa tai tarpeeton kone, mikä suorittaa työvaihetta, jonka pystyisi jättämään pois. Tarpeettomalla liikkeellä työskentelyssä tarkoitetaan työvaihe hukkaa. Työvaihe hukkaa ovat kaikki tarpeettomat työsuoritukset, jotka eivät vaikuta työn lopputulokseen. Esimerkiksi työtä ei ole standardoitu, jolloin työ saatetaan tehdä joka kerta eri tavalla. (Tuominen 2010, 24 – 27.)

Odotus on hukkaa joka aiheutuu kun työntekijä odottaa koneen tekemää työtä tai kone vastaavasti työntekijän suoritusta. Koneen odottaessa työntekijää pu-

hutaan yleensä materiaalin pääsystä prosessiin tai työkoneelle. Odottaminen voi johtua edellisen työvaiheen hitaasta valmistumisesta tai tuotantohäiriöstä johtuvista tekijöistä. Odotukseen voidaan puuttua tuotannon tasapainottamisella, kapasiteetin tarpeen varmistamisella (Tuominen 2010, 31.)

3.5 Asetuksenvaihdon kehittäminen

3.5.1 Asetus ja asetusaika

Asetus on toimenpide, joka tarkoittaa työpisteellä tapahtuvaa tuotteen vaihtoa. Toimenpide koostuu materiaalin noudoista, ohjelmien vaihdoista, tarpeellisten työkalujen vaihdoista, kiinnittimien vaihdoista sekä kaikista muista tuotantoerään liittyvistä toimenpiteistä. Yleensä asetusta tehdään vain kerran valmistettavan erän aikana. Asetukseen kuluva aika voidaan mitata laskemalla tuotteiden vaihdosta kuluva aika. Asetusaikaan kuuluvat kaikki toimenpiteet, jotka täytyy tehdä, että malli a saadaan vaihdettua malliksi b. (Haverila, 2003, 351.)

Asetuksen vaihdot kestävät hyvin useasti liian kauan. Vaihtojen pituus tekee tässä tapauksessa pienistä valmistuseristä taloudellisesti kannattamattomia. Asetuksien vaihtoajat on saatava pienemmiksi tai poistettava kokonaan, jotta pienet valmistuserät saadaan kustannusten valossa kannattaviksi. (Tuominen 2010, 96.)

3.5.2 SMED

SMED (Single-Minute Exchange of Dies) on asetuksien vaihtoihin luotu systeemi, jonka avulla pyritään vähentämään huomattavasti asetuksen vaihtoon kuluva aika. SMEDin päätarkoitus on muuttaa ulkoiseksi asetukseksi niin monta asetuksen vaihetta kuin on vain mahdollista. Prosessin loppujen vaiheiden toiminnot pyritään yksinkertaistamaan. (Vorne industries Inc. 2011, what is

SMED.) Asetus- ja vaihtoajoja on mahdollista kehittää SMED- systeemillä seuraavien vaiheiden mukaisesti (Tuominen 2010, 96).

Ensimmäistä vaihetta voidaan kutsua lähtötilanteeksi. Lähtötilanteessa vaihtoaika on pääasiallisesti sisäistä vaihtoaikaa. Kone tai linja joudutaan pysäyttämään, että tuotteen vaihto pystytään suorittamaan. Tuotteen vaihtoon tarvittavat työkalut ja osat joudutaan etsimään muualta kuin koneen vierestä. Tällöin vaihtoaika on yleensä pitkä. (Tuominen, 2010, 96.)

Toisessa vaiheessa tarkoituksena on erottaa ulkoinen ja sisäinen vaihtoaika toisistaan. Ulkoiseen asetukseen voidaan laskea toimenpiteet, jotka suoritetaan sinä aikana, kun kone on vielä toiminnassa. Tällaisia toimenpiteitä ovat työkalujen ja kiinnitysvälineiden kunnon tarkastukset ja niiden siirtäminen mahdollisimman lähelle käyttöpaikkaa. Vaihdetaan vaihdettavissa olevat kiinnittimet etukäteen, jos on mahdollista sekä vaihdetaan työssä tarpeellisia työohjeita, osia ja komponentteja. Vaiheiden erottaminen on usein mahdollista suorittaa ilman isoja muutoksia sekä kustannuksia. (Tuominen 2010, 96.)

Kolmannessa vaiheessa on tarkoituksena muuttaa sisäiset vaihtoajat ulkoisiksi vaihtoajoiksi. Suoritetaan tarkennukset mitkä sisäiseen asetusaikaan sisällytettyä vaiheista voidaan kehittää ja mitkä ei. Tämän jälkeen pyritään löytämään ratkaisut kehitettävälle vaiheilla. Esimerkiksi kuinka valitun vaiheen työkaluja ja työmenetelmää voitaisiin kehittää. Sisäisten vaihtoajojen kehittäminen täytyisi suorittaa niin, että mahdollisimman suuri osa saataisiin ulkoisen asetusajan piiriin. (Tuominen, 2010, 96.)

Neljännessä vaiheessa keskitytään siihen kuinka sisäistä vaihtoaikaa voidaan mahdollisesti kehittää. Pää tavoitteena viimeisessä vaiheessa on saada helpotettua tai jopa poistettua osa kiinnitys- ja vaihtovaiheista.

- Kiinnitykseen tarvittavia työkaluja pyritään yhdenmukaistamaan ainakin niiden osalta, jotka vaikuttavat merkittävästi asetusaikaan.

- Kiinnitystapojen kehittäminen siten, että työkalun on mahdollista asettua ja kiinnittyä automaattisesti oikealle paikalleen ilman apuvälineitä. Kiinnitysvälineet pyritään muuttamaan helposti asennettaviksi paikoilleen.
- Hankitaan asetuksen vaihdon ajaksi lisähenkilö auttamaan rinnakkaisten asetusvaiheiden suorittamiseen. Lisähenkilön tarkoitus on työskennellä samanaikaisesti työkalun toisella puolella tai järjestellä toista aluetta työpisteestä. (Tuominen 2010, 97.)

4 Staattinen ruiskumaalaus

Sähköstaattista ruiskumaalausta käytetään maalaustapana opinnäytetyöni kehityskohteessa. Kyseinen maalaustapa myös vaikuttaa oleellisesti ovensulkijoiden maalautuvuuteen ja ripustimien kehittämiseen, joten on tarpeellista esitellä kyseistä maalaustapaa tarkemmin.

Sähköstaattisessa ruiskumaalauksessa maaliin johdetaan sähköä ja maalattava tuote maadoitetaan. Tällöin maali saa positiivisen varauksen ja maalattava kappale negatiivisen, mikä mahdollistaa sen, että varautunut maali hakeutuu sähkökentässä maalattavan kappaleen pintaan. Molempien kohteiden ollessa samanmerkkisillä varauksilla ne hylkisivät toisiaan, jolloin maali ei enää hakeudu maalattavan tuotteen pintaan. Menetelmän avulla maalin ohiruiskutuksien määrä vähenee ja tuotetta ei tarvitse maalata niin monesta suunnasta kuin normaaleilla ruiskutusmenetelmillä. (Jokinen, Kuusela & Nikkari 2001, 110-111.)

Sähköstatiikkaa on mahdollista käyttää kaikissa sumuttavissa ruiskutusmenetelmissä. Yleisimmin sitä käytetään hajotusilma- ja ilma-avusteisessa suurpaineruiskutuksessa. Sähköstaattinen ruiskumaalaus antaa myös etuja verrattuna tavallisiin ruiskumaalausmenetelmiin. Materiaalikustannukset pienenevät kun on vähemmän ohi maalausta. Maalattaessa syntyy tasaisempi maalikalvo ja huomattavasti vähemmän jätettä. Kyseisen maalausmenetelmän heikkouksia ovat suhteellisen kallis hankintahinta ja laitteistot tarvitsevat huolellisuutta puhdistuksen ja käytön suhteen. (Jokinen ym. 2001, 110-111.)

Ruiskumaalauksen yhteydessä ilmenee useita ongelmia aiheuttavia tekijöitä, joista muutamista on hyvä tietää. Pahin virhe ruiskumaalatessa on se, että maali jää puuttumaan kokonaan jostakin kohtaa tai kalvon paksuudelle asetetut tavoitteet eivät täyty. Maalattavat kappaleet eivät aina ole rakenteeltaan tai muodoiltaan parhaita mahdollisia maalauksen kannalta, jolloin on mahdollista, että kappaletta on jopa mahdotonta maalata ruiskulla. Muodoista johtuvien ongelmien vähentämiseen voidaan vaikuttaa tuotteiden asettelulla ripustuskoukkuihin tai muuhun vastaavaan telineeseen. Kappaleet laitetaan maalaukseen sellaisessa asennossa, jossa hankalat kohdat ovat esillä. Tällöin maalattavuus paranee huomattavasti, jos kappaleita on vaikea maalata kokonaan, maalataan ruiskumaalaukselle vaikeat kohdat siveltimellä tai telalla. (Jokinen ym. 2001, 106-107.)

5 Robotiikka

Opinnäytetyön yhteydessä oli tarkoitus selvittää maalaussolun lastaus- tai purkuvaiheen mahdollista robotisoinnin toteuttamistapaa toimeksiantajan pyynnöstä. Robotiikka kappaleen tarkoituksena on selvittää robotiikka sanan tarkoitusta ja käyttökohteita.

Robotiikka on pisimmälle kehittynein automaation osa-alue. ”Alkujaan Tšekin kielisellä robotti-sanalla tarkoitettiin etymologian mukaisesti työläistä tai orjaa”. Tämä vaikuttaa robotti sanan merkitykseen nykypäivänäkin, sillä erään määritelmän mukaan mikä tahansa automaatti ei voi olla robotti. Robotilla täytyy olla joitakin ihmisen käskyjä tottelevia piirteitä. Yleisemmin teollisuusrobotteina käytettyjen nivelrobottien rakenne muistuttaa ihmisen käsivartta. (Robocoast, mitä on robotiikka.) ”Teollisuusrobotti on mekaaninen kone, joka siirtää työkalun kiinnityslaippaa halutulla tavalla”. Työkalun liikerata voi olla etukäteen määritetty tai antureiden perusteella työkierron aikana luotu (Lahden ammattikorkeakoulu 2016, 2).

