



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

KOKOONPANOSOLUN NYKYTILAN KAR- TOITUS JA KEHITTÄMINEN

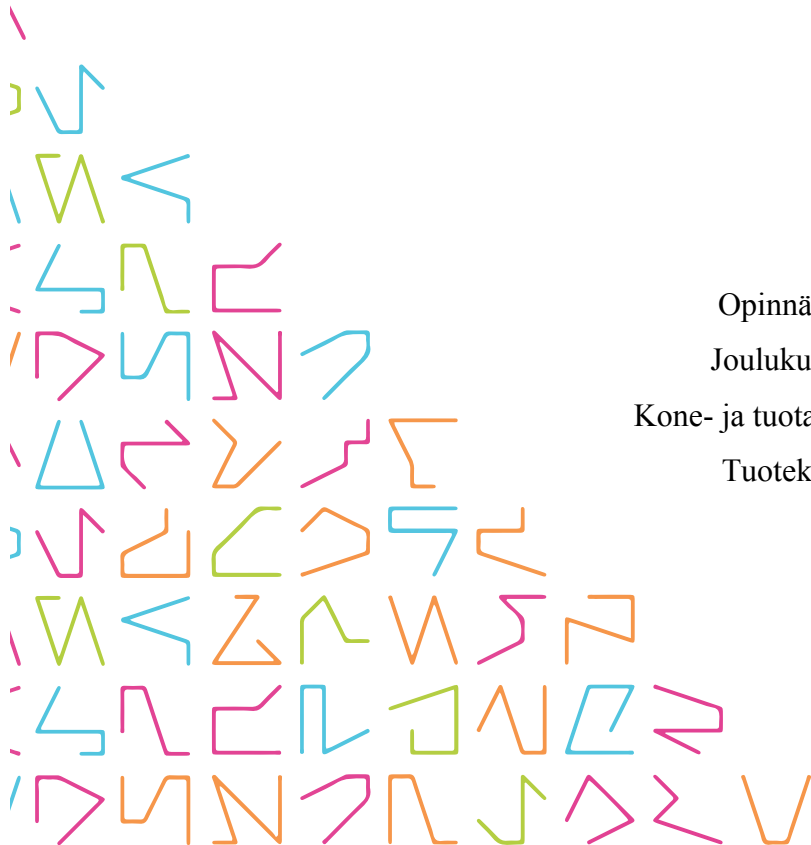
Henrik Ashorn

Opinnäytetyö

Joulukuu 2017

Kone- ja tuotantotekniikka

Tuotekehitys



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotekehitys

ASHORN, HENRIK:

Kokoonpanosolun nykytilan kartoitus ja kehittäminen

Opinnäytetyö 57 sivua, joista liitteitä 4 sivua
Joulukuu 2017

Opinnäytetyö syntyi kohdeyritys Framery Oy:n tarpeista kehittää tuotantolinjojensa sisäistä toimintaa. Yrityksen sisäisen pohdinnan jälkeen työn aiheeksi valikoitui heidän mukaansa eniten kehitystä vaativa kokoonpanosolu. Tehtävänä oli opiskella ja ymmärtää keskeisimmät lean-filosofian periaatteet. Hyödyntämällä näitä oppeja solun toiminnasta tuli tehdä kattava nykytila-analyysi ja identifioida sen avulla kriittisimpiä solun sisäiseen virtaukseen vaikuttavia hukanlajeja sekä kehityskohtia. Tavoitteena oli vähentää ilmenneitä hukkia ja näin edesauttaa solun sisäisen yksiosaisen virtauksen implementointia tulevaisuudessa.

Työssä onnistuttiin kehittämään solun virtaustehokkuutta kohti yksiosaista virtausta. Yhden kokoonpanon aikana syntynyt kävelymäärä laski noin puoleen lähtötilanteeseen verrattuna. Liikemäärän lasku saavutettiin pääsääntöisesti eliminoimalla solun sisällä tapahtuva ylimääräinen kävely. Liikemäärän vähentyminen ja yhteen työvaiheeseen käyttöön otettu spesifi työkalu paransivat työergonomiaa sekä työntekijöiden päivittäistä jaksamista. Kyseisellä parannuksella oli myös työtä nopeuttava vaikutus kokoonpanoajaksi. Liiman kuivumisajasta johtuvan pullonkaulan vuoksi liikkeessä säästettyä aikaa ei kuitenkaan voitu vähentää suoraan kokoonpanoajasta. Työn aikana tehdyt muutostyöt edesauttoivat myös tuotannon jatkuvan parantamisen kulttuurin kehitystä. Opinnäytetyön aikana jatkuvan parantamisen kulttuurin periaatteita tuotiin esille työntekijöille useiden keskustelujen avulla ja työntekijät osallistuivat solun kehitykseen työn aikana. Tulevaisuudessa kohdeyrityksen työn kehittämisessä pyritään jatkuvaan parantamiseen, jolloin vastuu päivittäisistä kehitystoimenpiteistä on työntekijöillä.

Kohdeyrityksen nopean kasvun vuoksi tuotantoa oli kasvatettu lisäämällä työpisteitä, eikä yksittäisten solujen sisäiseen toimintaan ollut ehditty keskittymään. Tästä johtuen solut olivat yksinkertaisia, joten niissä oli paljon kehitettävää esimerkiksi ergonomian sekä työmenetelmien suhteen. Solun toiminnan heikkoudet oli helppoa identifioida ja kehitystyö eteni sujuvasti. Haasteena oli kuitenkin rajata kehitettävien asioiden määrää, jotta kriittisimpiin kehitystarpeisiin fokuosoiminen ei kärsisi. Jatkossa olisi hyvä keskittyä kehittämään solun järjestystä esimerkiksi implementoimalla siisteyden ylläpitämiseen tarkoitettu 5S-järjestelmä. Ennen yksiosaiseen virtaukseen siirtymistä liimausaika tulee kehittää niin, että kokoonpanotyössä ei aiheudu odottamisesta johtuvia katkoja.

Asiasanat: lean, hukka, 5S-järjestelmä, virtaus, yksiosainen virtaus,

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Product Development

ASHORN, HENRIK:

Production cell current state analysis and development

Bachelor's thesis 57 pages, appendices 4 pages
December 2017

This Bachelor's thesis was commissioned by Framery, who were looking to develop their production. During conversations with the company's production personnel, it was decided that this study would concentrate on the most lacking production cell based on development status. The first objective was to study and understand the most common aspects of lean-philosophy. With help of thorough lean study, the purpose was to make a current state analysis for the production cell. With the help of the current state analysis it would be possible to identify sources of waste and bottlenecks that disrupt the material flow of the cell. The aim was to eliminate any sources of waste found in order to facilitate the development of one-piece flow production.

Development of the flow of the targeted cell toward one-piece flow production was successful. The movement of the worker during assembly was reduced by 50 % compared to the starting point. This was mainly achieved due to the elimination of unnecessary movements. The reduction of the worker's movements and a special tool that was introduced during this study improved work ergonomics and the daily efficiency of the workers. The previously mentioned improvements also reduced the total assembly time. However, due to effects caused by the gluing phase, total assembly time could not be decreased. This study also contributed to the progress of continuous development in the assembly cell. During this study, the principles of continuous improvement were introduced to the workers and they participated in the development of the cell. In the future continuous development is going to be an important factor in every cell development process, and workers have an important role in this.

For reasons of the rapid growth of the company, production development was mainly focused on expanding the production. This meant that little focus was given to the work inside the cell. For this reason, the assembly cells were not very efficient. In this study identifying waste from the target cells work was rather easy and made the development process clear. The cell examined in this study had many features that were in need of further development. In order to stay within the scope of this study, the focus was limited to the most critical ones. In the future, the production development should focus on the general order of the cell, for example by implementing a 5S. As for the cell examined here, future development should also concentrate on the gluing work phase so that the waiting time would be minimized. Minimizing the work time of gluing is also a critical factor for enabling the efficient use of one-piece flow in the future.

Key words: lean, waste, 5S-system, flow, one piece flow

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	FRAMERY OY.....	8
2.1	Historia	8
2.1.1	Framery Paxx	9
2.1.2	Framery C ja O.....	10
2.1.3	Framery D.....	11
2.1.4	Eloonjääminen	12
2.1.5	O 2015.....	12
2.2	Nykyhetki	13
2.2.1	Framery O.....	13
2.2.2	Framery Q.....	15
2.2.3	Markkinat.....	17
2.2.4	Kohdeyrityksen tunnusluvut	17
3	LEAN FILOSOFIA JA TAVOITTEET.....	19
3.1	Historia	19
3.2	Lean	19
3.3	Lean, tavoitteena hukan eliminoiminen.....	20
3.4	5S-järjestelmä	22
4	TUOTANNON VIRTAUTTAMINEN.....	24
4.1	Resurssitehokkuus	24
4.2	Virtaustehokkuus	25
4.3	Vaihtelu	26
4.4	Tahtiaika	27
4.5	Tuotannon yksiosainen virtaus	28
4.6	Yksiosaisen virtauksen merkittävimmät hyödyt.....	30
5	KOHDEYRITYKSEN TUOTANNON TOIMINTA	32
6	TUTKITTAVAN SOLUN NYKYTILAN KARTOITUS.....	34
6.1	Kokoonpanosolun layout.....	34
6.2	Kokoonpanon videointi	35
6.3	Liikemäärä.....	37
6.4	Liimaus kokoonpanon pullonkaulana.....	39
6.5	Ovitiivisteiden asentaminen.....	41
7	KEHITYSEHDOTUKSET	42
7.1	Komponenttien tuominen kokoonpanopöytään.....	42
7.2	Tiivisteiden asentaminen	44
7.3	Liimausajan nopeuttaminen.....	45

8	TULOKSET	47
9	POHDINTA	51
9.1	Johtopäätökset	51
9.2	Jatkotoimenpiteet.....	52
	LÄHTEET.....	53
	LIITTEET	54
	Liite 1. Videoanalyysi nykytilasta.....	54
	Liite 2. Työvaiheet	56
	Liite 3. Videoanalyysi muutosten jälkeen.....	57

ERITYISSANASTO

Arvoa lisäämätön työ	Kaikki työ, mikä ei jalosta tuotetta
Arvoa tuottava työ	Tuotetta jalostava työ
Bufferi	Välivarasto
Hukka	Kaikki arvoa tuottamaton toiminta
Jigi	Tuotannon työtä helpottava apuväline (mm. kiinnitysväline, kokoonpanopöytä)
Layout	Tehtaan tai solun pohjapiirros
Lean	Tuotantofilosofia
Tahtiaika	Yhden tuotteen valmistamiseen kuluva aika
Tuotannon solu	Työpiste, jossa valmistetaan useita samanlaisia tuotteita
Yksiosainen virtaus	Lean tuotantofilosofian ihannetila, missä valmistetaan vain yhtä tuotetta kerrallaan.

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön toimeksiantona on tutkia kohdeyrityksen Framery Oy:n yksittäisen tuotannonsolun sisäistä toimintaa. Työ määräytyi yrityksen tarpeesta kehittää tuotannonsolujen kapasiteettia vastaamaan tulevaisuuden tuotannon volyymitasoja. Kehitettäväksi soluksi valikoitui solu, jonka ennustettiin olevan tuotannon pullonkaulana tuotantomäärien noustessa. Tarkoituksena oli luoda solun toiminnasta kattava nykytilananalyysi ja tunnistaa siitä kerätyn tiedon ja lean-oppien avulla kriittisimpiä virtausta heikentäviä hukanlajeja. Tavoitteena oli kehittää solun toimintaa kohti yksiosaista virtausta eliminoimalla sitä estäviä hukkia.

Työn ensimmäisessä osiossa käydään lävitse kohdeyrityksen historiaa esittelemällä sen tuotteita sekä taloudellista kasvua nykypäivään asti. Ensimmäisessä teorialuvussa kerrotaan lean-toiminnan synnystä ja sen tärkeimmistä tavoitteista. Teorian toisessa osassa selvitetään perinteisen resurssitehokkaan massatuotannon ja virtaustehokkaan tuotannon eroja sekä kerrotaan, että mihin niillä pyritään. Tämän jälkeen käydään vielä lävitse tuotannon vaihtelun merkitystä, sekä lean-tuotannon ihannetilän yksiosaisen virtauksen ideologiaa.

Työn tutkimusosuuden alussa kuvataan tuotannon toimintaa yleisesti, seuraavassa luvussa käsitellään tutkittavaan tuotannon soluun tehtyä nykytilan selvitystä. Nykytilan selvitys sisältää kokoonpanosolun layoutin esittelyn, solun toiminnan nykytilananalyysin sekä analyysin avulla paljastuneiden kriittisimpien kehitystarpeiden läpi käynnin. Seitsemännessä luvussa esitellään analyysin avulla syntyneitä kehitysehdotuksia, luvussa kahdeksan kerrotaan tutkimuksen tuloksista. Lopuksi pohditaan työn tuloksia ja tavoitteeseen pääsyä, sekä esitellään jatkokehitysehdotuksia.

2 FRAMERY OY

Framery Oy on Tampereella 2010 syksyllä perustettu äänieristettyjä työtiloja valmistava huonekaluteollisuuden yritys. Liikeidea syntyi saman vuoden kesällä kahden perustajajäsenen sen hetkiselällä työpaikalla, kun heidän esimiehensä puhui kovaäänisesti puhelimeen ympäri avotoimistoa, häiriten muita työntekijöitä. Esimies oli kehottanut heitä hankkimaan toimistolle puhelinkopin, jotta puhemelusta ei tulisi ympäristölle häiriötä. Aluksi perustajat tutkivat, että löytyykö toimistoihin sijoitettavia äänieristettyjä työtiloja maailmalta. Kun vastaavaa tuotetta ei löytynyt, tehtiin päätös perustaa oma yritys. (Hällfors S. Toimitusjohtaja ja perustaja. Haastattelu 12.10.2017. Haastattelijat Ashorn H. & Jaakkola A.)