Robotit on luotu suorittamaan työvaiheita, jotka ovat liian yksinkertaisia tai vaarallisia ihmiselle tai ihmisen hienomotoriikka ei ole riittävän tarkkaa. Käytössä olevista roboteista suurin osa on teollisuusrobotteja. Robotteja kehitetään yhä enemmän yksityisten kuluttajien, terveydenhuollon ja viihteen piiriin. (Robocast, mitä on robotiikka.) Yritykset käyttävät robotteja yhä enemmän säilyttämään kilpailukyvyyn ja laadullisen toiminnan markkinoilla (Lahden ammattikorkeakoulu 2016, 4). Kuvassa 2 on ABB:n teollisuusrobotti, joka on suunniteltu tuotantolinjan päähän pakkaustehtäviin (ABB 2017).



Kuva 2. Lavapakkausrobotti IRB 460 (ABB 2017).

Suomessa robotiikkaa on käytetty 70-luvulta asti, jolloin pääpaino oli maalausrobotiikassa. Myöhemmin 80-luvulla alettiin yleisemmin käyttää hitsaus- ja kappaleenkäsittelysovellutuksia. 70- ja 80-luvulla robottien määrä oli noin 500 kappaletta, kun nykypäivänä teollisuusrobottien kokonaismäärä on yli 5000. (Lahden ammattikorkeakoulu 2016, 3.)

6 Maalaussolun toiminnan kehittäminen

6.1 Maalaussolun prosessin kuvaus

Maalausprosessi alkaa tuotteiden noutamisella kokoonpanosoluista. Ovensulkijoiden kokoonpanosoluja ovensuljintehtaalla on neljä kappaletta Käsikokoonpano, palo-ovensulkimet ja kaksi automatisoitua kokoonpanosolua. Sulkijat noudetaan maalaukseen kahdesta automaattiosolusta ja käsikokoonpanosta. Palo-ovensulkimet tuodaan valmiiksi maalausta varten maalaussolun läheisyyteen. Hakuvaiheessa apulaitteina maalaajilla ovat trukki ja pinoamiskuormaaja.

Maalattavan valmistuserän saavuttua maalaukseen aloitetaan tuotteiden lastaaminen kuljettimelle. Ovensulkimet ripustetaan ovensuljinmallille suunnitelluille ripustimille (Kuva 3). Ripustin on vaihdettava jigi, joka asetetaan rekkiin valmistettuihin kiinnityskohtiin. Ripustimien vaihdot suoritetaan yleensä tuotevaihdon yhteydessä. Kiinnittäminen tapahtuu pujottamalla ripustimessa olevat kiinnitystapit rekin kiinnityskohtiin. Rekillä tarkoitetaan maalauslinjaston mukana kulkevaa tukivartta. Siihen on valmistettu yläosaan kiinnityskoukut, jotta sen voi asettaa kuljettimeen kiinni. Rekkiin suunnitellut ripustimien kiinnityskohdat käyvät kaikille ripustinmalleille.



Kuva 3. Maalaamon nykyiset ripustinmallit.

Maalattavan tuotteen ripustaminen taas tapahtuu pujottamalla sulkimet ripustimissa oleviin koukkuihin/lankoihin. Ripustimien koukut on valmistettu suljinmal-

lin mukaisesti niin, että sulkimet pystytään ripustamaan sulkimien asennusreikien kohdista kiinni. Yhteen ripustimeen on mahdollista ripustaa neljä ovensuljinta ja yhteen rekkiin pystyy kiinnittämään kaksi ripustinta. Maalauslinjaston kuljettimelle sopii 67 rekkiä ja kokonaiskapasiteetti on 536 suljinta. Kuvassa 4 ovensulkimet odottavat maalausta.



Kuva 4. Ovensulkimet lastattuina ripustimiin.

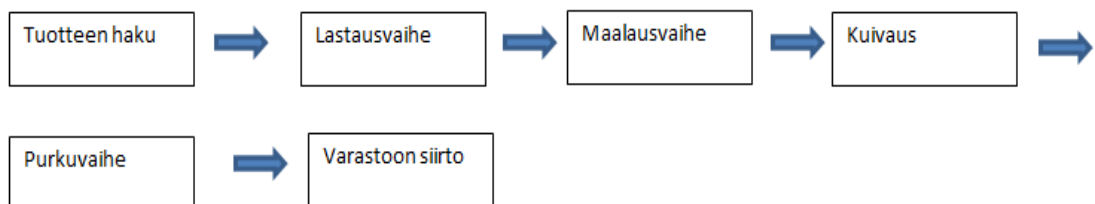
Maalaukseen tullutta valmistuserää lastataan ripustimiin noin 20 rekin verran ennen maalausohjelman vaihtoa. Maalausohjelman vaihto tehdään siksi, koska sulkimien runkoprofiilit ovat erilaisia toisiinsa nähden. Runkoprofiilien erilaisuudesta johtuen maalausrobotin maalausliikkeet ovat hienosäädettyjä ohiruiskutuksen vähentämiseksi. Maalausohjelmien päätarkoitus on siis minimoida maalihukkaa. Maalausohjelman vaihto tapahtuu robotin ohjaussäätimestä. Maalattavan tuotteen nimikkeen mukaan ladataan oikea ohjelma robotille. Ohjelmanvaihdon yhteydessä kuljetinlinjasto on pysäytettävä, jotta robotti voidaan asettaa käsiohjaukselle ohjelman vaihtoa varten. Ohjelman latauksen jälkeen robotti asetetaan takaisin automaattijolle ja linja käynnistetään. Valmistuserän ensimmäisen rekin ylittäessä tunnistinrajan ensimmäisen rekin maalaus uudella ohjelmalla alkaa. Kuvassa 5 maalausrobotti suorittaa maalausta tunnistinrajan ylittäneelle rekille.



Kuva 5. Maalaamon edusta.

Maalauksen jälkeen sulkimet siirtyvät kuljetinlinjan mukana kuivattavaksi uuniin. Uunissa sulkimet ovat noin 30–40 minuuttia, jotta maalipinta kuivuu kunnolla. Kuivausaika pystyisi olemaan lyhyempi, jos uunin lämpötila olisi korkeampi kuin nykyinen 40 astetta. Se ei ole vain mahdollista, koska ovensulkimet on täytetty öljyllä. Öljy laajenee korkeissa lämpötiloissa liian paljon, jolloin suljin halkeaa kuivaus vaiheessa. Tällöin maalauksen kuivausprosessin jälkeen ei olisi yhtään toimivaa suljinta.

Kuivauksen jälkeen ovensulkimet saapuvat jäähdytysvyöhykkeelle, jossa sulkimet jäähdytetään maalauspinnan kovettumisen varmistamiseksi. Jäähdyttämisyöhykkeen jälkeen sulkimet saapuvat purkamisalueelle. Purkamisalueella ripustetut sulkimet irrotetaan ripustimista ja lastataan kuormauslavoille. Ennen purkamista tarroitetaan ne suljinmallit, jotka ovat saaneet CE -hyväksynnän. Purkuvaiheesta valmistunut valmistus erä kuljetetaan välivarastoon pakkausta varten. Alla oleva kuvio 7 kuvaa maalausprosessin työvaiheita.



Kuvio 7. Maalausprosessi.

6.2 Asetuksen vaihto maalauksessa

Asetuksen vaihto suoritetaan maalauksessa, joka kerta kun kokoonpanosoluista haetaan maalausta varten valmistuneita ovensulkimia. Nykytilassa asetuksen vaihtoon liittyy seuraavat vaiheet: tavaran nouto ja vienti, maalattavan valmistuserän työn aloittaminen tuotannonohjausjärjestelmästä sekä asetustyön aloitus, tuotekohtaisen maalausohjelmanvaihto sekä ripustimien vaihdot. Tuotannonohjaus järjestelmään tallentuu asetustöistä dataa palautteen antojen perusteella. Järjestelmä laskee asetustyön aloittamisen ja päättämisen välisen aikavälin, josta saadaan asetusajan kesto tietoon.

6.3 Maalauksen ongelmakohtien selvittäminen ja kehitys

Maalauksen kehittämisen kannalta suurin ongelma liittyy asetuksen vaihtoon ja etenkin siihen kuluvaan aikaan. Asetusaika koostuu useasta eri tekijästä, mutta parilla tekijöistä on mahdollisesti suurimmat roolit asetuksen vaihdossa. Ensimmäinen tekijöistä on tuotteille vaihdettavat ripustimet. Toiseksi mahdolliseksi tekijäksi arvioin tuotteiden kuljetteluun. Tuotteita ei tuoda suoraan maalaukseluun, vaan maalauksen henkilöstö noutaa ne itse kokoonpanosoluista. Ripustimien vaihdot ja kuljetukset ovat mahdolliset juurisyitä asetuksien pitkiin kestoisiin. Juurisyiden pohjalta pystyttiin oletamaan, että näitä vaiheita kehittämällä pystytään vaikuttamaan asetusajan kestoan huomattavasti.

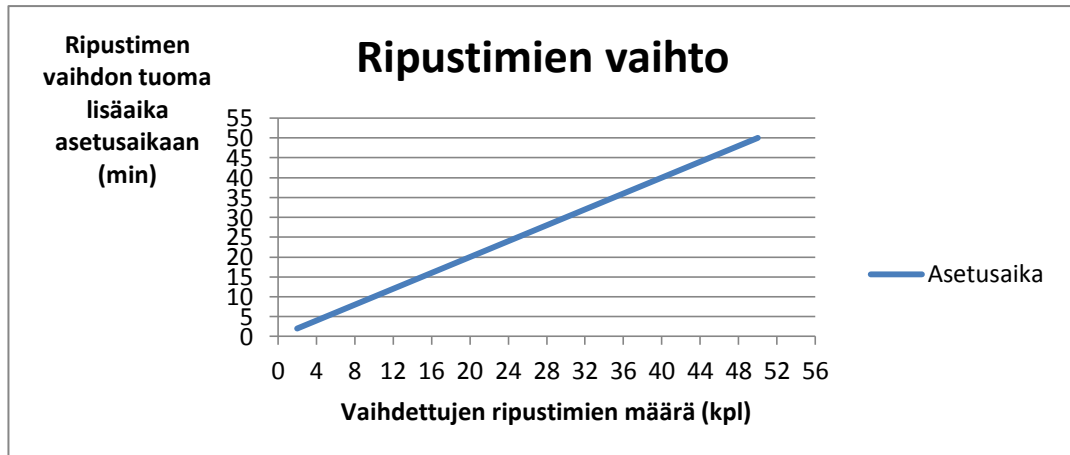
Huomioitavaa nykytilanteessa oli myös se, että minkäänlaista vertailukelpoisia tietoja asetusajoista ei ollut saatavilla. Tuotannonohjausjärjestelmästä pystytään kuitenkin samaan tietoja asetusajoista, mutta tiedot eivät ole kovin luotettavia, koska vaihtelua asetusajoilla on kahdesta sekunnista 26 tuntiin. Tästä johtuen täytyy mahdollisesti luoda uusi määritelmä asetukselle ja niiden kirjaamiselle, jotta järjestelmästä pystyttäisiin saamaan todellisuutta vastaavia aikoja. Juurisyiden selvittyä seuraavana vaiheena prosessissa tuli mittausvaihe. Mittausvaiheessa oletukset mitataan ja todistetaan aineistolla.

Maalausolun asetuksenvaihto alkaa siitä, kun maalattavan valmistuserän viimeinen suljin on ripustettu linjalle ja päättyy siihen, kun viimeinen vaihdettu ripustin on paikallaan. Mittausvaiheessa aluksi keskityin itse asetusajan mittaamiseen. Tarkoituksena oli saada tarpeeksi kattavat lähtötiedot asetuksien kestoista, koska tuotannonohjausjärjestelmään tallennetuissa asetusajoissa ilmeni liian suuria vaihteluita ja ne eivät tästä syystä olleet kovin luotettavia. Asetusaikojen mittausjakson pituus oli kaksi kuukautta.

Asetusaikojen mittauksen yhteydessä seurattiin tiiviisti myös määrittelyvaiheen kahta mahdollista ongelmakohtaa. Ripustimien vaihdon osalta keskityin mittauksissa siihen kuinka paljon se lisää työkuormaa ja kuinka paljon aikaa kuluu yhden ripustin parin vaihtamiseen. Ripustin parin vaihdon mittaaminen suoritettiin ottamalla ensin aikaa pelkistä lastaus- ja purkamisvaiheista. Tämän jälkeen aikaa otettiin lastaus- ja purkamisvaiheiden rekeistä, joihin tarvitsi vaihtaa ripustimet. Huomioin myös mittaamisessa mahdollisen tarroittamisvaiheen sekä koneeseen asetetun toimintanopeuden.

Kuljetusten mittaamisessa keskityin maalauslinjastolta valmistuneiden sulkijoille tarkoitettujen kuormalavojen siirtelyyn varastohyllyihin ja kokoonpanosta valmistuneiden sulkimien noutoon. Valmistuneiden siirtelyssä seurasin kuljettamismatkaa ja siihen kuluvaan aikaan. Noutovaiheessa seurasin samoja asioita, mutta myös sitä, että tuodaanko kokoonpanopisteeltä samalla nouto kerralla myös muita malleja lähemmäksi odottamaan maalausta. Yhdelle kokoonpanopisteistä kertyy kuitenkin huomattavasti enemmän matkaa kuin muille kokoonpanopisteille.

Mittausvaiheesta saatuja asetusajoja analysoimalla tulee selväksi, että asetusajkaan vaikuttaa eniten ripustimien vaihdot. Yhden ripustin parin vaihto nostaa asetusajaa yhden työkierron verran. Työkierron aika oli kaikissa mittauksissa sama yksi minuutti ja 45 sekuntia. Ripustin pariin mahtuu sulkimia kahdeksan kappaletta.

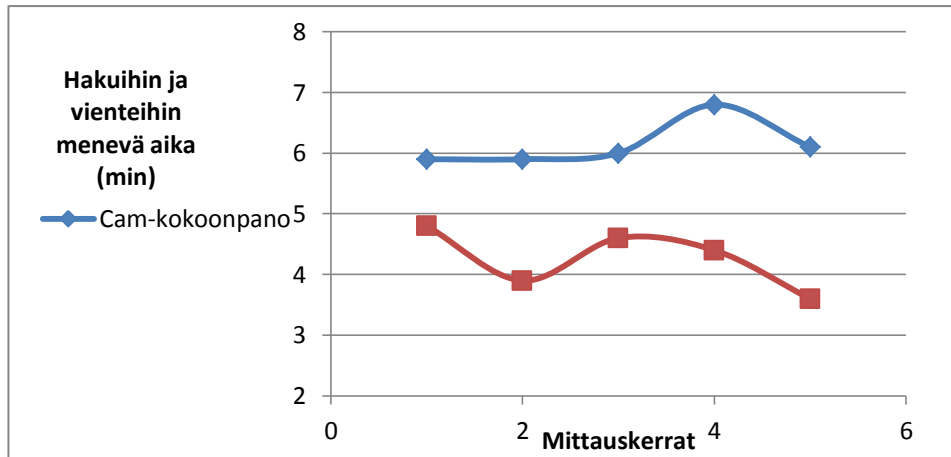


Kuvio 8. Ripustimien vaihdon vaikutus asetusaikaan.

Yllä olevassa kuviossa 8 pystysuuntainen akseli kuvaa ripustimien vaihdon tuomaa aikaa ja vaakasuuntainen akseli vaihdettujen ripustimien määrää. Asetusaikaa kuvaavasta sinisestä käyrästä nähdään, että 50 ripustimen vaihtaminen nostaa asetusaikaa noin 50 minuutilla. On mahdollista, että kaikkien asetusten vaihtoajat saadaan vakioitua tietyille aikavälille. Tämä vaatii kuitenkin yhden ripustinmallin, joka sopii kaikille maalattaville tuotteille. Tällöin ripustuksen tuoma lisäaika asetukseen jää kokonaan pois, jolloin jäljelle jää enää palautteiden annot ja tuotteiden kuljetukset.

Seuraavana keskityin kuljetteluista kerätyyn tietoon. Kuljetteluun mittaustiedot voidaan jakaa kahteen eri osaan alla olevassa kuviossa 9. Kuvan ylempi käyrä kertoo hakuprosessin cam-kokoonpanosta ja toinen käyrä GWS ja 33X kokoonpanoista. Molemmissa käyrissä on huomioitu mukaan maalauslinjalta purettujen tuotteiden vienti varastoon, palautteen anto/uuden työn avaus ja lastattavien lavan nouto kokoonpanosta.

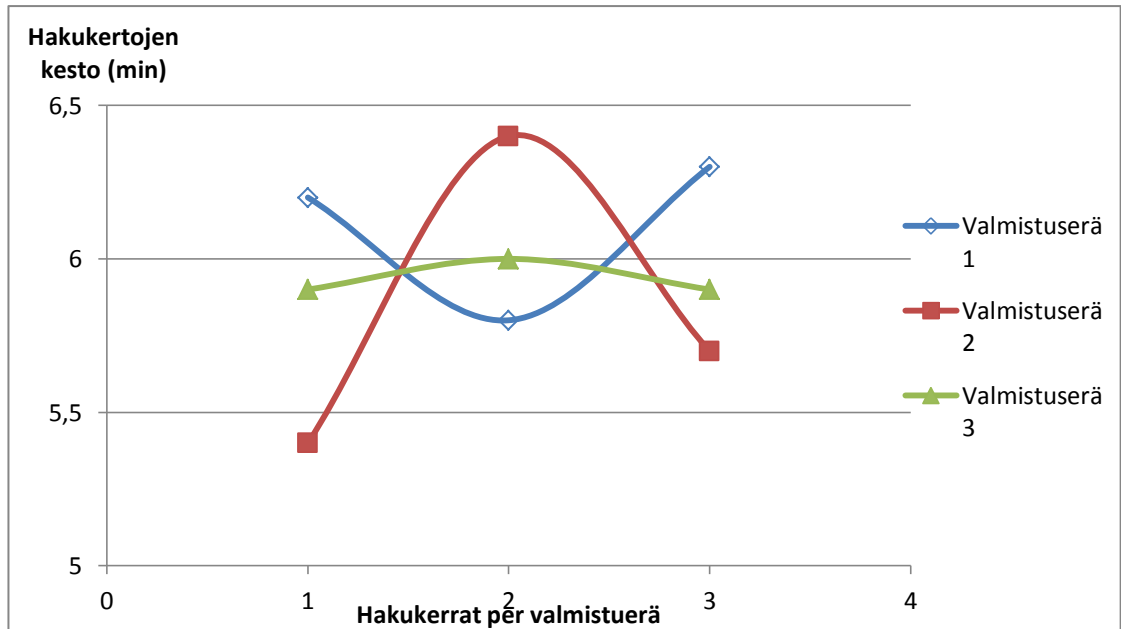
Mittauksien perusteella keskimääräinen kesto linjalta puretun lavan siirrolle on puolitoista minuuttia. Palautteen annolle/uuden työn avaamiselle keskimääräinen kesto on yksi minuutti ja 50 sekuntia. Nämä kaksi arvoa ovat samat molemmissa käyrissä.



Kuvio 9. Kuljettelut.

Yllä olevasta kuvista 9 voidaan nähdä, että hakuprosessi Cam-kokoonpanosta on enemmän aikaa vievä toiminto kuin 33x- ja gws -kokoonpanoista. Suuri ero johtuu suoraan kokoonpanosolun etäisyydestä maalaamoon verrattuna.