2.1 Historia

Yrityksen perustamisen jälkeen puhelinkoppeja myytiin jo ennen kuin niistä oli käsitystä miltä ne tulisivat näyttämään. Ensimmäisinä asiakkaina olivat entinen esimies sekä Tamperelainen teknologiayritys Vincit. Koppien suunnittelu ja valmistus tehtiin nopeasti ja ne saatiin toimitettua saman vuoden aikana. Ensimmäinen versio ei saavuttanut tarkoituspäänsä. Se ei eristänyt erityisen hyvin ääntä ja sisäakustiikka oli huono. Seuraavan vuoden kahden neljänneksen aikana kehitettiin kaksi uutta tuotevariaatiota, joiden laatu saavutti tarvittavan tason, jotta niitä pystyttiin myymään ulkopuolisille. 2011 liikevaihtoa kertyi noin 160 tuhatta euroa. (Hällfors S. 2017. Haastattelu ym.)

Loppuvuonna 2011 Framery julkaisi uuden kuvassa 1 nähtävän Barrel nimisen kopin, jonka paksut kaarevat lasiseinät sekä järeä lasiovi mahdollistivat entistä paremman äänieristyksen. Barrel-mallia myytiin jo hieman suuremmille yrityksille kuten Metsolle. (Hällfors S. 2017. Haastattelu ym.)



KUVA 1. Framery Barrel

Kun Barrel koppia oltiin myyty joitakin kymmeniä, alkoi yhteistyö toimisto- ja koulu- kalustevalmistaja Martelan kanssa. Martela toimi Framery:n ensimmäisenä jälleenmyyjänä. Koppeihin suunniteltiin yhteistyössä Martelan kanssa uudet työpöydät mihin sisällytettiin kopin tekniikat sekä ilmanvaihto. Martelan avulla tuotteiden myynti ja näkyvyys paranivat huomattavasti. Vuonna 2012 koppeja myytiin ensimmäistä kertaa useita kerrallaan esimerkiksi Nokian silloiseen pääkonttoriin. Liikevaihto nousi noin puoleen miljoonaan euroon. Noin puolen vuoden myynnin jälkeen huomattiin, että Barrel kopin valmistuskustannukset olivat liian suuret ja aloitettiin uuden yksinkertaisemman tuotteen suunnittelu. (Hällfors S. 2017. Haastattelu ym.)

2.1.1 Framery Paxx

Kuvassa 2 nähdään muodoiltaan yksinkertaisempi Paxx, joka koostui suorista lasiosista ja puusta, lisäksi se oli hieman pienempi tilavuudeltaan. Kustannukset laskivat ja myynti jatkoi kasvua edellisestä mallista. Paxx-koppeja myytiin yhteensä muutamia satoja Suomeen ja Ruotsiin, suurimpana yksittäisenä kauppana 51 koppia Nordean Ruotsin konttorille.



Kuva 2. Framery Paxx

Tuotteet koottiin aina paikan päällä, joten myynnin rinnalla perustajajäsenet alkoivat kouluttamaan paikallisia asentajia, jotta suuri määrä koppeja oli mahdollista saada koonpantua asiakkaiden toimipisteisiin sovituksessa ajassa. (Hällfors S. 2017. Haastattelu ym.)

2.1.2 Framery C ja O

Vuoden 2012 aikana toimialalle alkoi syntyä ensimmäisiä kilpailijoita, joten yrityksessä päätettiin kehittää nopealla aikataululla kaksi uutta ääniominaisuuksiltaan kehittyneempää puhelinkoppimallia. Näin syntyivät mallit C ja O, joista O on nykyisinkin myytävän saman nimisen mallin esi-isä. Tuotteissa oli paljon yhtäläisyyksiä, mutta C hieman oli hieman pelkistetympi ja edullisempi, puhtaasti myyntiin tarkoitettu tuote. O oli lippulaiva, millä haluttiin näyttää mihin teknisesti pystytään, mutta suurille markkinoille hieman liian arvokas tuotos. Nämä olivat Framery:n ensimmäiset tuotteet, joiden suunnittelussa hyödynnettiin 3D-mallinnusta. 2013 vuoden alussa tuotteet vietiin Tukholman kalustemessuille, missä oli tarkoitus päästä paremmin esille kansainvälisesti. Tuotteiden käyttötarkoitusta ei kuitenkaan ymmärretty tai niitä ei koettu tarpeellisiksi.

Markkinat eivät vielä silloin auenneet kansainvälisellä tasolla. (Hällfors S. 2017. Haastattelu ym.)

2.1.3 Framery D

Tukholman messuihin asti työt olivat jakaantuneet hieman limittäin, mutta pääosin toinen perustajajäsenistä teki myyntiä ja markkinointia, kun toinen kehitti tuotteita. Messujen jälkeen panostuksen tarve myyntiin konkretisoitui ja myyntiin palkattiin uusi jäsen, joten tuotteiden kehitykseen vapautui samalla lisää aikaa. Seuraavaksi myyntiin tuli edellisiä suurempi äänieristetty neuvottelutila, joka oli nimeltään D. (Hällfors S. 2017. Haastattelu ym.) Koppi nähtävissä kuvassa 3.



KUVA 3. Framery D

Kuvasta 3 nähdään, että D:ssä oli hyvin paljon samaa kuin myöhemmin tekstissä esiteltävien nykyisten tuotteiden O:n ja Q:n designissa. Pyöristetyt nurkat, lasit sijoitettuna tilan etu- ja takaosiin sekä huovutettu sisusta. Tuote oli suunniteltu jo ennen ensimmäistä O-mallia, jonka design perustui myös hyvin paljon tästä tuotteesta. (Hällfors S. 2017. Haastattelu ym.)

2.1.4 Eloonjääminen

Vuoden 2013 loppupuolella Twitter löysi Framery:n etsiessään toimistoihinsa äänieristettyjä työtilaratkaisuja. Twitterille myytiin koppeja ja heidän työntekijät olivat niihin hyvin tyytyväisiä. Osittain heidän oman sosiaalisenmedian kautta tieto tuotteista levisi muualle Yhdysvaltoihin ja markkinat alkoivat avautua. Loppuvuoden myynti USA:han pelasti Framery:n konkurssilta. Liikevaihto pysyi samana edellisvuoteen verrattuna. (Hällfors S. 2017. Haastattelu ym.)

Yrityksen kulut olivat hyvin suuret johtuen suurista materiaalikustannuksista. Lisäksi oli huomattu, että ainoa tuote mitä loppuasiakas osti lisää ensimmäisen kaupan jälkeen, oli O-koppi. Muut tuotteet olivat yhä mukana tuotannossa ja erilaisia tuotevariaatioita oli yhteensä noin 2,5 miljoonaa, myynnin ollessa 100 tuotetta vuodessa. 2014 varat eivät olisi enää riittäneen, joten yritys haki rahoitusta sekä ratkaisuja jatkoa ajatellen ulkopuolelta. Kesällä yhtiö sai yksityisen rahoittajan ja pääsi myös mukaan Tekesin NIY (Nuoret Innovatiiviset Yritykset) rahoitusohjelmaan, mikä oli tarkoitettu alle 5-vuotiaille startup-yrityksille, jotka tavoittelevat nopeaa kansainvälistä kasvua. Nämä asiat takasivat Framery:n eloonjäämisen. (Hällfors S. 2017. Haastattelu ym.)

2.1.5 O 2015

Vuoden 2014 aikana tuoteportfolio tehtiin uusiksi, kaikki vanhat tuotteet poistettiin ja O-mallista suunniteltiin täysin uusi versio, kaiken vuosien aikana kartoitetun tiedon mukaan. Runko vaihdettiin vaneriksi MDF:n sijaan, joka toimi myös ennen pintamateriaalina. Pinnaksi vaihdettiin magneeteilla kiinnitettävät teräksiset kuoret. Myös akustisia ominaisuuksia sekä ilmanvaihtoa parannettiin. Syksyllä Framery osallistui Saksassa järjestettyihin Orgatec huonekalumessuihin, missä tuote menestyi. Messuilta saatiin kymmeniä uusia jälleenmyyjiä, ja kansainväliset markkinat alkoivat laajeta. Sama suosio jatkui muillakin messuilla kuten NeoCon-messuilla Chicagossa, missä Framery O voitti huonekalujen ”Oscar”-palkinnon. Vuoden lopulla yritys muutti nykyisiin tiloihinsa Tampereen Sarankulmaan, missä uuden tuotteen tuotanto aloitettiin 2015 tammi-kuussa. Myynti lähti jyrkkään nousuun ja saman vuoden toukokuussa toiminta oli ensimmäistä kertaa kannattavaa. Vuoden liikevaihto oli lopulta viisi miljoonaa euroa. Vuonna 2016 julkaistiin 2-4 hengen käyttöön tarkoitettu työtila Q, jonka myynti ylitti

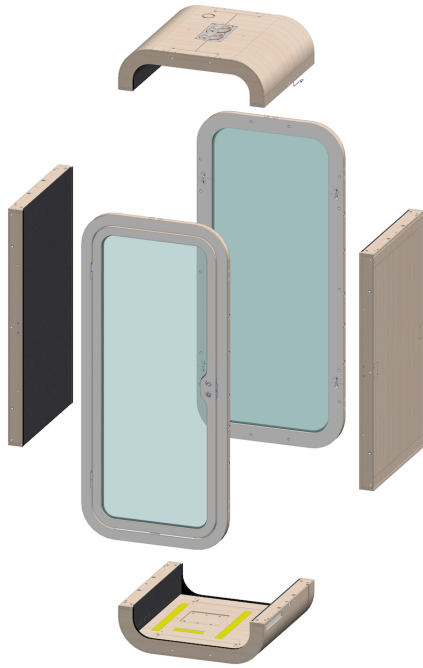
nopeasti yrityksen sille asettamat myyntitavoitteet. O:n myynti jatkoi myös nousuaan ja liikevaihto yli kolminkertaistui 17 miljoonaan euroon. (Hällfors S. 2017. Haastattelu ym.)

2.2 Nykyhetki

Framery on suomen suurin toimistohuonekaluja valmistava yritys. Se työllistää yhteensä noin 170 toimisto- ja tuotantotyöntekijää. Nykypäivänä yritys valmistaa kahta eri tuotetta O ja Q. Tuotteet ovat pitkän tuotekehittelyn aikaan saannoksia, missä yhdistyvät yksinkertainen pohjoismaalainen design sekä patentoidut akustiikkaratkaisut ja laadukkaat materiaalit. Tuotteiden tarkoituksena on parantaa työskentelyolosuhteita ja työn tehokkuutta avokonttoreissa. Yrityksen tavoitteena on kasvattaa ratkaisullaan avotoimistoissa työskentelevien ihmisten onnellisuutta ja näin nostattaa työmotivaatiota sekä parantaa heidän työtuloksiaan.

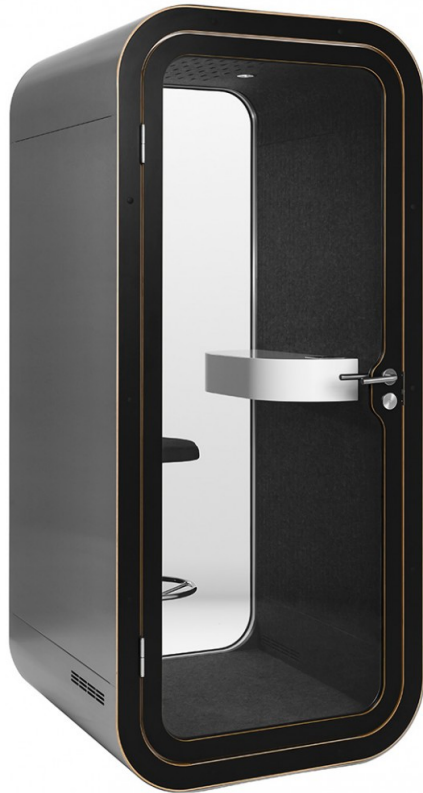
2.2.1 Framery O

Framery O on yhdelle hengelle suunnattu työtila, mikä tarjoaa äänieristetyn tilan puheille tai keskittymistä vaativalle työskentelylle avo- ja monitilatoimistoissa. Sisäseinustojen materiaali on ääntä absorboivaa huopaa, mikä tekee tilasta kaiuttoman ja parantaa näin äänen selkeyttä. Hyvän ilmastoinnin ansiosta kopin sisällä voi viettää pidempiäkin aikoja. Koppi koostuu neljästä runkomoduulista (katto, lattia ja kaksi seinää) sekä lasimoduuleista ovesta ja seinästä. Moduulit esiteltynä kuvassa 4.



KUVA 4. Framery O moduulit

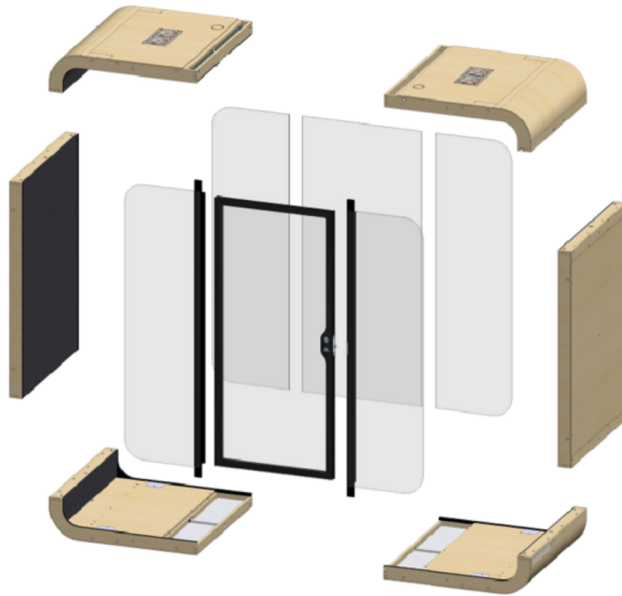
Runkomoduurien sisällä on patentoitu sandwich eli monikerrosrakenne, joka eristää lähes kaiken kopin ulkopuolelta tulevan äänen. Kaikilla materiaaleilla on designin lisäksi kopin akustisiin ominaisuuksiin liittyvä tarkoitus. Työtila päällystetään eri väri vaihtoehtoilla saatavilla pintapelleillä, jotka kiinnitetään runkomoduuleihin magneettien avulla. Koppi toimitetaan asiakkaalle moduuleina pakkauslaatikossa, joka sisältää moduurien lisäksi pintapellit, huonekalut, sähköosat sekä kokoonpano-ohjeet. Moduulirakenteen ansiosta koppi on yksinkertaista kokoonpanna. Käyttövalmis O on nähtävissä kuvasta 5.



KUVA 5. Framery O

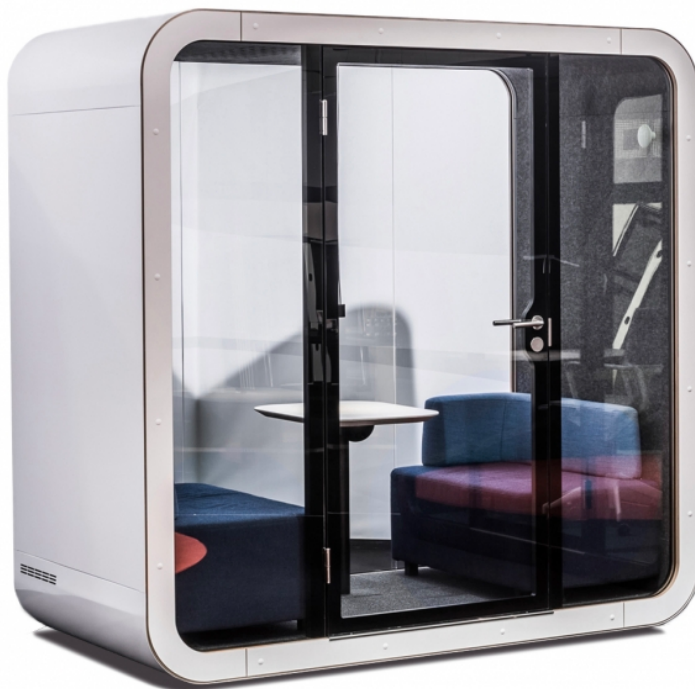
2.2.2 Framery Q

Framery Q on 2-4:lle hengelle suunnattu äänieristetty neuvottelutila, joka koostuu kuvan 6 mukaisesti kuudesta moduulista sekä lasiosista. Runko-osat ovat hyvin samanlaisia kuin O-kopissa, voidaan puhua venytetystä O:sta. Kokoonpantavuus on säilytetty jakamalla katto- ja lattiamoduulit kahtia.



KUVA 6. Framery Q moduulit ja lasiosat

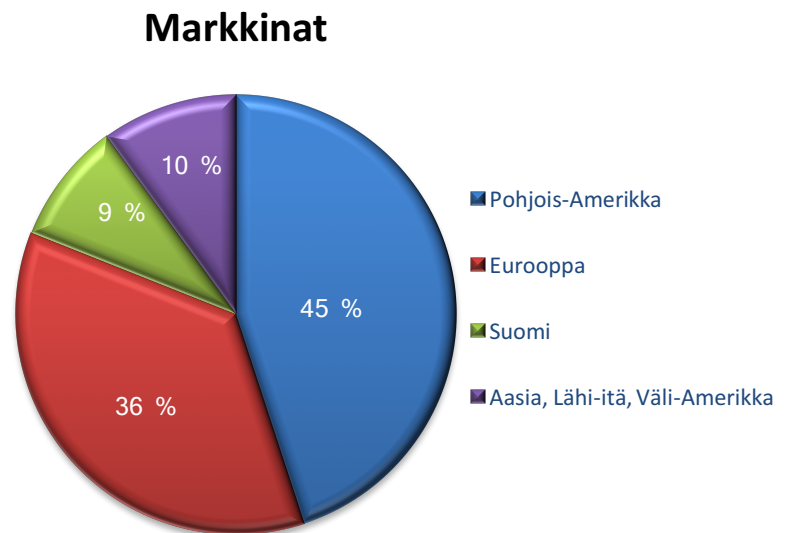
O-kopin tavoin tilassa on ilmanvaihto. Molemmat työtilat ovat myös varustettu pistorasioilla, jotta tarvittaessa esimerkiksi tietokoneet saadaan lataukseen käytön aikana. Virrankulutukseltaan kopit ovat ekologisista, Q-kopin laskennallinen tehonkulutus on käytössä alle 12 wattia ja valmiustilassa noin 3 wattia. Q:ta on mahdollista saada neljällä erilaisella sisustuksella, kuvassa 7 on nähtävissä Framery Q Meeting Maggie -sisustalla.



KUVA 7. Framery Q

2.2.3 Markkinat

Framery on maailman ensimmäinen äänieristettyjen työtilojen valmistaja, tästä syystä se on luonut itse markkinat kyseisille tuotteille. Ensimmäisinä vuosina kilpailua ei syntynyt merkittävästi, joten tuotteita pystyttiin kehittämään rauhassa. Kun kilpailua pikkuhiljaa syntyi, oli Framery alallaan jo selkeä edelläkävijä ja pystyi täten päihittämään paikallisia ja globaaleja kilpailijoitaan markkinoilla. Tästä syystä yrityksen markkinat ovat tänä päivänä jakaantuneet lähes koko maailmalle. Kuviossa 1 on esiteltyä markkinoiden jakaantumisen. (Hällfors S. 2017. Haastattelu ym.)



KUVIO 1. Markkinoiden prosentuaalinen jakautuminen (Hällfors S, 2017. Haastattelu ym).

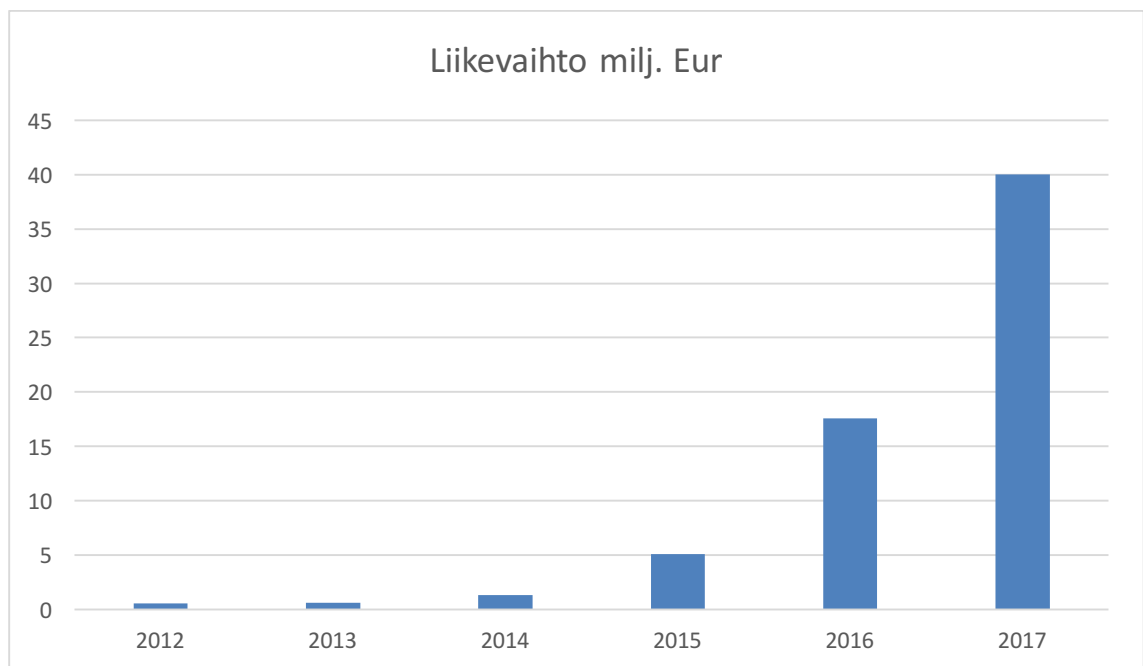
Kuviosta 1 nähdään, että noin 90% tuotteista menee vientiin. Suurimpana markkina-alueena on Pohjois-Amerikka noin 45% markkinaosuudellaan. Toiseksi isoin alue on Eurooppa myös noin 45% (Suomi 9%) osuudella, loput 10% jakaantuvat Aasiaan, Lähi-Itään ja Väli-Amerikkaan. (Hällfors S. 2017. Haastattelu ym.)

2.2.4 Kohdeyrityksen tunnusluvut

Yrityksen toiminnassa on alusta asti panostettu tuotekehitykseen sekä nopeaan reagointiin. Jatkuvan kehittämisen kulttuuri näkyy joka päiväisessä työssä, ja viimeisen kolmen

vuoden aikana se on ollut suuri syy yrityksen nopealle kasvulle. Framery on ollut viime vuosina yksi Suomen nopeimmin kasvavista yrityksistä. Vuonna 2015 yritys työllisti 17 ihmistä, nyt kaksi vuotta myöhemmin henkilöstön määrä on moninkertaistunut yli 170 henkilöön.

Liikevaihdon kasvu on ollut eksponentiaalista vuodesta 2014 lähtien. Vuonna 2016 liikevaihto yli kolminkertaistui 5,1 miljoonasta 17,6 miljoonaan euroon. Tulosta syntyi 3,6 miljoonaa euroa eli noin 25% liikevaihdosta. Kuviossa 2 on kuvattuna yrityksen liikevaihdon kehitys vuodesta 2012 lähtien vuoden 2017 ennusteeseen asti. Vuoden 2017 liikevaihdon ennuste on 40 miljoonaa euroa ja vuoteen 2020 mennessä liikevaihto on tavoite saada nousemaan 100 miljoonaan euroon. (IS Taloussanomat, luettu 20.10.2017; Hällfors S. 2017 Haastattelu ym.)



KUVIO 2. Liikevaihdon kehitys (IS Taloussanomat, luettu 20.10.2017; Hällfors S. 2017 Haastattelu ym.)

Yrityksen tulos oli tappiollinen vuoteen 2014 asti, vuodesta 2015 nykypäivään asti tuloksen sekä liikevaihdon kasvu on ollut eksponentiaalista. Kasvun on ennustettu jatkuvan lähes yhtä vahvana vuoteen 2020 saakka. (IS Taloussanomat, luettu 20.10.2017; Hällfors S. 2017 Haastattelu ym.)

3 LEAN FILOSOFIA JA TAVOITTEET

Lean on tänä päivänä yksi maailman levinneimpiä käsitteitä, mutta siitä esitetyt määritelmät ovat hätkähdyttävän epäjohdonmukaisia. Tästä syystä on vaikeaa muodostaa yhteistä näkemystä, siitä mitä Lean todellisuudessa on. (Modig & Åhlström 2013, 6.) Tässä kappaleessa käydään yleisellä tasolla lävitse lean:in tarkoitusta ja kerrotaan niistä lean-ajatteluun liittyvistä asioista mitä tässä opinnäytetyössä on sovellettu.

3.1 Historia

Vuonna 1932 Toyotalla uransa aloittanutta Taiichi Ohnoa pidetään Lean-ajattelun varsinaisena isänä. Hänen tehtävänä oli kehittää Toyotan tuotantofilosofiaa, ja hän tekikin sitä lähes 60 vuoden ajan luoden yhtiölle personoidun ”Toyota Production System”-tuotantojärjestelmän. Vuonna 1978 Ohno julkaisi tuotantofilosofiaan perustuvan kirjan ”Toyota Production System: Beyond Large Scale Production”. Länsimaalaiset pääsivät kirjaan käsiksi vasta 1988, koska tätä ennen kirjasta oli vain Japaninkielinen versio. (Modig & Åhlström 2013, 78.)

Lean-ajattelu tuli laajempaan tietoisuuteen 1990-luvulla, kun James Womack, Daniel Jones ja Daniel Roos julkaisivat ”The Machine that Changed the World” -kirjan, missä käytiin lävitse japanilaisen autoteollisuuden kilpailuedun syitä. Kirjassa kerrotaan tuotanto- ja ajattelutavasta eli ”Lean-tuotannosta”, millä japanilainen autoteollisuus on päässyt huomattavasti korkeammalle tuottavuuden, kustannustehokkuuden sekä asiakas-tyytyväisyyden tasolle, käyttäen pienempiä resursseja kuin pohjoisamerikkalaiset tai eurooppalaiset kilpailijat. Tärkeimmät osat Lean-tuotannossa ovat tiimityöskentely, avoin kommunikointi, resurssien tehokas hyödyntäminen, hukan poisto sekä jatkuva parantaminen. (Honkamäki 2013, 4.)

3.2 Lean

Lean-toimintamalli kehitettiin Toyotan tuotantoperiaatteiden pohjalta. Aluksi sitä käytettiin vain autoteollisuudessa, mutta myöhemmin se on levinnyt lähes kaikille toimi-

aloille johtavaksi tuotantoperiaatteeksi. Yhä useammat toimialojensa kannattavimmat ja parhaiten kasvavat yrityksen noudattavat Lean-periaatteita. Toimintamalli näkyy selkeästi tuotannon organisoinnissa sekä jatkuvassa kehitystyössä. Myös henkilöstön osallistuminen kehityshankkeisiin ja yrityskulttuurin edistäminen kuuluvat vahvasti toimintaan. (Kouri 2010, 8.) Ydinajatuksena on luoda asiakkaalle täydellinen tuote ja samalla minimoida hukkan määrää, yksinkertaisuudessaan se tarkoittaa asiakkaan arvon kasvattamista pienemmillä resursseilla. (Lean Enterprise Institute, 2017.)

Lean-toimintamallia käyttävä organisaatio pyrkii eliminoimaan hukkaa kaikissa tuotannon virtauskohdissa. Näin saadaan tuotettua prosesseja, jotka vievät vähemmän resursseja kuten henkilöstön panostusta, lattiatilaa, varastointia ja pääomaa. Prosessit vievät myös lyhyemmän ajan valmistaa tuotteita/palveluita huomattavasti vähäisemmällä kustannuksella ja vioilla verrattuna perinteisiin liiketoimintamalleihin. Yritykset pystyvät vastaamaan vaihteleviin asiakkaiden toiveisiin sekä tuottamaan korkeaa laatua normaalia pienemmällä kustannuksella ja nopeilla läpimenoajoilla. Lisäksi tiedonhallinta on huomattavasti yksinkertaisempaa ja tarkempaa. (Lean Enterprise Institute, 2017.)

3.3 Lean, tavoitteena hukkan eliminoiminen

Lean johtamisessa pyritään nostamaan tuottavuutta eliminoimalla hukkia prosessien eri vaiheissa. Hukka on kaikkea työtä mikä ei lisää tuotteen tai palvelun arvoa. Työn tuottavuutta ja laatua saadaan nostettua poistamalla järjestelmällisesti ilmiöitä, jotka eivät tuo lisäarvoa organisaatiolle. (Kouri 2010, 10.)