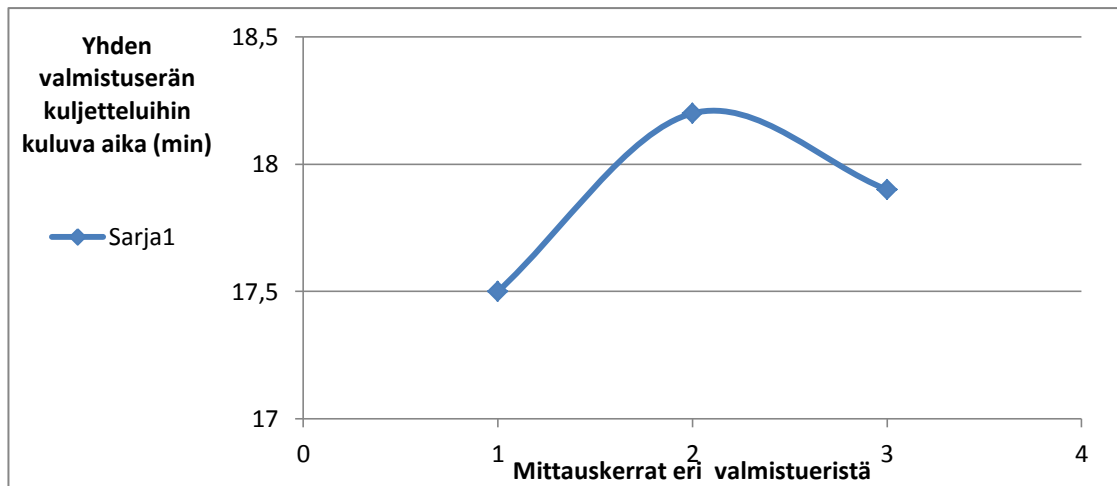
Tässä vaiheessa aloin kyseenalaistamaan kuljetteluista saatavaa mahdollista kehityshyötyä. Tästä syystä aloin tarkemmin tutkimaan kokoonpanoista haettavia valmistuseräkokoja. Näissä huomasin sen, että 33x ja gws kokoonpanoista haetut valmistuserät ovat huomattavasti suuremmat kuin Cam-kokoonpanosta, joten aloin seuraamaan muutaman Cam-kokoonpanon öljyntäytön valmistuserän liikkumista maalaukseen. Seuraamisen myötä selvitettiin se, että öljyntäytöstä valmistuneita sulkimia haettiin maalaukseen useampaan kertaan yhtä valmistuserää kohden. Valmistuserää kohden maalaukseen haettiin noin kolmesti ennen kuin valmistuserä saatiin kokonaan maalaukseen.



Kuvio 10. Valmistuserien kuljettelut.

Yllä olevasta kuviosta 10 pystytään näkemään kolme eri valmistuserää ja valmistuserien käyrissä olevat pisteet kertovat noutokertojen määrän kokoonpanosta sekä noutokertojen keston ajallisesti minuutteina.

Valmistuserien hakukertojen ja niiden kestojen perusteella pystyttiin saamaan tietoa siitä, kuinka paljon yhtä valmistuserää kohden kulutetaan aikaa kuljetteluihin. Tämän tiedon selvittyä pystyttiin kuljetteluiden osalta päättämään se, että Cam-kokoonpanon hakuprosessia on lähdettävä kehittämään. Se on suurin hukkaa aiheuttava tekijä kuljetteluihin. Kuvion 11 käyrä kertoo kolmen eri valmistuserän kuljetteluihin kuluneen kokonaisajan.



Kuvio 11. Valmistuseräkohtainen kuljettelu.

Analyysivaiheesta saatujen ongelmakohtien tarkennusten perusteella pystyttiin varmistamaan oikeat kohteet, joita voidaan lähteä kehittämään eteenpäin parannusvaiheessa.

Seuraavana toimenpiteenä oli parannusvaihe, jossa lähdettiin kehittämään ripustinmallia sekä toimintatapaa sulkimien noutamista varten Cam-kokoonpanosta. Ripustimen kehittämisen onnistuessa pystyttäisiin helpottamaan ensinnäkin asetuksen vaihdon työaakkaa sekä minimoimaan asetuksen vaihtoon kuluva ajan. Asetusaikaan se vaikuttaisi niin paljon, että jatkossa kaikki asetukset kestäisivät suunnilleen viidestä kuuteen minuuttia.

Ripustimien kehittäminen aloitettiin selvittämällä, minkälaisia ripustin vaihtoehtoja oli aikaisemmin mietitty, ja mihin ne olivat mahdollisesti kariutuneet. Selvitteilyn myötä selvisi, että ripustimiin oli mietitty aikaisemmin erilaisia pinnoitteita maalinkertymisestä johtuvaan ongelmaan. Ongelma lähtee liikkeelle siitä, kun maalataan sähköstaattisesti ja maali hakeutuu maadoitettuihin pintoihin. Paljaaksi jääneet kohdat sulkimen ollessa ripustettuna maalautuvat ajan kanssa niin pahasti, että ripustimesta tulee käyttökelvoton. Tähän ongelmaan oli joskus kehitetty muovipinnoitetta oletuksena, että maalin pystyisi helposti raaputtamaan esimerkiksi mattoveitsellä pois. Tämä kyseinen pinnoite ei ollut toiminut oletusti ja pinnoitus vaihtoehto oli jätetty siihen.

Maalin kertymisestä johtuvaan ongelmaan oli myös kokeiltu ripustimien maali-kertymän polttamista pois uunissa. Ideana on se, että uunin lämpötila on niin korkea, että maalijäte ripustimen pinnalta palaisi pois muokkaamatta ripustimien fyysistä muotoa. Polttaminen oli tuottanut toivottua tulosta, mutta kustannus-syistä se oli jouduttu unohtamaan. Myös useita muita ratkaisuvaihtoehtoja oli jo aikaisemmin pyritty kokeilemaan, mutta syystä tai toisesta niitä ei aikaisemmin ollut saatu toimimaan.

Ripustimen maalin kertymiseen lähdettiin kokeilemaan Joensuun tehtaan pin-noituspuolen liuotinaineita. Liuottimia oli kokeilussa kahta eri mallia ecostrip ja xxx. Ecostrip liuotin oli toista ainetta hinnaltaan huomattavasti huokeampaa ja toimiessaan sitä pystyttäisiin käyttämään maalauksen maalivarastossakin tuot-teen turvallisuusluokituksen ansiosta. Suoritimme ripustimille testin aineessa, joka kesti yhden vuorokauden. Ripustimen yksi osa oli koko testin ajan liuotin-aineessa. Lopputuloksena suoritetusta testistä oli se, että kyseinen liuotin ei ollut tarpeeksi vahvaa aiheuttaakseen halutun tuloksen. Aine pystyi muokkaa-maan ripustimen maalipinnan purukumimaiseksi (kuva 6). Haluttu tulos testistä olisi ollut se, että maalipinnoite olisi sulanut pois metallin päältä.



kuva 6. Ripustin ecostrip liuottimen jäljiltä.

Yhdelle ripustimelle suoritettiin tuotteella xxx hieman lyhyemmän ajan kestävä testi johtuen aineen korkeasta hinnasta ja sen järkevästä käyttömahdollisuudes-ta. Toimiakseen kunnolla kyseinen liuotin pitäisi lämmittää 70 asteiseksi. Testin valmistuttua tulokset olivat samankaltaiset kuin toisella liuottimella, mutta muu-

tos maalipinnassa tapahtui huomattavasti nopeammin. Näin ollen molempien liuottimien käyttömahdollisuus jouduttiin unohtamaan niiden heikosta toimivuudesta johtuen. Alla olevassa kuvassa 7 on ripustin xxx liuotinaineella suoritettun testin jälkeen.



kuva 7. Ripustin xxx liuottimen jäljiltä.

Ripustimien maalin kertymisongelmaan ei pystytty löytämään toimivaa ratkaisua. Joten ripustimien kanssa siirryttiin seuraavaan vaiheeseen eli kehittämään mallia, joka sopisi kaikille sulkimille. Nykyisellään ripustinmalleja on kolme erilaista. Ripustinmallit ovat suunniteltu kolmelle päärunkotyypille A:lle, B:lle ja C:lle. Tässä keskityttiin siihen, että kaikki kolme mallia pystyttäisiin jatkossa ripustamaan yhteen samaan malliin. Tuotteet olisi helppo lastata ripustimeen ja se olisi myös mahdollisimman ergonominen, koska maalauksen työ on luokiteltu koko ovensuljin tehtaan raskaimmaksi työvaiheeksi.

Ripustinvaihtoehdoiksi löydettiin useita variaatioita, jotka olisivat toimineet lastaamisen osalta. Ongelmaksi kuitenkin muodostui sulkimien maalautuvuus. Sulkimien oli maalauduttava virheettömästi joka puolelta eikä varjostumia saanut jäädä. Varjostumat pääsevät syntyämään sulkimen pintaan silloin, kun maali pisarat eivät suoraan kohdistu sulkimen pintaan, vaan välissä on jokin este kuten verkko. Joten sulkimia ei ollut mahdollista laittaa mitään verkon tapaista vasten.

Ideointi aloitettiin uudelleen ja päädyttiin siihen, että sulkimet on pakko jatkosakin ripustaa nykyiseen tapaan asennusreiän kohdasta. Ripustinta lähdettiin kehittämään niin, että ripustimen runko-osa pidetään nykyisellään, mutta koukkujen osalle kehitetään jotain uutta ja yksinkertaista. Koukkujen osalta pohdittiin onko jotain nykyisistä vaihtoehdoista mahdollista käyttää hyödyksi kahden muun mallin kanssa. Tämän myötä saatiin selville se, että mallin A koukkua pystytään hyödyntämään mallin B kanssa, mutta mallille C se ei kävisi. Ripustinmallissa C käytetään suoraa metallilankaa.

Seuraavaksi selvitettiin mallin C langan sopivuutta malleihin A ja B. Tämän mallin kanssa selvisi, että mallin C lanka on alustavasti paras mahdollinen vaihtoehto ja muut suljin mallit mahdollisesti kävisivät tälle langalle. Ensimmäiseksi testattiin sitä, millä tapaa ovensulkimet pystytään ripustamaan mallin C lankaan. Tässä vaiheessa todettiin, että malli A täytyisi ripustaa yhden langan varaan nykyisen kahden sijaan. Sulkimen käyttäytymistä ripustettuna yhden langan varaan seurattiin parin käännön verran. Lopputuloksena seurannasta oli, että suljin pysyy ripustettuna, mutta se on vinossa pystysuoran sijaan. Roikkuminen vinossa ei kuitenkaan aiheuttaisi mitään isompaa ongelmaa. Maalausohjelmaa täytyisi vain hienosäätää, jotta ohiruiskutus saadaan muutettua sulkimen suuntaiseksi. Myös mallissa C käytettävää ripustimen langan pituutta täytyisi lisätä mallin A asennusreiän syvyydestä johtuen.

Mallin A toimivuuden toteamisen jälkeen aloitettiin kokeilut mallin B kanssa. Ensimmäiseksi selvitettiin sulkimien ripustettavuus. Todettiin, että sulkimet pystytään ripustamaan suoralle langalle entiseen tapaan ja se olisi myös ehkä hieman ergonomisempaa nykyiseen verrattuna. Olemassa olevassa mallin B ripustimessa lankaa on taivutettu sen verran, että siihen on muodostunut pieni koukku. Ripustaessa ovensuljinta täytyy hieman kääntää, jotta sen saa pujotettua ripustimeen. Mallin B kanssa selvisi, että suurin osa langasta tulisi jäämään maalausvaiheessa paljaaksi. Olettamuksena oli, että kyseinen ongelma ajan kanssa aiheuttaa maalinkertymistä lankaan ja vaikuttaisi sulkimen ripustettavuuteen huomattavasti. Tämän ongelman osalta todettiin, että palataan miettimään sitä uudelleen myöhemmin.