Hukka on ihmistoimintaa, joka imee resursseja, mutta ei tuo lisäarvoa. Tällaisia ovat virheet jotka tarvitsevat oikaisua, liiallinen osien tuotanto mikä johtaa varastoiden täyttymiseen, ylimääräiset käsittelyvaiheet sekä henkilöstön turha liikkuminen ja odottelu. (Womack & Jones 2010, 15.)

Toyota on identifioinut seitsemän arvoa generoimatonta hukkan päätyyppiä liiketoiminta- tai valmistusprosessissa. Tuotannon lisäksi näitä voidaan soveltaa tuotekehityksessä, tilausten vastaanottamisessa ja toimistotyössä. Lisäksi on määritelty vielä kahdeksas hukkan laji, josta kerrotaan myöhemmin kappaleessa muiden hukka tyyppien ohella. (Liker 2010, 28-29.)

Hukkien päätyypit ovat:

- Ylituotanto
- Odottelu
- Tarpeettomat kuljetukset ja siirrot
- Ylikäsittely tai virheellinen käsittely
- Tarpeettomat varastot
- Tarpeeton liikkuminen
- Viat
- Henkilöstön luovuuden käyttämättä jättäminen. (Kouri 2010, 10-11; Liker 2010, 28.)

Ylituotantoa syntyy, kun tuotanto valmistaa osia/tuotteita, joille ei ole vielä tilausta. Tämä aiheuttaa liiallisen henkilökunnan palkkaamista sekä varaston kasvamista, mikä taas lisää varasto- ja kuljetuskustannuksia. (Kouri 2010, 10-11; Liker 2010, 28.)

Odottelulla tarkoitetaan aikaa, jolloin työntekijät ovat toimeettomia joutuessaan seuraamaan esimerkiksi automatisoitua konetta tai odottavat seuraavaa toimitusta, työkalua tai komponenttia. (Kouri 2010, 10-11; Liker 2010, 28.)

Tarpeettomat kuljetukset ja siirrot ovat keskeneräisen työn, komponentin tai valmiin tuotteen liikuttamista pitkiä matkoja paikasta toiseen kuten varastoon, prosessista prosessiin tai varastosta tuotantoon. (Kouri 2010, 10-11; Liker 2010, 28.)

Ylikäsittelyä syntyy, kun osia käsitellään liikaa, jolloin niiden valmistukseen käytetään tarpeettomia työvaiheita ja valmistetaan mahdollisesti laadukkaampia tuotteita kuin on tarpeen. Käytännössä tuotteelle tehdään ominaisuuksia mistä asiakkaalle ei ole hyötyä eli voidaan puhua arvoa tuottamattomasta työstä tai ylikäsittelystä. (Kouri 2010, 10-11; Liker 2010, 28.)

Virheelliseksi käsittelyksi voidaan kutsua puutteellisesta tuotesuunnittelusta tai huonosta työkalusta johtuvaa epätehokasta käsittelyä, mistä aiheutuu ylimääräistä liikkumista sekä mahdollisia virheitä tuotteeseen. Kaikki liike tuotannossa, mikä ei tuo lisäarvoa tuotteeseen on hukkaa. Ylimääräistä liikkumista tapahtuu esimerkiksi, kun työn vaativat välineet ovat sijoitettuna varastoon tai muualle työpisteen ulkopuolelle. (Kouri 2010, 10-11; Liker 2010, 28.)

Ylimääräinen varastointi kuten tuotteiden puskurivarastot ja välivarastot vievät lattiatilaa ja niissä olevat komponentit sitovat yrityksen omaisuutta turhaan. Varastoja on pyrittävä pienentämään koko ajan. Tarvittavien komponenttien pitäisi tulla tehtaalle vasta kun niitä tarvitaan, jolloin niitä ei tarvitse varastoida vaan voidaan ottaa heti käyttöön. (Kouri 2010, 10-11; Liker 2010, 28.)

Viat tuottavat organisaatioille materiaali- ja kapasiteettihäviöitä. Materiaalihäviöitä syntyy, kun vioittuneita osia ei pystytä korjaamaan vaan ne joudutaan heittämään pois. Osien korjaaminen taas kuormittaa organisaation tuotannon kapasiteettia ja tekee siitä tehottomampaa. Näistä aiheutuu asiakastytymättömyyttä sekä lisäkustannuksia yritykselle. (Kouri 2010, 10-11; Liker 2010, 28.)

Alkuperäisen seitsemän hukkatyyppin lisäksi on määritelty vielä kahdeksas hukka, henkilöstön luovuuden käyttämättä jättäminen. Esimerkiksi tuotannossa, missä työntekijät saattavat toistaa samoja työvaiheita samoilla menetelmillä useita kertoja päivässä. He törmäävät samoihin haasteisiin päivittäin ja kehittävät niihin parannusehdotuksia, joita olisi hyvä ottaa huomioon jatkuvassa kehityksessä. (Kouri 2010, 10-11.)

3.4 5S-järjestelmä

5S on järjestelmällinen ja yhtenäinen lean-tuotantoon suunnattu siisteyden ja järjestyksen kehittämisen tekniikka. Se mahdollistaa vähemmän ihmispanostusta, tilaa, pääomaa ja aikaa tehdä tuotteita vähemmillä vioilla. Järjestelmän avulla on tarkoitus luoda työympäristö, joka on kurinalainen, puhdas ja hyvin järjestetty. 5S muodostuu japanin kielien sanoista Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu ja Shitsuke, suomennettuna lajittele, järjestä, puhdista standardoi ja ylläpidä. Vaiheet tehdään kyseissä järjestyksessä. Järjestelmän avulla pystytään eliminoimaan lähes kaikkia hukkan lajeja. (Chapman 2005, 29.)

Ensimmäinen vaihe lajittele, vaatii työntekijöitä määrittelemään mikä työpisteellä on tarpeetonta ja mikä tarpeellista. Arvokasta työtilaa voidaan vapauttaa poistamalla työpisteeltä ylimääräistä tavaraa, kuten työkaluja koneita ja muita sekalaisia tavaroita. Tarpeellisiksi tavaroiksi määritellään kaikki tavara mikä on välttämätöntä työn suorittami-

selle. Poistamalla tarpeeton tavara työpisteiltä, saavutetaan tehokkaampi työympäristö, missä aikaa ei kulu tavaroiden etsimiseen. (Chapman 2005, 29.)

Seuraava vaihe on järjestä, missä työntekijät järjestävät kaikille työpisteelle jääneille tavaroille omat nimetyt ja merkityt paikat. Jatkossa työntekijöiden on myös pidettävä huolta, että tavarat päätyvät käytön jälkeen paikoilleen. Paikoitus tulisi tehdä niin selvästi, että kuka vain organisaatiossa pystyy löytämään tavarat helposti. Tämän tyyppinen visualisointi luo ympäristön, missä voidaan toimia ilman sanallista viestintää. (Chapman 2005, 29.)

Kolmas vaihe on puhdistaa, työryhmät kohdentavat tiettyjä alueita, mitä tulee puhdistaa, miten niitä puhdistetaan ja kuka tai ketkä tekevät puhdistuksen. He myös itse määrittelevät puhtausvaatimukset. Puhdistuskohteisiin kuuluvat varastointialueet, laitteet ja koneet sekä muut yleiset työskentelyalueet. Puhdistuksessa työntekijöiden tulisi myös tarkastaa laitteiden ja työkalujen kuntoa, jotta voitaisiin ennaltaehkäistä yllättäviä käyttökatkoksia. Työalueiden siivoaminen vähentää häiriöitä ja parantaa työturvallisuutta huomattavasti. (Chapman 2005, 29-30.)

Standardointi-vaiheessa kaikki kolme ensimmäistä vaihetta tulisi standardisoida. Johdon on määriteltävä selvästi, kuinka kauan aikaa 5S ylläpitoon käytetään päivittäin. Monet yritykset antavat työvuoron päätteeksi muutaman minuutin aikaa työntekijöilleen suorittaa heille annetut tehtävät. Osana visuaalista tehdasta työpisteiltä tulisi löytyä puhdistus/tarkistuslista, jossa määritellään vastuut sekä aikataulut. Lisäksi työpisteille tulee hankkia kaikki asianmukaiset tarvikkeet, kuten siivousvälineitä, roskakoreja sekä värikkäitä tarroja ja teippejä värikoodaukseen. Värikoodaus on vaihtoehtoinen merkintätapa, jolla voidaan parantaa työpisteen visuaalisuutta. (Chapman 2005, 30.)

Ylläpidä, viides ja viimeinen vaihe, millä varmistetaan 5S-järjestelmän juurien kiintyminen yrityksen toimintatapoihin ja tehdään 5S käytännöstä normaalia jatkuvaa toimintaa. Ylläpito tehdään johtajien säännöllisillä standardoiduilla auditoinneilla, millä huolehditaan 5S:n toteutumisesta. Työntekijöille kuuluu päivittäisten 5S:n mukaisten tehtävien tekeminen. Työn johto tarkastelee 5S:n tuloksia määrätyn väliajoin esimerkiksi kerran kuukaudessa. Prosessien jatkuvan kehityksen kannalta on tärkeää asettaa tavoitteita sekä osallistua aktiivisesti koko järjestelmän kehitykseen. (Chapman 2005, 30.)

4 TUOTANNON VIRTAAUTTAMINEN

Tuotannon virtauttamisella tarkoitetaan materiaalin jatkuvaa tasaista kulkemista tuotannon lävitse. Virtaavan tuotannon tavoitteena on, että tuote valmistuu mahdollisimman nopeasti siitä hetkestä, kun komponentit saapuvat tehtaalle. Ideaalia on, että materiaa aletaan työstää, kun se saapuu tehtaalle ja lähetetään se asiakkaalle heti tuotteen valmistuttua pysäyttämättä tuotteen kulkua kertaakaan prosessin aikana. Tätä kutsutaan jatkuvaksi virtaukseksi. Hyvin virtautettu tuotanto lyhentää toimitusaikoja, pienentää varastoja, vapauttaa pääomaa sekä lattiatilaa. Sitä on kuitenkin vaikeaa toteuttaa täydellisesti useista syistä. (Kouri 2017).

4.1 Resurssitehokkuus

Resurssitehokkuus on perinteisimpiä tuotannon tehokkuuden muotoja. Resurssien hyödyntämistehokkuuden parantaminen on ollut teollisuuden kehityksen pohjana jo yli 100 vuoden ajan. Tähän tehokkuuden muotoon pyrkivä tuotantojärjestelmä jakaa tehtävät osiin, joita näihin tehtäviin spesifioituneet työntekijät ja koneet tekevät, keskittyen yksittäisten resurssien mahdollisimman tehokkaaseen käyttöön. Resurssitehokkaan järjestelmän tavoitteena on mittakaavaetujen tavoittelu, eli samanlaisten tehtävien toistuva tekeminen suurissa volyymeissa. (Heikkilä & Martinsuo 2015.) Tällaisella tehostumisella on usein saatu pienennettyä tuotteiden yksikkökustannuksia (Modig & Åhlström 2013, 9).

Organisaatiot investoivat tietyn määrän rahaa saadakseen henkilöstöä, toimitiloja, koneita ja työkaluja. Koska yrityksen rahat ovat sijoitettuna edellä mainituissa resurssissa, on myös luonnollista, että yritys haluaa niiden tuottavan arvoa aina kun on mahdollista. Jolloin pyritään resurssien mahdollisimman tehokkaaseen hyödyntämiseen eli resurssitehokkuuteen. Sillä mitataan kuinka paljon, jotakin resurssia käytetään suhteessa määritettyyn aikaväliin. (Modig & Åhlström 2013, 10-11.) Taulukossa 1 on esimerkki magneetikameran resurssitehokkuuden selvittämisestä.

TAULUKKO 1. Magneetikameran resurssitehokkuus (Modig & Åhlsröm 2013, 10.)

Resurssi	Magneetikamera
Resurssin käyttöaika	6 h
Ajanjakso	24 h
Resurssitehokkuus	$\frac{6 \text{ h}}{24 \text{ h}} \cdot 100\% = 25 \%$

Esimerkistä selviää, että käytettävän koneen resurssitehokkuus on 25 prosenttia. Tarkasteluajanjaksoksi on otettu vuorokausi, mutta se voidaan määritellä miksi vain, mikä todetaan järkeväksi. Jos ajanjakso määritetään normaalin työajan (8 h) mukaan, on resurssitehokkuus tällöin 75 prosenttia. (Modig & Åhlsröm 2013, 9.) On tärkeää harkita tarkkaan tarkasteltavan ajan pituus, jotta ei synny väärää kuvaa mitattavan resurssin tehokkuudesta.

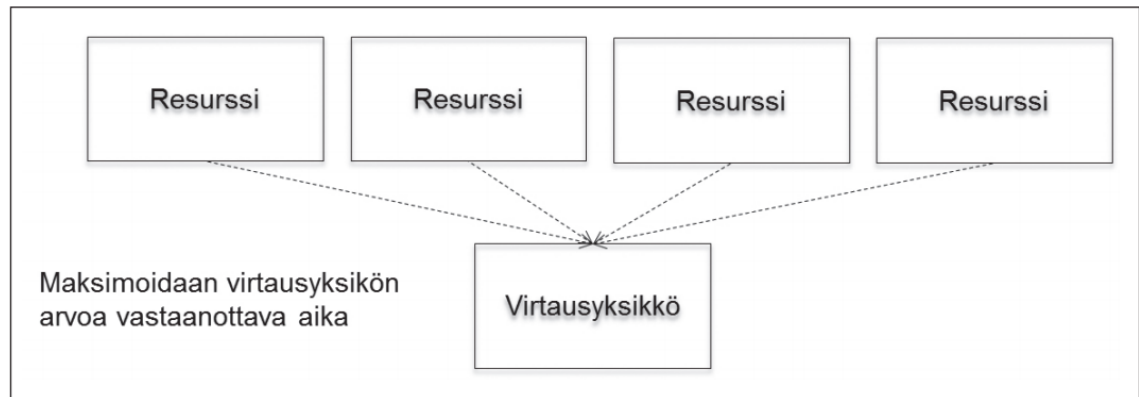
Resurssitehokkuus aiheuttaa helposti varastoja sekä keskeneräistä tuotantoa (KET) jolloin virtaus heikkenee. Virtauksen kannalta maksimaalinen resurssitehokkuus yksittäistä tuotetta kohtaan ei ole järkevää. Kun tarpeellinen tuotantomäärä tiettyä komponenttia on tehty, kannattaa resurssit kohdistaa muihin tehtäviin, sillä hetkellä akuutimpiin kohteisiin, jotta ei synny ylituotantoa. Kaikkien resurssien kohdistaminen muualle ei tietenkään ole aina mahdollista, jos kyseessä on esimerkiksi yhtä työvaihetta tekevä kone. Tällöin kone voidaan jättää odottamaan valmiustilaan. (Kouri 2017.)

4.2 Virtaustehokkuus

Virtaustehokkuuden ero resurssitehokkuuteen on, että resurssien sijaan tarkkaavaisuus kohdistetaan järjestelmään asiakkaan perspektiivistä. Tuotannossa se tarkoittaa, että huomio ei kohdistu yksittäisten resurssien kuten työstökoneiden tehokkuuden maksimoimiseen. Tehokkuus tulee ajatella jalostettavan yksikön eli tuotteen näkökulmasta. (Heikkilä & Martinsuo 2015.)

Jalostettavia yksiköitä kutsutaan virtausyksiköiksi. Ihanteellisessa virtaustehokkaassa järjestelmässä jalostettava tuote virtaa tuotannon prosessien läpi ilman välivarastoja

niin, että sille tehtyjen arvoa lisäävien työstöjen osuus prosessissa on suuri. (Heikkilä & Martinsuo 2015.) Kuviossa 3 on kuvailtuna, miltä virtaustehokkuus näyttää työstettävän tuotteen näkökulmasta.



KUVIO 3. Virtaustehokkuus virtausyksikön näkökulmasta (Heikkilä & Martinsuo 2015).

Resurssitehokkaassa järjestelmässä kuvio on päinvastainen. Resursseja on yksi ja virtausyksiköitä useita, jolloin virtausyksiköt joutuvat odottamaan vuoroaan. Virtaustehokkaassa järjestelmässä resurssit odottavat vuoroaan ja virtausyksiköt ovat jalostettavissa koko ajan, tämä mahdollistaa jatkuvan virtauksen.

Lean tuotannossa korostuu aina virtaustehokkuus, perinteisen resurssitehokkuuden sijaan. Myös resurssitehokkuus on tärkeää, mutta sen on todettu nousevan, kun virtaustehokkuutta parannetaan kehittämällä tuottavuutta ja läpäisyaikaa samanaikaisesti. Hyvään virtaustehokkuuteen pääseminen vaatii resurssien joustavuutta eli vapaata tuotantokykyä, mikä vaikuttaa kustannustehokkuuden kannalta negatiiviselta. (Heikkilä & Martinsuo 2015.) Prosessit sisältävät aina virtausta heikentävää vaihtelua erinäisistä syistä.

4.3 Vaihtelu

Vaihtelulla on suuri vaikutus virtaustehokkuuteen. Sillä tarkoitetaan prosessien toimintojen epätasaisuutta ja ennustamattomia tapahtumia. Aiheuttajia on monia, mutta ne voidaan jakaa kolmeen pääluokkaan: resurssit, virtausyksiköt ja ulkoiset tekijät. (Modig & Åhlsröm 2013, 40.)

Resurssit: tuotannon koneet vaativat ajoittain huoltoa tai saattavat mennä epäkuntoon, mikä aiheuttaa vaihtelua. Kokeneet työntekijät suoriutuvat samoista tehtävistä nopeammin kuin kokemattomammat. Myös yksittäisten työntekijöiden päivittäinen motivaatio ja vireystila aiheuttavat vaihtelua muun muassa työn tahdin ja laadun vaihteluun. (Modig & Åhlsröm 2013, 40-41.)

Virtausyksiköt: Asiakastarpeet ovat erilaisia ja asiakkaat haluavat normaalista tuotannosta poikkeavia omiin tarpeisiinsa kustomoituja tuotteita. Lisäksi tuotteissa tai yksittäisissä ostokomponenteissa voi olla erilaisia laatuongelmia, mitkä pahimmillaan estävät virtauksen kokonaan. (Modig & Åhlsröm 2013, 40-41.)

Ulkoiset tekijät: Tuotteita ostetaan epätasaisesti mikä aiheuttaa vaihtelua tuotantomääriin ja resurssitarpeeseen. Ulkoisten toimittajien toimitusvarmuuden vaihtelu pakottaa yritykset tilaamaan suurempia eriä ja tekemään puskurivarastoja, jotta materiaali ei lopu kesken. (Modig & Åhlsröm 2013, 40-41.)

Tietämättä vaihtelua aiheuttavaa tekijää, vaikuttaa se silti joko palvelu- tai tuotteen saapumisaikaan. Vaihtelua syntyy virtausyksiköiden kulkeutuessa prosessin läpi tai niiden saapuessa prosessiin. Tuotannon prosessin käsittely- ja saapumisaika ovat linkittyneenä toisiinsa. Yksittäisen vaiheen käsittelyajan vaihtelu aiheuttaa vaihtelua myös seuraavan vaiheen aloitusaikaan. Vaihtelu sisältää käytännössä kaikki hukan lajit ja sitä on mahdollista poistaa kokonaan. Virtauksen parantamiseksi hukkaa tulee silti pyrkiä poistamaan koko ajan esimerkiksi vakioimalla viikkokohtaisia tuotantotavoitteita ja parantamalla varaston toimintaa niin, että voidaan tilata pienempiä eriä kerralla. Pieniin erämääriin tarvitaan hyvät toimittajasuhteet, sillä usein tämä tarkoittaa, että toimittaja joutuu varastoimaan tavaraa toimituksia suurempia määriä itsellään varmistaakseen toimitusvarmuuden. (Modig & Åhlsröm 2013, 40-41.)

4.4 Tahtiaika

Tuotannon aikataulutusta ja virtausta voidaan helpottaa määrittämällä tahtiaika. Tahtiaika tarkoittaa tuotantovauhdin suunnittelua. Sillä määritetään aika, mikä pitäisi kulua yhden lopputuotteen tekemiseen. Tahtiaika määritetään jakamalla käytettävissä oleva tehollinen työaika tilattujen tuotteiden lukumäärällä. Taulukossa 2 on laskettuna ko-

koonpantavan tuotteen tahtiaika kaksivuorotyössä, kun tehollinen työaika on 780 minuuttia ja kysyntä 20 kappaletta per päivä. (Kouri 2017.)

TAULUKKO 2. Tahtiajan laskeminen. (Kouri 2017.)

Tilattujen tuotteiden lukumäärä	20 kpl / päivä
Käytettävissä oleva työaika	780 min
Tahtiaika	$\frac{780 \text{ min}}{20 \text{ kpl}} = 39 \frac{\text{min}}{\text{kpl}}$

Taulukossa laskettu tahtiaika kertoo, että uuden tuotteen pitää valmistua 39 minuutin välein, jotta päästään haluttuun tuotantomäärään. Näin tuotanto pystytään aikatauluttamaan. Lean periaatteiden mukaan tuotteita tulee tehdä vain se mitä tarvitaan. Ylimääräinen valmistaminen hidastaa virtausta, koska valmiit tuotteet joudutaan varastoimaan, mikä aiheuttaa ylimääräistä liikkumista ja vie lattiatilaa. (Kouri 2017.)

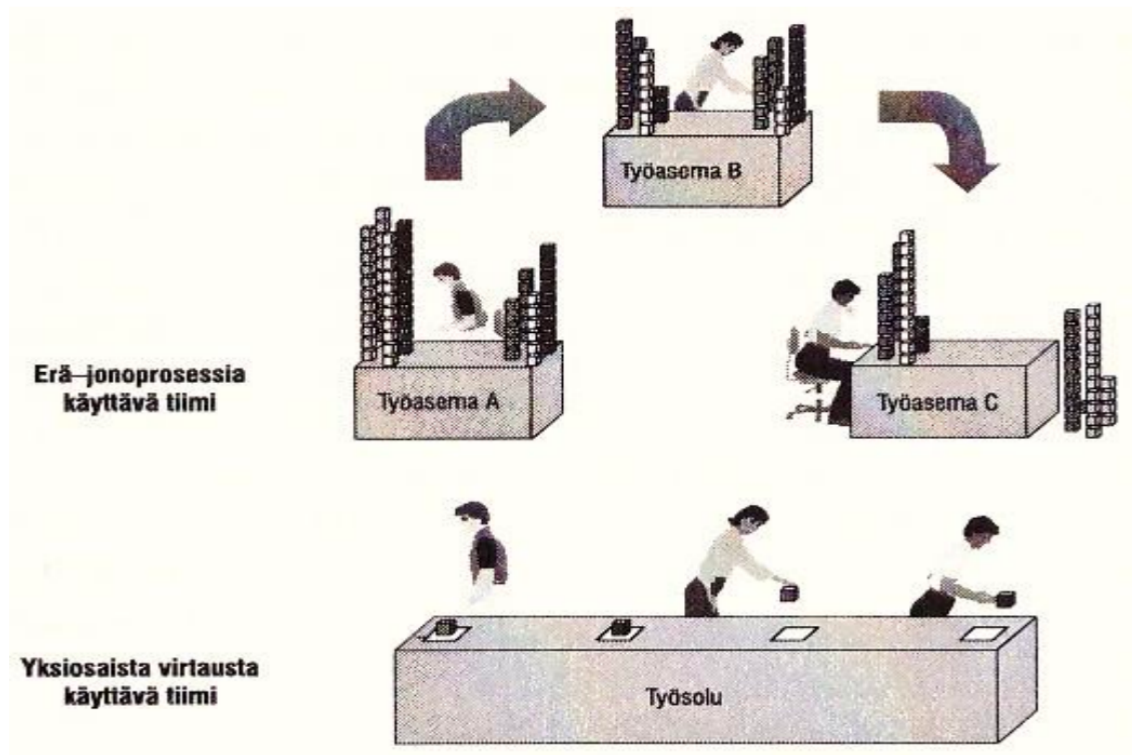
Tahditettu tuotanto parantaa tuotannon visuaalisuutta. Tarvittavat päivittäistuotannon tavoitteet voidaan tuoda taululle tai näytölle, mikä on kaikkien nähtävissä. Taululle sisällytetään myös tahtiaika millä haluttu tuotanto pystytään tekemään. Näin yksinkertaisella informaatiolla pystytään tasapainoittamaan tuotannon toimintaa. (Kouri 2017.)

4.5 Tuotannon yksiosainen virtaus

Lean-tuotannossa tavoitellaan yhden kappaleen virtausta eli yhden osan tai tuotteen työstämistä valmiiksi ennen seuraavan osan tai tuotteen valmistuksen aloittamista. Käytännössä se tarkoittaa samaa kuin aiemmin työssä mainittu jatkuva virtaus. Liker (2010, 87) mukaan useimmissa prosesseissa on 90 % hukkaa ja 10 % lisäarvoa tuottavaa työtä. Yksiosaista virtausta toteuttaessa, tuotannosta pyritään eliminoimaan kaikki mahdollinen hukka. Tämän takia lean-toimintaa tavoittelevan yrityksen tulisi implementoida jatkuva virtaus johonkin sen ydinprosesseista, tuotantoon tai palveluihin. (Liker 2010, 87-95.)

Jos yksiosaisessa virtauksessa ilmenee ongelma, koko tuotanto siltä alueelta pysähtyy. Tästä näkökulmasta menetelmä on häiriö herkkä valmistusjärjestelmä. Tuotannon pysähtyessä työntekijöiden täytyy kuitenkin ratkaista ongelmia välittömästi. Työryhmän

jäsenten on käytännössä pakko ajatella ja kehittää ratkaisuja, tuotannon käynnistämiseksi, sekä ongelmien välttämiseksi tulevaisuudessa. Näin ongelmat eivät toistu yhä uudestaan ja työryhmän jäsenet kehittyvät ongelmanratkaisussa. Tällä on suuri merkitys jatkuvan kehityksen kulttuurissa. Kuvassa 8 konkretisoidaan normaalin erätuotannon ja yksiosaisen virtauksen eroja. (Liker 2010, 87.)



KUVA 8. Erätuotannon ja yksiosainen virtauksen ero (Liker 2010, 190).

Kuvasta nähdään, että ylemmässä osiossa olevassa erä-jonoprosessissa virtaus on minimaalinen. Samaa tuotetta valmistetaan suuri määrä kerrallaan tiettyyn pisteeseen, ennen kuin se päästetään seuraavaan työvaiheeseen. Yhden virtausyksikön näkökulmasta kyseessä on virtaukseltaan hidas resurssitehokkuuteen perustuva prosessi, jossa arvoa tuottavan työn osuus läpäisyajasta on pieni. Yksiosaisessa virtauksessa tuotetta ei välivarastoida vaan arvoa tuottavia vaiheita suoritetaan koko ajan tuotteen valmistumiseen asti. Yksittäinen tuote valmistuu huomattavasti nopeammin kuin erätuotannossa ja arvoa tuottavan työn määrä prosessissa on suuri. Yksiosainen virtaus maksimoi sekä virtausettä resurssitehokkuutta. (Liker 2010, 87-90.)

On tärkeää ymmärtää, että yksiosainen virtaus on ihannetila, mihin ei aina ole mahdollista päästä tai se ei välttämättä sovi ollenkaan käytettäväksi jokaisessa tilanteessa. Lean-filosofian mukaan yksiosainen virtaus näyttää suunnan mihin toimintaa tulee ke-

hittää. Esimerkiksi kun jatkuva virtaus ei ole mahdollista Toyotan tehtaalla, siellä käytetään apuna puskurivarastoja. Prosesseissa pyritään silti ihannetilaan käyttämällä pieniä tavaraeriä ja sijoittamalla prosesseja lähelle toisiaan. Materiaalien pitäminen liikkeessä prosessista toiseen on tehokkaampi vaihtoehto kuin tehdä suuria eriä odottamaan. (Liker 2010, 90.)

4.6 Yksiosaisen virtauksen merkittävimmät hyödyt

Yksiosainen virtaus vähentää laatuongelmia, koska laadun tarkastaminen ja virheiden havaitseminen on helpompaa. Jokainen työntekijä on tarkastaja omalle työlleen, ja pyrkii myös tekemään sellaista laatua, että ongelmat eivät etene seuraavaan työpisteeseen. Jos vika kuitenkin pääsee etenemään, on se helppo havaita ja korjata, koska virheellisiä yksiköitä on edennyt vain yksi. (Liker 2010, 95.)