Mallien A ja B sopivuuden tutkimisen jälkeen oli keskityttävä mallien C ripustamiseen. Tätä vaihetta ei mahdollisesti olisi tullut vastaan, jos ovensuljinrunkomallit A ja B olisi pystytty ripustamaan kahden langan varaan. Tämän aiheuttaa A ja B mallien runkojen erilaisuus ja asennusreikien paikoitukset. Aluksi selvitettiin kuinka sulkimet ripustettaisiin. Tähän löytyi kaksi eri vaihtoehtoa, joista toinen oli nykyiseen malliin, mutta yhdestä asennusreiästä, koska ripustin olisi yhdellä langalla. Uudeksi vaihtoehtoiseksi tavaksi keksittiin, että sulkimet ripustettaisiin akselin kohdasta. Tämä tyyli todettiin ripustamisen osalta helpommaksi ja nopeammaksi kuin nykyinen. Muutaman sulkimen ripustamisen jälkeen havaittiin, että tapa on huomattavasti raskaampi sekä sulkimien tarroittaminen hankaloituisi. Alustavan tutkimustyön valmistuttua päätimme aloittaa ensimmäisen protomallin suunnittelun. Protomallista luotiin piirustukset, jonka mukaan alihankkija valmisti ensimmäiset ripustimet. Kuvassa 8 on ensimmäisen protoripustimen 3D-malli.



Kuva 8. Ensimmäinen protomalli.

Protomallin ripustinparilla tehtiin neljän viikon mittainen testi. Testin tarkoituksena oli selvittää kuinka suljinmallit maalautuvat ja minkälaisia ongelmia syntyisi. Testin alkuvaiheessa maalattavaksi laitettiin mallin C sulkimia. Sulkimet ripustettiin maalauslinjaan akselin kohdasta. Maalausjälki oli ensi näkemältä siisti ja kunnollinen ilman ohjelman hienosäätöä. Ongelmaksi tässä ripustustyyliissä havaittiin se, että maalausrobotista poispäin olevan laakeripesän pinta ei maalautunut kunnolla. Tähän ongelmaan todettiin se, että ripustimen runko-osa peittää

tarpeeksi estääkseen maalin pääsyn laakeripesään, vaikka sulkimet maalataan molemmin puolin. Ovensuljinmallien C lastaaminen vaihdettiin takaisin asennusreiän kohdasta ripustamiseen. Tämän jälkeen maalauksen kanssa ei tullut enää ongelmaa.

Seuraavaksi testattiin mallin A maalattavuus. Lähtökohtaisena olettamuksena oli, että maalausjälki ei olisi niin hyvä kuin C mallilla. Johtuen mallin A koosta ja maalausohjelman tekemästä ohiruiskutuksesta. Tämä oletamus piti paikkaansa, mutta muuten sulkimen kanssa ei ollut ongelmaa. Mallin A testaamisen jälkeen suoritettiin viimeinen testivaihe, jossa tarkoituksena oli selvittää kuinka nopeasti lankoihin kertyy maalia. Testin aikana maalattiin pelkästään mallin B sulkimia. Ensimmäisten kahden viikon aikana maalikertymä oli pienoista eikä vielä tuottanut ongelmaa mallien A ja C ripustamisen kanssa. Ripustimien oltua kolme viikkoa linjassa mallia C ei pystytty ripustamaan enää ja mallin A kanssa alkoi syntyä pieniä vaikeuksia. Testi lopetettiin neljännen viikon kohdalla, kun ripustimeen ei enää sujuvasti pystynyt ripustamaan edes B mallin sulkimia.

Ensimmäisen protoripustimen testauksen tuloksena päätettiin, että valmistetaan uusi samanlainen ripustin, mutta langan halkaisijaa pienennetään viidestä millimetristä neljään millimetriin. Ajatuksena langan paksuuden pienentämisellä oli ripustimen käyttöön mahdollinen pidentäminen. Uudessa protomallissa on tarkoitus myös testata maalinkertymisen vaihtelua kun osa langoista on kierteistettyjä ja osa ilman kierrettä.

Uusien protoripustimien kanssa on tarkoitus suorittaa maalaukset siten, että joka kierrolla ripustimeen vaihtuu eri tuotetyyppi. Tarkoituksena on pystyä suorittamaan ripustimien testaus, niin todellisissa olosuhteissa kuin vain on mahdollista. Välttääksemme ensimmäisen testin ongelmaa sen suhteen, että ripustimilla maalattaisiin käyttösuhteeseen nähden kaikkia malleja yhtä paljon.

Ripustinkehittelyn valmistuttua alettiin selvittää cam -kokoontamista haettaessa syntyvälle hukalle mahdollista ratkaisua. Ongelmana lähtökohdaltaan on se, että cam-kokoontamista haetaan keskimäärin kolme kertaa päivään tavaraa. Haettavalla määrällä ei ole merkitystä hakuun kuluvaan aikaan. Ongelman rat-

kaisuksi pyrittiin löytämään helposti toteutettavissa oleva toimintamalli. Tähän lähdettiin selvittämään öljyntäytön päivittäisiä saantomääriä. Tuloksena selvietykselle oli, että cam-kokoonpanon öljyntäyttö tuottaa vuoroon 400 -500 suljinta. Tämä kyseinen määrä olisi mahdollista maalata kolmeen tuntiin. Öljyntäytöstä valmistuneet sulkimet olisi myös mahdollista tuoda yhdellä hakukerralla maalaukseen.

Toimintamallin muuttamisesta saatavia toiminnallisia etuja ja hyötyjä tarkasteltiin suuremmalla joukolla. Keskustelun pohjalta tuli ilmi, että idea on hyvä, mutta tämän hetkinen tuotantotilanne ei mahdollistaisi toimintamallin kunnollista toimintaa. Päädyimme jättämään tämän ehdotuksen sivuun. Pohdinnan jatkokehitysmahdollisuudet osiossa on kerrottuna tarkemmin mahdollisista hyödyistä, toteuttamisesta sekä syistä miksi toiminta ei onnistunut tällä hetkellä.

Cam-kokoonpanon öljyntäytöstä haettaessa ovensulkimia syntyy myös toinen hukkaa aiheuttava tekijä. Tämä hukan aiheuttaja on valmistuseräkohtaiset kuljettelut. Kyseinen ongelma huomattiin analysointivaiheessa, kun tarkasteltiin mittausvaiheen cam-kokoonpanon hakukerroista saatuja tuloksia. Öljyntäytön eräkoot ovat 300 kappaleen suuruisia ja yleensä öljyntäytöstä haettava sarja on 100 kappaleen luokkaa, joten yhdelle sarjalle syntyy useita hakukertoja. Ongelma moninkertaistuu myös muiden toimenpiteiden kanssa, jotka täytyy suorittaa tuotteiden haun yhteydessä kuten purettavan lavan siirto ja palautteidenannot.

Tähän ongelmaan pyrittiin löytämään ratkaisu sarjakokojen pienentämisen mahdollisuudella. Sarjakokojen pienennyksellä kyettäisiin jatkossa kontrolloimaan paremmin sarjakohtaisia kuljetuksia sekä tuotteet olisi mahdollista maalata yhdessä sarjassa kolmen sijaan. Palautteen annoissa tapahtuvat virheet mahdollisesti vähentyisivät, mikä antaisi lisää aikaa maalauksen käyttöön.

Sarjakokojen pienennykseen tarvittavia toimenpiteitä lähdettiin selvittämään. Tämän osalta muodostui käsitys kuinka laajalle eräkokojen pienennys tulisi vaikuttamaan, joten sarjakokojen pienennykseen ei käytetty enempää resursseja.

Parannusvaiheen loppuosassa pohdittiin myös mahdollista lastausvaiheen tai purkuvaiheen robotisointia. Tarkoituksena oli selvittää kuinka robotisoinnin mahdollisesti pystyisi toteuttamaan ja kumpaan vaiheeseen se kannattaisi toteuttaa. Robotisoinnin toteutukseen ei lähdetty selvittämään eri roboti vaihtoehtoja vaan asiaa käsiteltiin enemmän ajatustasolla. Lastaus- ja purkutyövaihe ovat maalauksprosessissa suunnilleen yhtä paljon työtä vaativia vaiheita, joten tämä mahdollisti keskittymisen siihen, että olisiko robotilla helpompi suorittaa lastaaminen ripustimiin kuin purkaminen ripustimista.

Robotisointiin liittyen maalauksen henkilökunnalta syntyi ehdotus ripustinmallista, jolla olisi muihin ripustinmalleihin verrattuna helpompaa toteuttaa robotisoinnin purku- tai lastausvaihe. Ripustimesta tehtiin piirustukset, jonka mukaan alihankkija valmisti ripustimen. Tuloksissa on tarkemmin esiteltynä mahdolliset vaihtoehdot robotisoinnille sekä ripustinmallin toimintaperiaate.

DMAIC -ongelmanratkaisumenetelmän viimeisessä ohjaus- ja valvontavaiheessa työntekijöille opastetaan oikeanlainen merkkaustapa tuotannonohjausjärjestelmään asetuksen vaihtoihin. Maalaukseen tullaan hankkimaan näyttö, mihin luodaan mittaristo, josta reaaliaikaisesti pystytään näkemään päivän saantomäärät tuotekohtaisesti sekä päiväkohtainen tavoite. Opinnäytetyön toteutuksen aikana todetut muutoskohteet laskettiin, jotta lasketuista tuloksista saatiin nähtyä tuottavuuden kehitys.

7 Tulokset

7.1 Ripustimet

Tämä kappale käsittelee opinnäytetyössä suoritettua ripustinkehitystä ja millaisia tuloksia kehityksen myötä on mahdollista saada aikaan. Tulokset kappaleen alkuosassa on kerrottu ripustimien vaikutusta asetusaikaan ja mihin ripustimien kanssa päästiin. Kappaleen loppuosassa on kerrottu saavutettavista tuloksista.