Hyvin virtaavan tuotannon tuottavuus ja tehokkuus parantuvat huomattavasti verrattuna massatuotantoon. Yksiosaisessa virtauksessa ei synny ylituotantoa eikä varastoja jotka pienentävät arvoa tuottavan työn osuutta huomattavasti. Myös ylimääräisen työn määrä laskee, kun virheet huomataan ajoissa eikä vikojen etsimiseen mene aikaa. Kyseisessä tuotantomuodossa on myös helppoa laskea, kuinka paljon resursseja tarvitaan tiettyyn tuotantovauhtiin. Kun Toyotan alihankkijoiden tukikeskuksessa tehtiin tuotantomuutos Toyotan tapaiseksi, tavoitettiin jokaisessa tapauksessa vähintään 100 prosentin kasvu työn tuottavuudessa. (Liker 2010, 95-96.)

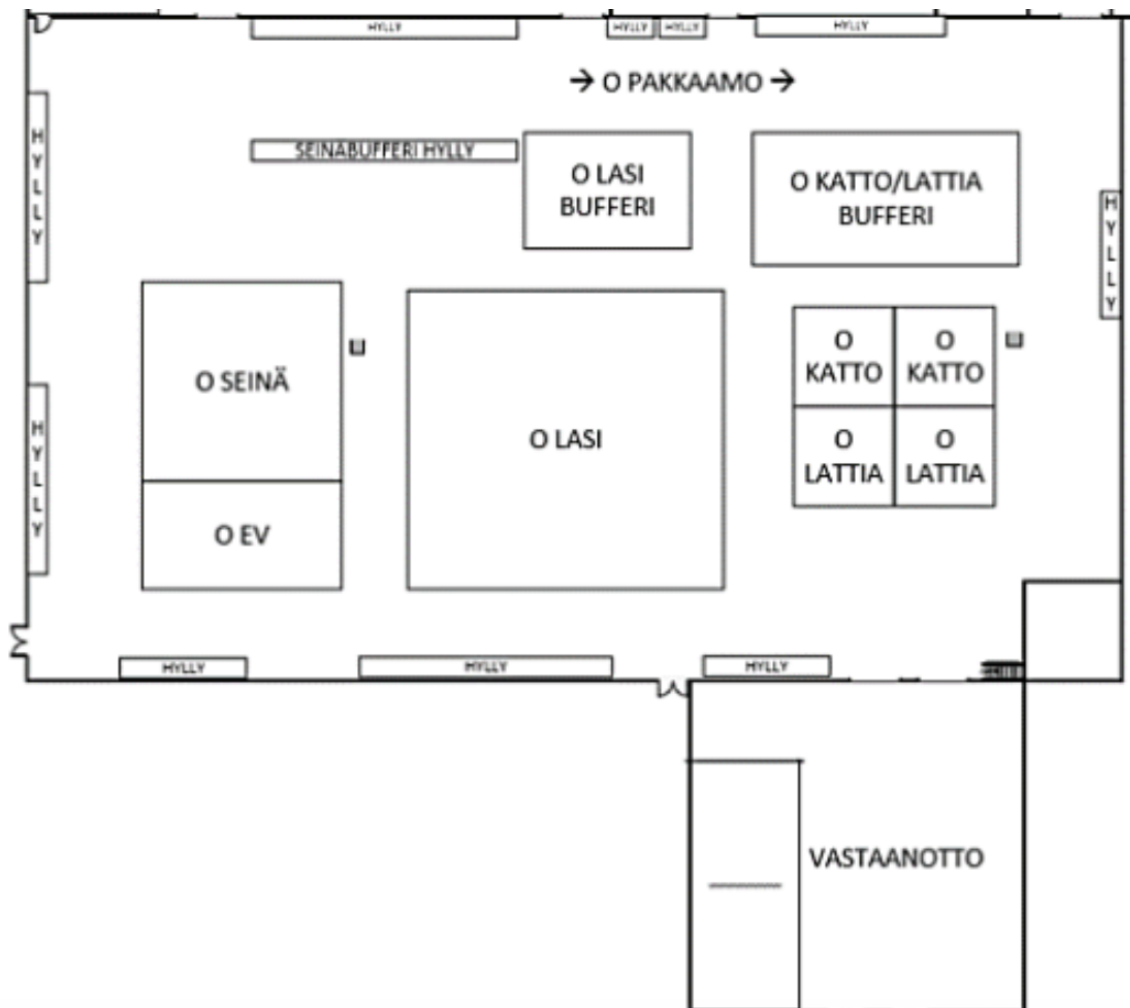
Toimintatapa parantaa turvallisuutta keskittymättä siihen erikseen. Pienemmät tuotantoerät, mahdollistavat pienempien trukkien käytön sekä pienempien tavaraerien kerta siirtelyyn. Tämä minimoi nostamiseen liittyviä tapaturmia. Kun yksiosainen virtaus ulottuu alihankintaketjuun, vapautuu myös lattiatilaa, koska voidaan vastaanottaa pienempiä eriä kerrallaan. Tuotantosolujen sisällä keskeneräisen työn määrä on pieni ja solut pysyvät helpommin siistinä, jolloin epäjärjestyksestä johtuvat tapaturmat vähenevät.

Yksiosaisessa virtauksessa työntekijät tekevät enemmän arvoa tuottavaa työtä ja he näkevät työn tulokset nopeammin sekä tuntevat itsensä tärkeiksi. Tutkimusten mukaan tämä on lisännyt tuloksellisuuden tuntua sekä työtyytyväisyyttä. On tutkittu, että yksi-

osaisen virtauksen implementoinnin jälkeen työntekijöiden työmoraali on kasvanut vuosittain. (Liker 2010, 96.)

5 KOHDEYRITYKSEN TUOTANNON TOIMINTA

Yrityksen tuotanto perustuu puhtaasti kokoonpanoon. Tehdas on jaettu kahtia niin, että molemmilla tuotteilla on oma kokoonpanohallinsa. Kokoonpanohallit koostuvat moduulien valmistamiseen spesifioiduista kokoonpanosoluista ja esivalmistelualueista sekä tuotteiden pakkaamoista. Esivalmistelualueilla tehdään komponenttien alikokoonpanoja, jotta itse kokoonpanosoluissa voidaan keskittyä vain ylemmän tason moduuli kokoonpanoon. Alikokoonpanoja ei tarvitse tehdä jokaiselle komponentille, joten osa voidaan tuoda työpisteisiin sellaisenaan. Kuvassa 9 nähtävissä O-tuotteen tuotantohallin layout.



KUVA 9. O-tuotantohallin layout

Materiaali virtaa soluihin osittain suoraan vastaanotosta ja osittain hallin laidoilla olevien varastohyllyjen kautta. Solujen palvelu on vastaanoton logistikkojen sekä esivalmistelijoiden vastuulla. Soluja täytetään ulkoapäin, jotta töitä ei tarvitse keskeyttää täy-

tön aikana. Täyttö tehdään solujen laidoilla oleviin varastohyllyihin sekä lattialle. Esi- valmistelu on toiminnaltaan osittain logistikoista riippumaton alue, joka pystyy tarpeen vaatiessa palvelemaan itse itseään, sekä tuotantolinoja. Valmiit moduulit virtaavat soluista kuvasta 9 katsottuna ylöspäin omiin välivarastoihin. Välivarastot toimivat niin sanottuina pakkaamon syöttäjinä. Pakkaaminen tehdään kuvan nuolien mukaisessa jär- jestyksessä vaneriseen pakkauslaatikkoon. Valmiiden pakkausten virtaussuunta on jäl- leen kuvasta katsottuna ylöspäin Q-tuotantohallin puolella olevaan lähettämöön.

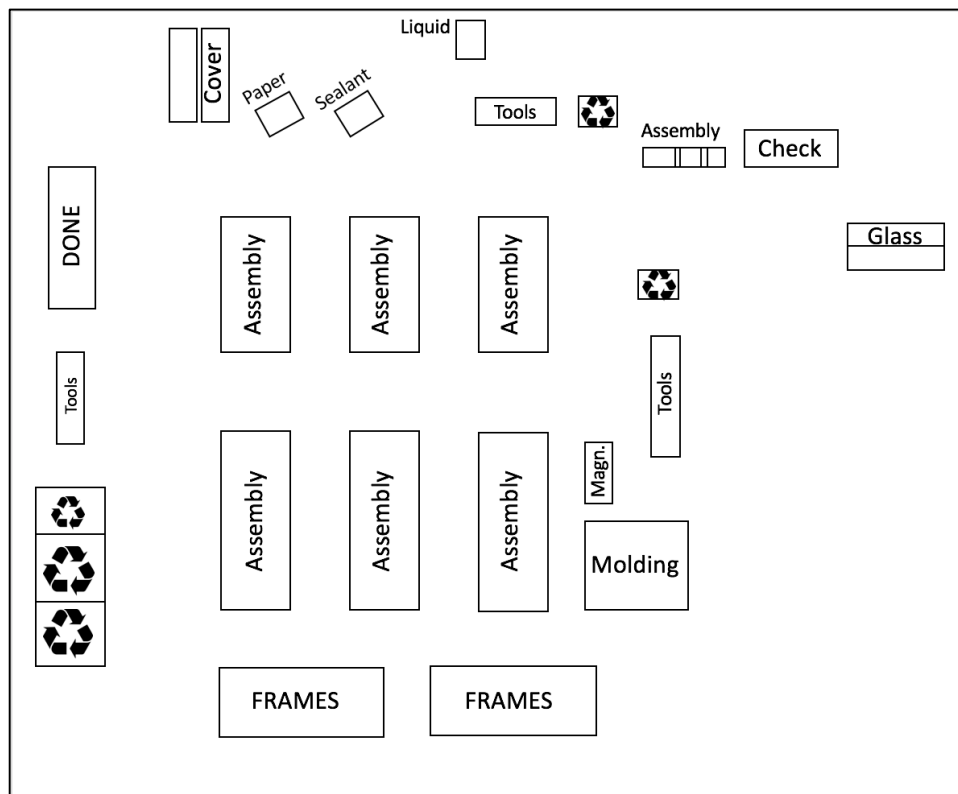
Tutkimustyön alkuvaiheessa katto-, lattia- ja seinätuotantosolut olivat kompakteja hyvin toimivia työpisteitä, joissa pystyttiin jo toteuttamaan yksiosaista virtausta. Moduuleja valmistettiin yksi kerrallaan ja jokaiseen työvaiheeseen pystyttiin siirtymään ilman odo- tusaikoja. Kuvassa 9 näkyvä lasialue oli jaettu poikkisuuntaisesti kahtia. Toisella puo- lella valmistettiin lasiseinämoduuleja ja toisella lasiovia. Näillä linjoilla yksiosaiseen virtaukseen ei oltu vielä päästy ja toiminta soluissa oli muutenkin kankeampaa. Tästä syystä kohdeyritys halusi tarkan analyysin solujen toiminnasta. Koska opinnäytetyö haluttiin rajata järkevästi, päätettiin fokusoida lasiovimoduulin kokoonpanosolun analy- sointiin.

6 TUTKITTAVAN SOLUN NYKYTILAN KARTOITUS

Tutkittavan tuotannon prosessin nykytilan kartoitus aloitettiin tutustumalla työhön kahdena päivänä. Tavoitteena oli saada selkeä käsitys oven kokoonpanoprosessin käytännön työvaiheista ja oppia tekemään ne. Opinnäytetyöntekijä pääsi kokoonpanemaan ovimoduuleja yhdessä tuotannon työntekijöiden kanssa. Tämä mahdollisti työntekijöihin tutustumisen, mikä oli tärkeää jatkoa ajatellen, koska työskennellessään päivittäin samojen asioiden äärellä he osasivat parhaiten kertoa haasteista ja kehitysideoista. Kokoonpanotyön ohella opinnäytetyöntekijä tiedusteli tuotannon henkilöstöltä solun toimintaan liittyvistä haasteista. Oven kokoonpanon näkökulmasta, tuotannossa työskentelyllä saatiin ymmärrys työvaiheista, ongelmakohtista sekä ensimmäisiä kehitysideoita. Tarkemman tiedon ja paremman kokonaiskuvan saamiseksi oven kokoonpanotyö videoitiin ja analysoitiin tarkasti Framery:n tuotannon toimintatapojen mukaisesti, joita on käyty lävitse kappaleesta 6.2 eteenpäin.

6.1 Kokoonpanosolun layout

Kokoonpanosolun layout oli kuvan 10 mukainen. Kuvassa olevat ”assembly-alueet” kuvaavat jigejä, joissa moduulin osia työstettiin. Alemmilla jigeillä työstettiin ovikarmeja ja ylemmillä lasiovia, missä myös karmit sekä lasiovet yhdistettiin ovimoduuleiksi. Ylemmillä jigeillä tehtiin myös moduulien suojaus, materiaaliainehioita säilytettiin varastossa sekä kuvasta katsottuna jigien alapuolella. Valmiit suojatut moduulit vietiin ”Done-alueelle” renkailla olevalle pukille, jonka täytyttyä moduulit kuljetettiin pakkaamon edessä olevaan ovimoduulien välivarastoon.



KUVA 10. Lasiovisolun layout.

Työkaluja ja ovikarmin komponentteja säilytettiin pääosin jigien ympärillä olevissa työkalukärryissä (Tools). Lisäksi komponenteista magneetit ja kynnykslistat löytyivät karmijigien oikealla puolella olevista kärryistä. Lasikarmiin kokoonpanossa komponentteja tarvittiin huomattavasti vähemmän, ja nämä oltiin pystytty sijoittamaan lähes kaikki lasikarmijigiin. Ovilaseja säilytettiin layoutin oikeassa reunassa olevalla lasipukilla. Lasit kuljetettiin lasipukin vieressä olevan lasin laaduntarkastuspisteen kautta sen vasemmalla puolella sijaitsevalle jigille, jonka avulla lasit asetettiin lasikarmin sisälle. Karmeihin asennettavat ovi- ja lasitiivisteet olivat sijoitettuna ovikarmijigeihin sekä kuvasta katsottuna layoutin yläreunassa (sealant) kärryyn. Liimoille ja pesuaineille ei ollut vakioitua paikkaa.

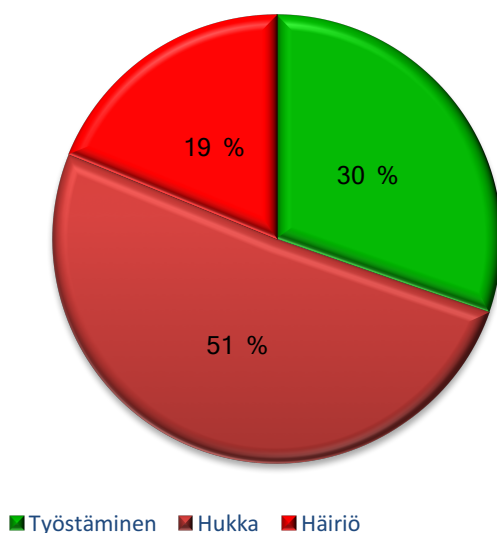
6.2 Kokoonpanon videointi

Työvaiheiden kuvaaminen on ollut organisaatiossa normaali käytäntö siitä lähtien kun tuotannonkehitystä on ryhdytty tekemään systemaattisesti. Kuvaaminen on koettu yrityksessä tehokkaaksi tavaksi tunnistaa työvaiheiden ongelmakohtia. Videoiminen kuuluu Framery:n tuotannon toimintatapoihin, tämän takia siitä sopiminen ei ollut vaikeaa

tuotannon työntekijöiden kanssa. He tiesivät mihin videota käytetään ja pääsivät myös itse vaikuttamaan jatkokehitykseen. Kuvauksesta tuli lisäksi sopia tuotannon esimiehen kanssa, joka määräsi kuvausajankohdan sille ajalle, kun tuotannossa ei ollut kiirettä. Vertailun takia kuvauksia tehtiin yhteensä kaksi, eri kokoonpanijoiden tekemänä. Tulosten ollessa hyvin yhtäläiset, päätettiin analysoida vain toinen kuvauksista.

Normaalisti työpisteellä työskenteli yksi henkilö, joka teki valmiiksi kolme ovea kerrallaan. Toistamalla samat työvaiheet kolmeen kertaan, jolloin ovia valmistui tasaisesti kolmen kappaleen erissä. Kokoonpanotyössä on raskaita nostoja mikä vaati hetkittäin myös toisen työntekijän apua. Kyseinen valmistustapa oli koettu nopeimmaksi sen hetkisillä menetelmillä. Yrityksen tavoitteena oli kuitenkin lean periaatteiden mukaisesti päästä solun sisäiseen yksiosaiseen virtaukseen. Tämän takia päädyttiin kolmen sijasta yhden oven kokoonpanotyön kuvaamiseen. Oven kokoonpanon työvaiheiden analysoinnilla ja pullonkaulojen tunnistamisella saatiin selkeä kuva nykytilasta ja sen kehitystarpeista, jotta yksiosaisen virtauksen implementointi soluun olisi järkevää.

Videonkäsittely alkoi opinnäytetyöntekijän tutustumisella videomateriaaliin ja työvaiheiden erittelyllä toisistaan pienempiin osiin. Työvaiheet nimettiin ja kirjattiin taulukkolaskentaohjelmaan. Taulukkoon sisällytettiin jokaisen työvaiheen kesto, aloitus- ja lopukohdat, jotta työn tiettyä vaihetta päästäisiin helposti tarkastelemaan videolta uudelleen. Työvaiheet arvioitiin jaotteleamalla ne käsitteillä: työstäminen, hukka tai häiriö, ja laskettiin niiden osuus kokonaisajasta. Kuviossa 4 on nähtävissä kokoonpanon työvaiheiden osuudet. Taulukkoon kirjattiin myös tarpeen mukaan huomioita työvaiheiden selventämiseksi. Videoanalyysistä tehty taulukko on nähtävissä liitteessä 1.



KUVIO 4. Kokoonpanon työvaiheiden osuudet

Ruuvausaikojen mittaamisen vaikeuden takia arvoa tuottavan työn aika olisi epätarkka eikä sitä ole siksi huomioitu eriteltyinä. Kaikki aika, kun työntekijä teki työvaiheita, missä tuotettiin arvoa, määriteltiin työstämiseksi. Koska arvoa syntyi asiakkaalle vasta, kun esimerkiksi ruuvin viimeinen kierre kiinnitti magneetin tai viimeinen vasaran isku asetti ohjaustapin paikalleen, voidaan pitää suurinta osaa työstämiseksi määriteltä osuutta hukkana.

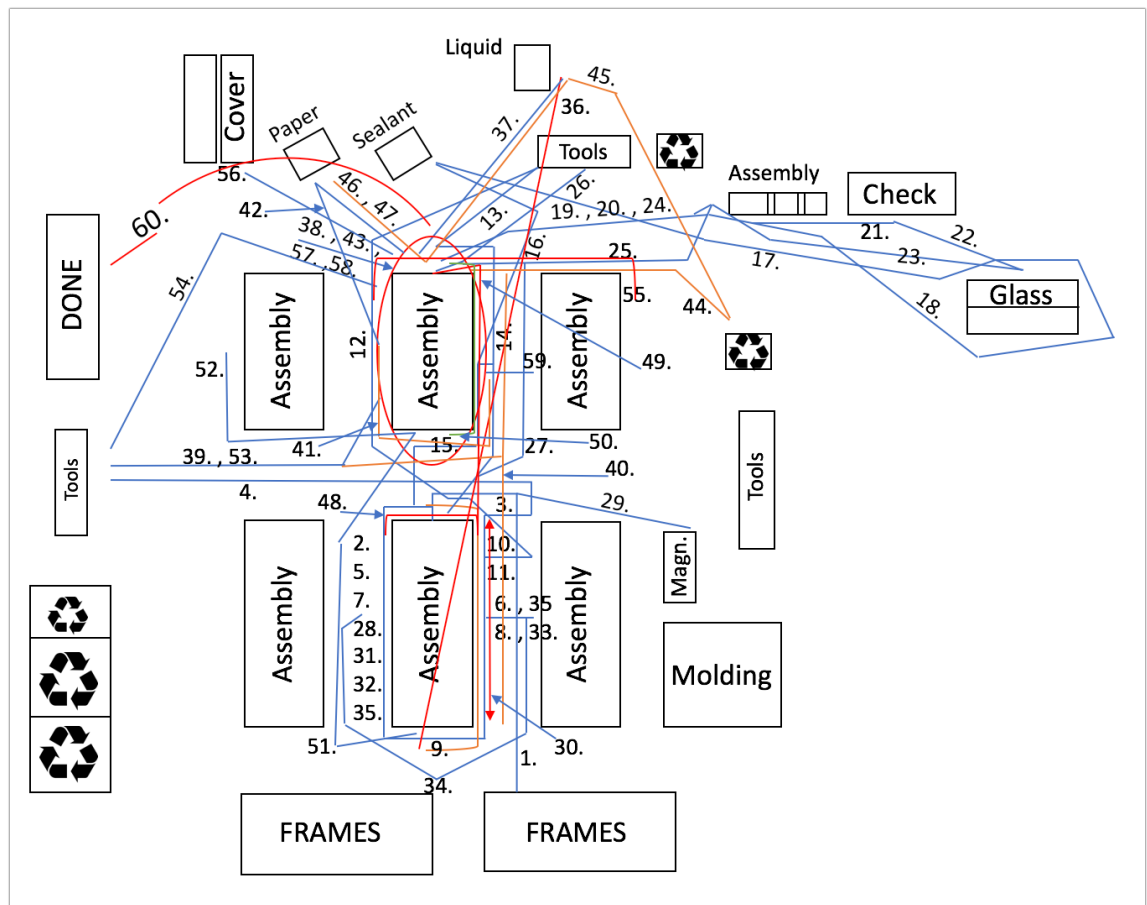
Suurimmiksi pullonkauloiksi osoittautui ovirunkoon liimattavan tulpan sekä ovikarmiin tulevien kynnyksistöjen pitkät liimaantumisaajat, mitkä aiheuttivat häiriötä kokoonpanon loppupuolella. Tiettyjä työvaiheita ei voitu suorittaa ennen liiman kuivumista. Työntekijä ehti tähän vaiheeseen työtä ennen liimantumista ja joutui tästä syystä odottamaan noin neljä minuuttia päästäkseen jatkamaan seuraavaan vaiheeseen. Lisäksi häiriötä syntyi viallisesta lasista ja työkalujen etsimisestä.

Moduulin valmistaminen kesti noin 28 minuuttia. Linjalla työskenneltiin kahdessa vuorossa mikä tarkoitti, että kyseisellä vauhdilla oltaisiin pystytty valmistamaan noin 27 moduulia päivässä, kun tehokkaaksi työajaksi laskettiin 780 minuuttia. Voidaan olettaa, että kuvauksesta johtuen kokoonpano tehtiin normaalia nopeammin, joten todellisuudessa työn tehokkuus olisi ollut hieman pienempi. Tuotannon tavoite oli valmistaa 20 moduulia päivässä ja 100 moduulia viikossa. Tavoitteiden mukaan laskettu tahti aika tuotannolle oli 39 minuuttia. Tahtiin päästiin siis vaivattomasti mikä tarkoittaa, että yksiosainen virtaus olisi ajallisesti ollut jo mahdollista. Suuren liikemäärän sekä liimausaikojen takia tämä ei kuitenkaan ollut vielä järkevää.

6.3 Liikemäärä

Videoanalyysistä tehdystä taulukosta (liite 1) selvisi, että jokaisessa työvaiheessa oli huomattavan paljon liikkumista, esimerkiksi jigien ja työkaluseinien välillä. Liikkeen visualisoimiseksi kokoonpanosta tehtiin videon avulla spagettidiagrammi solun layoutin päälle. Spagettidiagrammin tarkoituksena on havainnollistaa yhden moduulin kokoonpanosta syntyvää liikemäärää. Diagrammiin on piirretty viivoilla yhden työntekijän liike oven kokoonpanon aikana, todellisuudessa liikettä on tapahtunut hieman enemmän, koska osaan nostoista jouduttiin pyytämään toisen työntekijän apua. Viivojen värejä on

vaihdeltu kuvan selkeyttämiseksi. Kuviossa 5 on nähtävissä kokoonpanon aikana syntynyt liikemäärä spagettidiagrammin avulla.



KUVIO 5. Spagettidiagrammi yhden oven kokoonpanosta

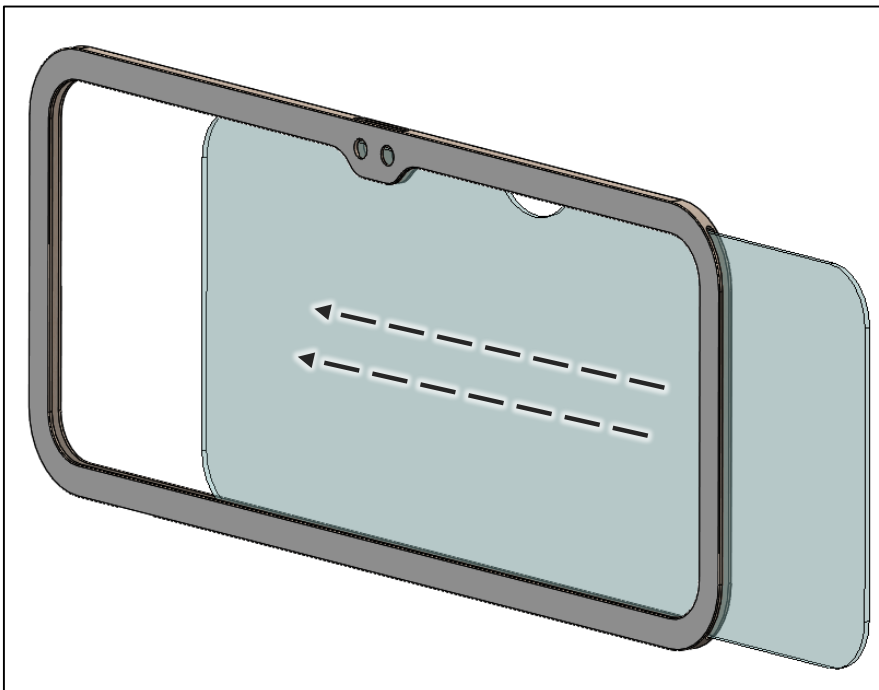
Suuren liikemäärän vuoksi kokoonpanosta oli haastavaa tehdä selkeää spagettidiagrammia. Viivat numeroitiin kuvioon ja nimettiin erilliseen taulukkoon työvaiheen mukaan niin, että opinnäytetyöntekijä pystyi tulkitsemaan kuvaa tuotannon työntekijöille ja esimiehille. Taulukko on nähtävissä liitteessä 2.

Kuvio 5 selkeyttää hyvin, kuinka paljon liikettä on tapahtunut jigien ulkopuolella. Liitteen 1 taulukosta nähdään, että työssä oli puhdasta hukkaa noin 14 minuuttia, mistä yli kolmannes aiheutui työpisteen ulkopuolisista komponentti- ja työkalunoudoista. Liikettä koko työssä syntyi yhteensä noin 300 metriä. Ylimääräisen liikkeen lisäksi komponenttinoudoissa aikaa kului myös komponenttien laskemiseen sekä siihen kun komponentteja järjesteltiin kokoonpanopöydälle, jotta niiden asentaminen olisi jouhevampaa. Työkaluja ja komponentteja jouduttiin myös ajoittain etsimään.

Hyvään virtaukseen pyrkiessä on tärkeää, että kokoonpanotyössä ei tarvitse poistua työstettävän kappaleen luota. Kaikki tarvittavat työkalut ja komponentit tulee olla sijoitettuna mahdollisimman lähelle valmistettavaa tuotetta. Tällöin pystytään minimoimaan ylimääräisestä liikkumisesta aiheutuvaa hukkaa sekä parantamaan työergonomiaa. Lisäksi lähellä olevat nimetyt ja visuaaliset paikat helpottavat tavaran löytymistä. Näin saadaan parannettua sekä virtaus- että resurssitehokkuutta, koska resurssina on työntekijä, joka pystyy tekemään jatkuvasti arvoa tuottavia työstöjä poistumatta virtausyksiköltä. Asiakkaan näkökulmasta arvoa tuottavan työn määrä nousee suhteessa hukan määrään.