Maalauksessa asetuksen vaihdon yhteydessä tapahtuva ripustimien vaihto vaikuttaa huomattavasti asetusajan keston. Yhden ripustinparin vaihto tuo lisää asetusajaan joka kerta yhden työkierron verran. Ripustimien vaihto lisää normaalia työsuorittamista huomattavasti sekä tuo huomattavan lisän asetusajaan. Ripustimien kehityksellä pystytään pudottamaan kaikki asetusajat alle kymmeneen minuuttiin sekä vähentämään työpisteellä asetuksen vaihdon yhteydessä tapahtuvaa työtä.

Asetuksen vaihdon yhteydessä olevan arvoa tuottamattoman ajan vähentämiseksi ongelmaa lähdettiin purkamaan ripustimien kehitysideoinnilla. Tavoitteena oli löytää sellainen ripustin ratkaisu, jolla pystyttäisiin maalaamaan kaikki tehtaan ovensuljinmallit sekä palosulkujärjestelmät. Kriteerinä oli myös säilyttää maalausjäljen taso nykyisellään. Vaihtoehtoista jouduttiin karsimaan pois kaikki sellaiset ideat, joilla maalausjälki ei olisi pysynyt entisellään.

Ideoinnin pohjalta saatiin luotua ensimmäinen protoripustin. Protomallin runko-osa on identtinen nykyisten ripustimien runko-osan kanssa, mutta ripustinlangat ovat erilaiset kuin nykyisissä. Ripustinlankojen paksuus ensimmäisessä protomallissa on viisi millimetriä ja pituus 50 millimetriä. Nykymallin ripustimissa lankojen pituudet vaihtelevat 25 millimetristä 40 millimetriin. Langan pituuden kasvulla varmistetaan se, että sulkimet pysyvät ripustimessa koko maalausprosessin ajan.

Kyseiselle protomallille suoritettiin neljän viikon mittainen testijakso. Testin perusteella pystyttiin toteamaan, että kyseinen protomalli toimii kaikille suljin mallille. Ongelmaksi muodostui kuitenkin ripustimiin kertyvä maali. Maalia kertyi sellaisiin kohtiin, joita suljin ei ripustettuna peittänyt. Kun samaan kohtaan kertyy riittävästi maalia, se heikentää sulkimien ripustettavuutta huomattavasti. Kolme viikkoa oli riittävä aika tälle. Maalikertymä oli niin suurta, että ripustimeen ei pystytty ripustamaan enää kuin yhtä suljinmallia (Kuva 9).



Kuva 9. Ensimmäinen protoripustin neljän viikon maalauksen jälkeen.

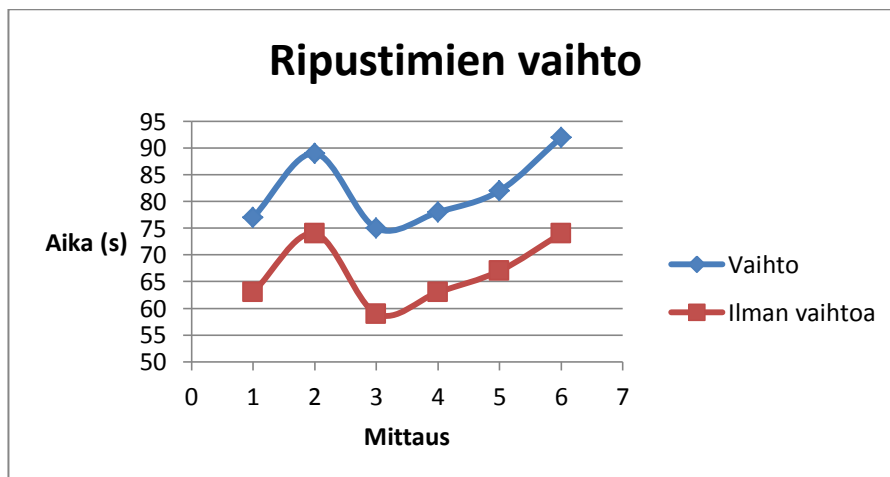
Tämän pohjalta luotiin uusittu protomalli, jolle langan paksuutta pudotettiin viidestä millimetristä neljään millimetriin. Ripustimella pyrittiin maalaamaan todellisuutta vastaavalla tavalla. Jokaisella maalauskierröksellä ripustimessa oli eri mallin suljin maalattavana. Langan paksuuden muutos ei tuonut negatiivisia vaikutuksia esille, vaan oikeastaan hieman helpotti ripustamista. Lankojen osalta testattiin myös sitä, kertyykö kierteistettyyn lankaan helpommin maalia kuin normaaliin tasapintaiseen. Lankamallilla ei ollut maalinkertymiseen niin suurta merkitystä, että siitä olisi syntynyt oikeaa hyötyä. Uuden ripustinmallin kestoikä kaksinkertaistui ensimmäiseen protomalliin verrattuna. Käyttöikä kasvoi ohuemman langan myötä. Alla olevassa kuvassa 10 on protoripustin kaksi.



Kuva 10. Protoripustinpari 2.

Ripustinkehityksen myötä maalauksen asetuksen vaihdon toimintaa pystytään vähentämään parilla muutoksella. Muutoksien aikaan saaminen vaatii uusien ripustimien tulon maalauksen käyttöön. Ensimmäinen iso muutos on se, että ripustimia ei tarvitse jatkossa vaihtaa eri tuotteille. Vaihto tapahtuu ainoastaan silloin, kun vaihdetaan vanhat ripustimet uusiin. Vaihdon poistuminen tarkoittaa viikko tasolla 402 ripustimen vaihtoa ja vuositasolla 12864 ripustimen vaihtoa. Työntekijän kannalta se tarkoittaa työnteon vähentymistä 15 sekuntia per ripustinpari. Ajallisesti viikkotasolla se tarkoittaa noin yhtä tuntia ja vuositasolla 32 tuntia. Luku ei suoraan vaikuta kovin suurelta, mutta se helpottaa huomattavasti työkuormaa.

Alla olevasta kuvista 12 nähdään ripustimien vaihdon tuoman lisäajan purku- ja lastausvaiheeseen. Kuvan ylemmässä käyrässä aikaan sisältyy purkuvaihe, lastausvaihe ja ripustimien vaihdot. Alemmassa käyrässä on lastaus- ja purkuvaiheen kesto ilman ripustimien vaihtoa.



kuvio 12. Ripustimien vaihto.

Ripustimien myötä asetusajat vakioituvat viiden ja kuuden minuutin luokkaan, jolloin niille olisi mahdollista luoda vakioitu aika tuotannonohjausjärjestelmään. Tämä poistaisi asetustyön avaamiseen ja päättämiseen kuluvan ajan kokonaan pois asetuksen vaihdosta. Tarkoittaa neljää minuuttia per asetus. Neljä minuuttia syntyy siitä, kun tuotannonohjausjärjestelmästä avataan ja suljetaan asetus. Keskimäärin tuotannonohjausjärjestelmään merkattaessa yksi merkkkaus kerta

kestää noin kaksi minuuttia. Päivittäisellä tasolla tarkoittaa vähintään 16 minuuttia. Vuositasolla 2560 minuuttia joka on tunteina 42 tuntia eli yhden työntekijän viikon työtunnit.

Myös monet ylimääräiset kuljettelut säästävät ripustimien vaihdon poisjäännin myötä. Nykyään asetuksen vaihdon yhteydessä lastattavien sulkimien lava on yleensä kesken ja se joudutaan siirtämään sivuun. Keskeneräinen lava siirretään sivuun, jotta ylimääräisiltä ripustimien vaihdoilta vältytään. Jatkossa keskeneräinen lava voidaan lastata suoraan linjalle, jolloin säästyy suoraan yhden minuutin verran suoraa hukkaa. Päivän aikana tuotteen vaihtoja eli asetuksia tehdään noin viidestä seitsemään kertaan. Näistä vaihdoista noin viidellä kerralla suoritetaan keskeneräisen lastattavan lavan siirto. Tuloksena tästä saadaan viisi minuuttia suoraa hyötyä päivittäiseen maalaukseen. Vuositasolla vajaan lavan siirtelyn poisjäänti tarkoittaa 1115 minuuttia.

Uusia ripustimia varten maalaukseen tullaan tekemään tarpeelliset ohjelma-
muutokset ja hienosäädöt eri suljinmalleja varten. Hienosäätöjen avulla saadaan maalihukka minimiin. Tällä hetkellä maalauksessa ajetaan samalla ohjelmalla kaikki sulkimet, joka on hyvä ratkaisu. Maalia pystytään kuitenkin säästämään hienosäätöjen avulla vuositasolla 234 kg.

Maalausohjelman ohiruiskutusta mitattiin useampaan kertaan ja hukka-ajaksi tämän osalta saatiin kaksi sekuntia per työkierto. Robotin maalinsyöttöpaine säädettiin tarkalleen siihen kohtaan, jossa sen kuuluu olla kun maalataan normaalilla maalausnopeudella. Säätöjen jälkeen mittakulhoon laskettiin minuutin ajan maalia. Tämän jälkeen saatiin selville kuinka paljon minuutin aikana maalia tulee syötetyksi kyseisessä maalausnopeudessa käytettävällä paineella. Seuraavaan kappaleeseen on laskettuna ohiruiskutuksen aiheuttama maalihukka.

Mittakulhon paino tyhjänä oli 0.034 kg. Maalinsyötön jälkeen painoa oli 0,1480 kg. Vähentämällä mittakulhon paino jälkimmäisestä mittauksesta saadaan maalinsyötöksi 0.114 kg/minuutti. Jakamalla 60 sekunnilla saadaan 0,0019kg/ sekunti. Työkierrossa on kaksi sekuntia tyhjän maalaamista, niin kahdelle sekunnille maalinsyötöksi saadaan 0,0038 kg. Vuorokaudessa robotille työkiertoja

tulee noin 300 → $0,0038 \text{ kg} \times 300 = 1,14 \text{ kg/ päivä}$. Vuodessa työpäiviä on 223 → $223 \times 1,14 \text{ kg} = 234,22 \text{ Kg}$. Käytössä olevan maalintiheys on $1,2 \text{ kg/ 1 litra}$, joten maalihukka vuodessa on 195,2 litraa.

7.2 Maalauksen purku- tai lastausvaiheen mahdollinen robotisointi

Opinnäytetyön toteutuksen loppuvaiheessa pohdittiin mahdollisia vaihtoehtoja maalaussolun lastaus- tai purkuvaiheen robotisoinnille. Robotisoinnin toteuttamiselle löytyy useita erilaisia variaatioita, joten on hankalaa listata juuri sitä parasta ja takuulla toimivaa vaihtoehtoa. Jos oletuksena on se, että nykyisen solun fyysistä rakennetta ei lähdetä muuttamaan (kuljetin, uuni ja vyöhykkeet). Tällöin vaihtoehtoja robotisoinnille jää huomattavasti vähemmän. Fyysisillä muutoksilla tietenkin pystyisi samaan muutosta, mutta kannattavaksi se ei tulisi.

Esimerkiksi uuden nykyisen pituisen kuljettimen rakentaminen tulisi maksamaan noin 100 000 - 150 000 euroa. Tämän hintaluokan kuljetin mahdollistaisi ulkoisen radan liittämisen linjastoon, kuten tehtaan läpi kulkevan radan yhdistäminen olisi mahdollista erilaisella kuljettimella. Vyöhykkeiden laajennuksen hinta liikkuu 10 000 eurosta eteenpäin. Vyöhykkeiden muutoksella pystyisi saamaan lisää tilaa kuljetinlinjaston käytäviin, jonka myötä olisi mahdollista toteuttaa lastaamisen erilaisiin ripustimiin. Tämä mahdollistaisi lastausvaiheeseen huomattavaa ergonomian parannusta sekä mahdollisuuden löytää tehokkaan ripustustavan.

Nykyisellä maalaussolun rakenteella robotisoinnin toteuttaminen olisi mahdollista parilla erilaisella toteutustavalla. Mahdollisesti helpoiten toteutettavissa on purkuvaiheen robotisointi. Nykyisille ripustinmalleille purkuvaiheen toteutus tapahtuisi niin, että rekin tullessa ulos jäädytysvyöhykkeeltä manipulaattori tarttuisi rekin rungosta kiinni estäen rekin eteen ja taakse liikkeen. Tämän jälkeen robotti nostaisi sulkimet pois ripustimista yksitellen tai useamman kerrallaan riippuen millainen tarttujasta tehdään. Noston jälkeen robotti siirtyisi jonkin väli-tason luo, jossa se suorittaisi tarttujan uudelleen paikoituksen niin, että sulkimen pystyisi asettelemaan lavalle mahdollisimman hyvin.

Manipulaattorin tarttujassa olisi hyvä olla mahdollisuus suorittaa lukitus rekkeihin vähintään kahdesta eri pisteestä, jotta ylimääräinen liikehdintä pystytään minimoimaan. Sulkimien roikkuessa ripustimissa eri tavalla robotille joutuu mitä luultavimmin suunnittelemaan ohjelmat jokaiselle ovensuljinmallille, ellei robotissa ole koneennäköä.

Purkuvaiheen robotisoinnin toteuttamisen ideoinnin aikana syntyi muutama kysymys liittyen mahdollisiin ongelmiin tuottaviin kohtiin. Ensimmäisenä kysymyksenä on, ehtiikö robotti suorittamaan kahdeksalle kappaleelle työkierron lisävaiheineen ottamatta huomioon tarvetta tarroitukselle. Nykyisillä maalausohjelmilla linja on pysähdyksissä pisimmillään noin 50 sekuntia. Tästä syystä on mahdollista, että robotti ei ehdi suorittamaan purkuvaihetta loppuun tässä ajassa. Jos tämä oletamus pitää paikkaansa, niin maalausrobotin työkiertoa joutuu pidentämään, jolloin pahimmassa tapauksessa päivittäinen saantomäärä laskee.

Toinen kysymys liittyy tarroituksen toteutukseen. Kuka tai mikä tarroittaa ja milloin ja missä? Tarroitusta varten on olemassa laitteita, jotka tarroittavat kun tarraa tarvitseva tuote viedään laitteelle tarroitettavaksi tai vaihtoehtoisesti robotin tarttujaan rakennettava lasermerkkaaja. Ensimmäinen vaihtoehtoista lisää tehtävää työtä ja pidentää työkiertoa. Tarttujaan rakennettava lasermerkkaaja on siinä hintaluokassa että, sitä voi pitää enemmän hienona ominaisuutena kuin kannattavana ratkaisuna. Toteuttamisen kannalta tarroitus tulisi hoitaa, jonkun muun työprosessin yhteydessä kuin maalauksen.

Kolmas kysymys liittyy laatuun. Onko halua panostaa robotin konenäköön niin paljon, että robotti kykenee hoitamaan laadun tarkastamisen itsenäisesti, kuten maalauksen pinnanlaadusta ja öljyvuodoista huolehtiminen. Kovin isoa ongelmaa tästä ei kuitenkaan syntyisi, koska maalauksen jälkeen pakkaussolun henkilöstö käsittelee ovensulkimet ennen pakkausta. Joskus pakkausvaiheessa on huomattu vuotoja, joihin maalaus ei ollut reagoinut tai vuodot eivät olleet alkaneet maalattujen tuotteiden purkuvaiheessa.

Purkuvaiheen robotisoinnin helpottamiseen maalauksen henkilökunnalta syntyi ehdotus ripustinmallista. Ripustinmallissa on tarkoituksena lastata kaikki suljin-

mallit samaan tapaan, jolloin robotille ei tarvitsisi luoda omia ohjelmia jokaiselle suljinmallille. Purkuvaiheessa on myös mahdollista, että ovensulkimet saadaan myös helpommin purettua ripustimista. Alla olevassa kuvassa 11 oikealla puolella on protomalli tyhjänä ja vasemmalla puolella protomalliin ovensulkimet ripustettuina.



Kuva 11. Protomalli 3.

Toinen vaihtoehto robotisoinnin toteuttamiselle on lastausvaihe nykyisillä ripustinmalleilla. Tässä tarkoituksena on, että robotti nostaisi täydeksi lastatun rekin kerralla kuljettimelle. Tämän toteuttaminen vaatisi sen, että purkuvaiheessa maalaaja nostaa tyhjän rekin kuljettimelta pois ja laittaa sen robotin luokse vievälle toiselle kuljettimelle. Eli tyhjä rekki kulkee purkuvaiheen jälkeen omaa kuljetinta pitkin robotille, jonka luona manipulaattori lukitsee rekin robotin tasoon. Robotti lastaa kuormalavalta sulkimet ripustimiin, jonka jälkeen se nostaa rekin takaisin maalauslinjaston kuljettimelle maalausta varten.

Robotille tehtävän oman kuljetinlinjan tarkoituksena olisi se, että robotti pystyisi mahdollisesti kasamaan pientä välivarastoa ennen kuljettimelle nostoa. Tällöin robotti pystyisi suorittamaan lastauksen ripustimiin rekkien paikallaan ollessa, joka olisi paljon parempi vaihtoehto kuin liikkeestä lastaaminen. Liikkeessä lastatessa ripustimien puhtaus tulee korostumaan huomattavasti enemmän kuin paikallaan ollessa. Myös linjaston mukana kulkeva telakointijärjestelmä pitäisi rakentaa, jotta edestakaista liikettä ei syntyisi. Tämä kyseinen lastausvaiheen toteutustapa on yksi mahdollisista vaihtoehdoista. Tällaisen toteuttaminen tulisi

maksamaan huomattavasti enemmän kuin purkuvaiheen robotisointi. Lastausvaiheen robotisointia en pidä hyvänä vaihtoehtona, johtuen ylimääräisten linjas-tojen rakenteluista sekä niiden aiheuttamista kustannuksista, joille mahdollisesti ei saataisi järkevää takaisinmaksuaikaa.

8 Johtopäätökset

Työn edetessä löytyi muutama kehitystä kaipaava kohde, joille ei suoritettu toimenpiteitä. Johtopäätökset osio sisältää tietoa näistä kehityskohteista ja minkälaisia hyötyjä niistä on mahdollista saada.

8.1 Kuljettelu

Aikaisemmin kappaleessa 5.3 käsiteltiin Cam-kokoonpanon öljyntäytöstä haettavien ovensulkimien kuljettelusta syntyvää hukkaa. Ovensulkimien kuljettelulle löytyi pari vaihtoehtoista ratkaisua hukan minimoimiseen. Toimintatavan muutosta ei nykyisellä tilauskannalla pystytä toteuttamaan johtuen Cam-kokoonpanon öljyntäytön pullonkaulasta. Kuljetteluun suunnittelemani parannusehdotus vaatisi öljyntäyttöön pientä välivarastoa, jotta kuljettelu saataisiin parannusehdotuksen mukaisesti toimimaan. Cam-kokoonpanon öljyntäytön tilanteen vakiintuessa olisi mahdollista toteuttaa kuljetteluun parannusehdotus, jolla hukkaa pystytään vähentämään vähintään 12 minuuttia päivää kohden. Maalattuina ovensulkimina se tarkoittaa vuositason 12 000 kappaletta.

8.2 Asetuksen merkkauksen poistaminen tuotannonohjausjärjestelmästä

Uusien ripustimien myötä asetuksesta putoaa pois kokonaan ripustimien vaihdon tuoma lisäaika asetukseen, jolloin kaikki asetusajat vakioituvat 5 -6 minuutin vaiheelle. Tämä kyseinen aika sisältäisi enää asetustyön avaamisen tuotannonohjausjärjestelmästä, mikä kestää noin kaksi minuuttia jokaista kertaa kohden. Onko jatkossa ideaalista tehdä asetustyön avaamista järjestelmästä, jos

järjestelmään pystyttäisiin luomaan asetusajalle oma vakioaika, joka automaattisesti työn avattaessa lisäisi vakioidun asetusajan työarvoon. Tällä olisi mahdollista saada pois asetustöiden avaamiset ja päättämiset. Asetustyön avaaminen järjestelmästä kestää noin kaksi minuuttia ja sama pätee myös päättämiseen, joten tällä voidaan vähentää asiakkaalle arvoa tuottamatonta työtä neljä minuuttia per tehty asetus. Maalauksessa asetus suoritetaan aina silloin, kun noudetaan uutta tuotetta maalauslinjalle. Linjalla maalataan päivittäin vähintään viittä eri mallia, joten asetukset tehdään viisi kertaa. Tämä tarkoittaa 20 minuuttia päivää kohden tietokoneella istumista. Vuositasolla tämä tarkoittaisi 20 000 maalattua suljinta.

8.3 Ripustimien puhdistus

Ripustimien kehitysvaiheessa pyrittiin löytämään ripustimien puhdistusta varten mahdollista ratkaisukeinoa. Ripustimien puhdistamiseen kokeilin paria eri liuotinta. Testien perusteella saadut tulokset eivät olleet toivotunlaisia, joten liuotinaineet unohdettiin. Opinnäytetyön edetessä ilmeni, että jossain yrityksessä kiinnittimien puhdistus suoritetaan heti tuotteiden purkuvaiheen jälkeen. Kiinnittimet liikkuisivat kuljettimella tai viedään jonkinlaiseen puhdistuskaappiin puhdistukseen. Kyseisen tavan soveltamista ovensuljintehtaan maalaukseen mietittiin maalauksen työnjohtajan kanssa. Lopputuloksena pohdiskelusta syntyi, että liuotinkaapin sijoittaminen maalauksen yhteyteen olisi mahdollista, mutta se toisi liikaa ylimääräistä työtä maalaamoon sekä vähentäisi maalauksen tehokasta työaikaa kahdella tunnilla päivässä. Kyseinen kaksi tuntia muodostuu siitä, kun ripustimet viedään puhdistukseen päivän päätyttyä. Tämä vaatii maalauslinjan tyhjennyksen ensin iltapäivällä ja linjan täyttämisen taas aamulla. Ripustimien puhdistus käytännössä onnistuisi liuotinkaappi periaatteella, mutta löytyykö käyttöä varten oikeanlaista liuotinta, jota pystyttäisiin käyttämään tilassa joka ei ole EX -luokiteltu.

Toinen vaihtoehtoinen puhdistusmahdollisuus oli ripustimien poltto. Polttopuhdistusta oli jo aikaisemmin kokeiltu ripustimille ja se oli todettu toimivaksi ratkaisuksi. Päätös jatkuvasta polttopuhdistuksesta ei ollut tullut kannattavaksi kolmella eri mallilla, joten tämä keino oli jätetty sivuun. Itselläni oli tarkoitus selvit-

tää mitä polttopuhdistus tulisi maksamaan yhdelle ripustin mallille. Tilanne olisi ollut kustannusten suhteen erilainen kuin aiemmin, koska nyt olisi tarvinnut vain yhdelle mallille varakappaleet puhdistuksen ajaksi. Vierailua yhteen yritykseen yritettiin, mutta vierailu peruuntui äkillisen sairastumisen vuoksi. Ripustimia myös lähetettiin sinkopuhallutukseen kyseisen laitteen omistavaan yritykseen, mutta ripustimet eivät kerinneet tulla opinnäytetyön toteutusvaiheen aikana takaisin.

Tätä kyseistä maalinkertymisongelmaa voi pitää oikeastaan ikuisuusongelmana. Tässä olisi mielestäni pienempi ja oikein haastava projekti kenelle tahansa. Löytämällä oikeanlaisen ratkaisun ongelmaan pystyisi ripustimien käyttöikää pidentämään huomattavasti. Samalla myös parantuisi sähköstaattisuuden hyödynnettävyys, kun ripustimien maadoitus toimisi kunnolla.

9 Pohdinta

Työn tavoitteena oli kehittää Abloy oy:n Joensuun tehtaalla sijaitsevan Door Control – yksikön maalaussolun asetuksen vaihtoa. Tuottavuudelle työhön asetettiin kuuden prosentin parannus vuositasolla. Asetetun tuottavuuden saavuttamiseksi tarkoituksena oli kehittää asetuksen vaihdon työvaiheita vähemmän aikaa vieviksi. Työn valmistumiselle tavoitteena oli toukokuu 2017. Tuloksina työstä saatiin maalaukseen tiedot asetuksen vaihdon kestoista ja mitä asetuksen vaihdossa tarkalleen tapahtuu.

Omasta mielestä onnistuin opinnäytetyössä hyvin. Tavoitteena oli kehittää maalaussolun asetuksen vaihtoa niin, että solun vuosittainen tuottavuus paranisi kuudella prosentilla. Tuottavuus tavoitteeseen en päässyt, mutta kuljetuksien ja sarjakokojen muutoksella kuuden prosentin raja olisi ollut hyvinkin lähellä.

Asetuksen vaihtoon liittyen löytyi oikeanlainen ripustinmalli, jolla nykyiset kolme ripustinmallia voidaan minimoida jatkossa yhden ripustinmallin varaan. Ripustimien kehitysvaiheessa ongelmaksi muodostui ovensuljinmallien erilaisuus. Yh-

denkaltaisuutta rungoissa materiaalia lukuun ottamatta ei oikeastaan ollut. Tästä syystä vaikeutta tuotti löytää yksi ripustinmalli joka sopisi kaikille ovensuljinmalleille sekä huolehtiminen, että ovensulkijat maalautuvat entiseen tapaan.

Päivittäiseen saantomäärien kasvattamisen mahdollisuuteen keskityin tuotteiden kuljetteluista seuraamalla. Huomioin sen kohdaksi, jolla maalauksen tuottavuuteen pystytään eniten vaikuttamaan ilman maalausrobotin prosenttikytkimen nostoa. Kuljetteluiden osalta löysin kohdat, jotka menivät huolella metsään. Puutteisiin ei kuitenkaan reagoitu sen suuremmin, kun suora säästö määrä ei ollut niin suurta.

Tuottavuuden kasvuun liittyen yritettiin löytää vaihtoehtoisia ratkaisuja value stream mappia käyttäen. Tämänkin kautta arvoa tuottamaton työ kohdistui kuljetuksiin. Osa selityksenä tähän on se, että maalauksessa ei ole minkäänlaista koneen odottamista tai muuta vastaavaa. Linjaa täytetään sitä mukaa kun tuotteita tulee ulos. Eikä saannon määrää oikein pysty nostamaan muuten kuin puuttamalla toimintaan tai vähentämällä työvaiheita kuten siirtämällä tarroittamisen pakkauksen yhteyteen tai muuhun vaiheeseen.

Asetuksen vaihtojen mittaukseen työtä varten maalaukseen luotiin asetukselle uusi määritelmä, koska aikaisempaa kunnollista ei löytynyt. Määritelmästä tuli loppujen lopulta onnistunut, koska siihen sisältyy kaikki mitä maalauksen asetuksen vaihdon yhteydessä tapahtuu. Kehitettävää määritelmän pohjalle kuitenkin löytyy. Ongelmaksi muodostuu se, että asetuksen vaihdon alkaessa maalaajat tietävät mitä ovat hakemassa, mutta haettavan valmistuserän määrää tai sarjanumeroa ei maalaus etukäteen tiedä. Tästä syystä asetuksen vaihdon oikean aikainen aloittaminen tuotannonohjausjärjestelmästä on melkein mahdotonta. Haastetta lisää myös useat samalle tuotemallille yhtä aikaa auki olevat sarjat.

Loppujen lopuksi työ osoittautui omaa oletusta huomattavasti haastavammaksi jatkuvalla sykkeellä syntyneiden uusien ongelmien johdosta. Ongelmista selvitettiin pienien pyristelyiden avulla ja tuloksena syntyi maalaamolle valoisampi tulevaisuus.

Lähteet

- ABB. 2017. Teollisuusrobotit.
<http://new.abb.com/products/robotics/fi/teollisuusrobotit/irb-460>.
 15.5.2017.
- Abloy Oy. 2016a. Yritys. Abloy Oy. <http://www.abloy.fi/fi/abloy/abloyfi/yritys/>.
 1.4.2017.
- Abloy Oy. 2016b. Yhteystiedot. Abloy Oy.
<http://www.abloy.fi/fi/abloy/abloyfi/yritys/yhteystiedot/>. 1.4.2017.
- Abloy Oy. 2016c. Työpaikat. Abloy Oy.
<http://www.abloy.fi/fi/abloy/abloyfi/yritys/tyopaikat/>. 1.4.2017.
- ASSA ABLOY. 2017. About us. ASSA ABLOY.
<http://www.assaabloy.com/en/com/about-us/>. 1.4.2017.
- Bicheno, J. 2004. The New Lean Toolbox Towards Fast, Flexible Flow. Buckingham: PICSIE Books.
- Bicheno, J. & Holweg, M. 2009. The Lean Toolbox-The Essential Guide To Lean Transformation. Buckingham: PICSIE Books.
- Lecklin, O. & Laine, R. 2009. Laadun kehittäjän työkalupakki. Helsinki: Talentum Media Oy ja kirjoittajat.
- Hannula, M. 1998. Tuottavuudesta ja sen mittaamisesta. Teoksella kauppa- ja tekijät (toim.). Tuottavuus tänään. Helsinki: Kauppakaari Oy, 24-29.
- Jokinen, I., Kuusela, A. & Nikkari, T. 2001. Metallituotteiden maalaus. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Juvonen, J. 2007. Avaimen arvoinen Abloy 100 vuotta. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Karjalainen, T. & Karjalainen, E. 2002. Six Sigma- Uuden sukupolven johtamis- ja laatumenetelmä. Hollola: Quality Knowhow Karjalainen Oy.
- Lahden ammattikorkeakoulu. 2016. Robotiikka.
http://miniweb.lpt.fi/automaatio/opetus/luennot/pdf_tiedostot/Robotiikka_yleinen.pdf. 14.5.2017.
- Kouri, I. 2010. Lean taskukirja. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy.
- Piirainen, A. 2014. Vaihtelu. Lahti: Quality Knowhow Karjalainen Oy.
- Robocoast. Mitä on robotiikka?. <http://www.robocoast.fi/fi/mita-on-robotiikka.html>. 14.5.2017.
- Tuominen, K. 2010. Lean – kohti täydellisyyttä. Helsinki: A Bonnier Group Company.
- Tuominen, K. 2010. Lean - Tehoa ja laatua hukan vähentämiseen. Helsinki: A Bonnier Group Company.
- Uusi-Rauva, E. 1996. Tuottavuus mittaa ja menesty. Vantaa: TT-kustannustieto Oy.
- Uusi-Rauva, E., Haverila, M., Kouri, I. & Miettinen, A. 2003. Teollisuustalous. Tampere: Infacts Johtamistekniikka Oy.
- Vorne industries Inc. 2011. What is SMED?.
<http://www.leanproduction.com/smed.html>. 25.3.2017.