6.4 Liimaus kokoonpanon pullonkaulana

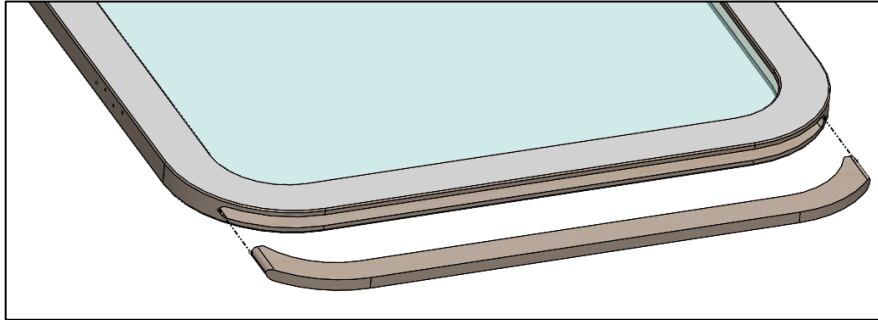
Lasikarmiin tulevan tulpan sekä ovikarmin kynnyksistöjen liimausajat osoittautuivat kokoonpanon pullonkauloiksi. Liimaukset kestivät noin 15-20 minuuttia. Ennen ovitulpan liimausta, lasikarmin kehän sisään lisättiin ensin liima ja tämän jälkeen lasi työnnettiin karmin päädystä sisään kuvan 11 näyttämällä tavalla.



KUVA 11. Lasin asetus

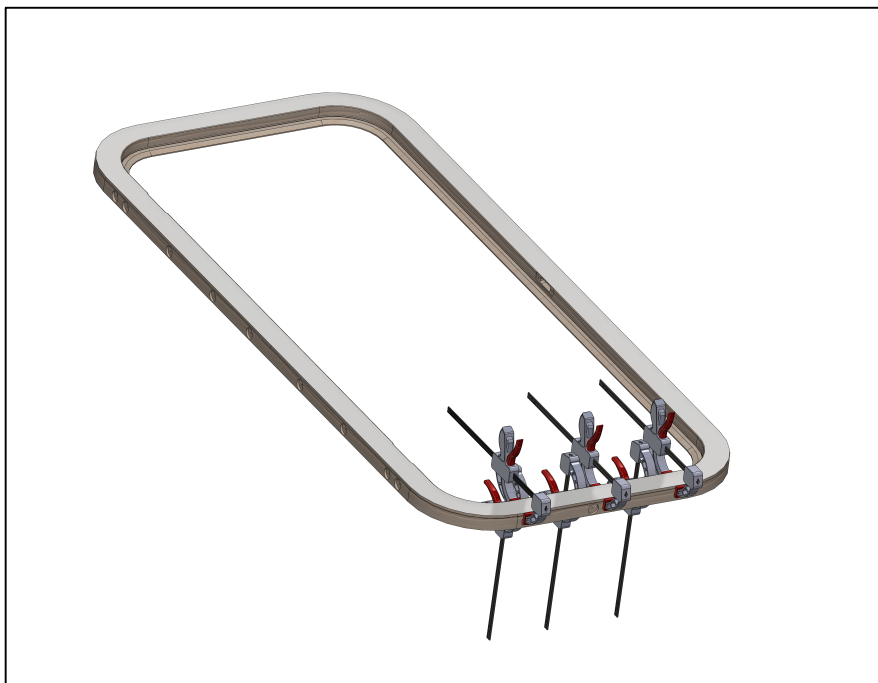
Lasin asetuksen jälkeen tulppa pantiin liimaukseen lasin sisäänmenoaukkoon kuvan 12 mukaisesti. Itse tulppa ei pitänyt lasia paikallaan vaan karmin sisälle tullut liima ja

myöhemmin asennettava lasitiiviste. Tulppaan ei kohdistunut rasitetta lasin painosta, vaan pystysuuntaista vetorasitusta, johtuen tulpan ja lasikarmin aukon dimensio eroista. Tästä syystä tulppa liimattiin puristimien avulla ja liiman piti antaa jähmettyä noin 20 minuuttia.



KUVA 12. Tulpan liimaus

Ennen kynnyksistöjen liimausta, ovikarmin vastakkaiselle puolelle kiinnitettiin ohjaustappeja sekä rampamuttereita. Komponenttien kiinnitysten jälkeen karmi käännettiin ympäri, ja listat asetettiin liimaukseen kuvan 13 mukaisesti. Listojen liimausaika oli noin 15 minuuttia.



Kuva 13. Koristelistöjen liimaus

Osien liimaantumisen aikana loputkin komponentit saatiin asennettua lasi- ja ovikarmeihin, lukuun ottamatta ovitiivisteiden asennuksen viimeistelyä. Ovitiiviste pystytettiin

kiinnittämään kokonaan vasta kun listat olivat liimaantuneet ja puristimet poistettu paikaltaan. Ennen tiivisteiden asentamista loppuun, jouduttiin odottamaan noin 4-5 minuuttia ennen kuin liimapuristimet voitiin poistaa. Tiivisteiden asentamisen jälkeen, karmi ja ovi yhdistettiin ovimoduuliksi. Ovimoduuliin kiinnitettiin tarpeelliset informaatio paperit ja suojamateriaalit, jonka jälkeen kokoonpano oli valmis. Liimauksien jälkeisiin työvaiheisiin kului yhteensä noin 4 minuuttia. Liimauksista johtuvan odotusajan poistaminen tarkoittaisi koko kokoonpanoprosessin lyhenemistä yhtä suurella aikamäärällä.

6.5 Ovitiivisteiden asentaminen

Ovimoduulin kokoonpanossa kaikkien komponenttien paitsi tiivisteiden asennuksessa käytettiin työkaluja. Oveen asennettiin kaksi tiivistettä. Yksi lasitiiviste ovirungon sisäkehälle lasin ja ovirungon väliin ja yksi ovitiiviste ovikarmin sisäkehälle. Näistä ovitiivisteiden asentaminen on huomattavasti haastavampaa, hitaampaa sekä työntekijää kuormittavampi työvaihe. Tiiviste asennettiin kuvan 14 mukaisesti käsin.



KUVA 14. Ovitiivisteiden asentaminen

Karmin sisäkehällä on ura, johon tiiviste asennettiin painelemalla ja liu'uttamalla kättä tiivisteiden päällä. Asennustavasta johtuen työntekijöillä oli satunnaisesti lieviä rasitusvammoja sormenpäissä sekä nivelissä. Tiivisteiden asennus ei ollut pullonkaula, mutta työergonomisesti raskas työvaihe, johon toivottiin muutosta.

7 KEHITYSEHDOTUKSET

Linjaston kehitysehdotuksissa päätettiin keskittyä työpisteen järjestykseen komponenttien ja työkalujen sijainnin ja suuren liikemäärään sekä noutoihin kuluvan ajan takia. Tuotannon esimiesten toivomuksesta myös ovikarmin sisäkehälle tulevan tiivisteiden asennukseen sekä liimaukseen kehitettiin ratkaisuja.

7.1 Komponenttien tuominen kokoonpanopöytään

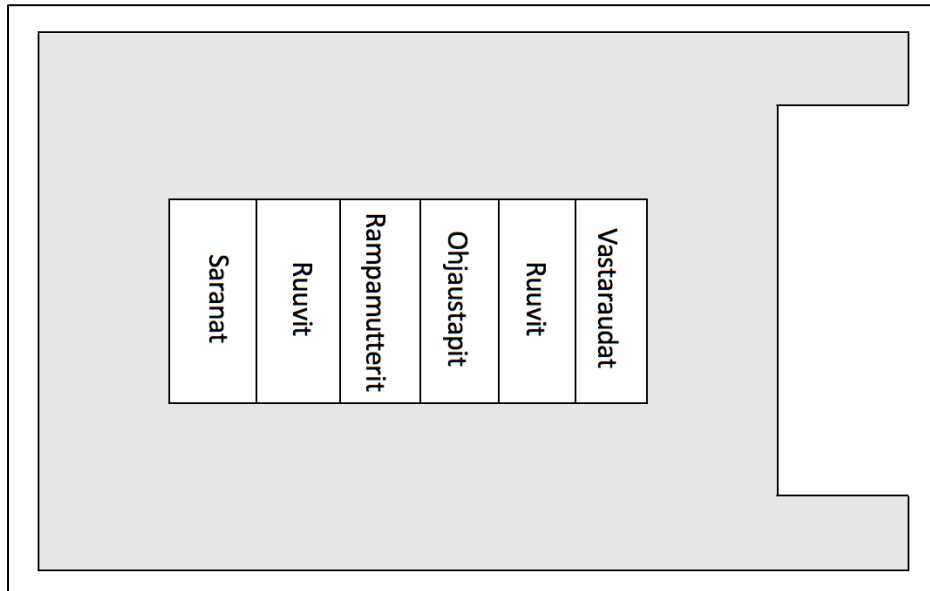
Komponenttien sijoittelun suhteen heräsi monia ideoita, kuten kokoonpanojigin viereen sijoitettu työkalukärry mihin olisi sijoitettuna kaikki tarvittavat työkalut ja komponentit. Tämä olisi vähentänyt ylimääräistä liikettä merkittävästi sekä parantanut siisteyttä ja tavaran löytämistä. Jos karmin kokoonpano olisi pystytty tekemään kokonaan yhdeltä puolelta, ratkaisu olisi ollut hyvä. Jigiä jouduttiin kuitenkin kiertämään, koska kiinnityksiä tehtiin jokaiselle karmin sivulle. Suuren komponenttimäärän takia kaikkia osia ei ollut järkevää tai mahdollista tuoda kerralla jigille. Tämän takia edestakaista liikettä olisi syntynyt edelleen työkalukärryn ja pöydän välillä kohtalaisen paljon. Jigi nähtävissä kuvassa 15.



Kuva 15. Karmin kokoonpanojigi

Kokoonpanopöydän päälle olisi ollut tilaa sijoittaa pientavaralaatikoilla varustettu työkaluseinä. Tällöin työntekijä olisi yltänyt komponentteihin poistumatta paikalta missä suoritti asennusta. Työergonomian kannalta tämä ratkaisu ei olisi ollut järkevä, koska karmia jouduttiin nostamaan asennuksen aikana akselinsa ympäri. Työkaluseinän takia nostot olisivat jatkossa olleet korkeampia ja raskaampia raajoille. Työergonomisista syistä hyödyt ja haitat olisivat kumonneet toisensa.

Lopullinen ehdotus oli, että jigien keskelle upotettaisiin pientavaralaatikoita, joihin voitaisiin sijoittaa suurin osa karmin kokoonpanoon tarvittavista komponenteista. Näin komponentteja pystyy poimimaan pöydän molemmin puolin. Karmin sisäkehälle tulevan tiivisteiden asentaminen on estotonta ja nostot pystytään tekemään vanhalla tavalla. Kuvassa 16 on nähtävissä ehdotus ylhäältä päin kuvattuna komponenttien uudesta sijoittelusta jigissä.



Kuva 16. Komponenttien paikat jigissä

7.2 Tiivisteiden asentaminen

Ovitiivisteiden asentamisen kehittämiseen etsittiin aluksi ratkaisuja rautakauppojen työkaluosastoilta. Monella työntekijällä oli näkemys, että tiiviste pystytään rullailemaan päältä päin paikoilleen. Sopivia työkaluja löytyi kaupoista vähän, joten testiin valittiin tapetin asentamiseen tarkoitettu saumarulla. Työkalu nähtävissä kuvassa 17.



Kuva 17. Tapetin saumarulla

Työkalu osoittautui heti ensimmäisessä testissä huonoksi. Tiiviste ohjautui väärin ja nousi pystyyn rullan ja karmin sisäseinämän välissä, johtuen rullan liian suuresta korkeudesta. Täten tiiviste ei asentunut karmissa olevaan uraan ollenkaan. Kun muita kaupallisia vaihtoehtoja ei löytynyt, kohdistettiin ratkaisun etsintä suomalaisiin ovi- ja ikkunavalmistajiin. Monissa isoissa ovi- ja ikkunatehtaissa annettiin ymmärtää, että heillä

tiivisteet asennettiin myös käsin. Yhdessä tehtaassa käytettiin heidän tiivistetoimittajaltaan saatavia tiivisteiden asennusrullia, joita päätettiin tilata myös Framerylle testattavaksi. Asennusrulla testattavana kuvassa 18.



Kuva 18. Asennusrullan testaus

Asennusrullan avulla tiiviste asettui kohdilleen vaivattomasti. Työkalussa oleva rengas oli tarpeeksi kapea, jotta tiivistettä pystyttiin painamaan oikeasta kohtaa eikä se päässyt nousemaan pystyasentoon. Tiivisteiden asennus oli työkalun avulla kevyempää ja pienen harjoittelun jälkeen myös nopeampaa kuin käsin. Rullia tilattiin lisää ja annettiin testattavaksi tuotantoon. Myös automaattioratkaisuja mietittiin, mutta hintojen noustessa yli 100 tuhanteen euroon ne suljettiin pois.

7.3 Liimausajan nopeuttaminen

Kynnyslistat sekä lasikarmin tulppa liimattiin kahdella eri liimalla. Liimojen välisestä vuorovaikutuksesta toisiinsa, rakenteisiin syntyi vahva elastinen liimaliitos. Liimojen kuivumisaika oli kuitenkin pullonkaula, joka haluttiin poistaa, jotta kokoonpanossa ei olisi odotusaikoja. Ongelmaa lähdettiin ratkomaan kokeilemalla liimojen tartuntaa lyhyemmällä puristusajalla. Liimauksia testattiin vähentämällä puristusajaa joka testissä minuutti komponentin ohjeistetusta puristusajasta, kunnes tartunta ei enää riittänyt. Tulokset esiteltynä taulukossa 3.

TAULUKKO 3. Liimausaikojen testaus

Kynnyslistat/ Puristusaika (min)	Liitoksen pitävyys	Ovitulppa/ Puristusaika (min)	Liitoksen pitävyys
14	Kyllä	19	Kyllä
13	Kyllä	18	Kyllä
12	Kyllä	17	Kyllä
11	Kyllä/Ei	16	Kyllä
10	Ei	15	Kyllä/Ei
9	Ei	14	Ei

Taulukosta havaitaan liimausajoissa olevan noin 3-4 minuuttia ylimääräistä aikaa. Kyllä/Ei merkinnät tarkoittavat, että liitoksen tartunta oli epävarmaa eikä välttämättä olisi pitävä jokaisessa liimauksessa. On otettava myös huomioon, että liima pursotettiin käsin, joten liimamäärät vaihtelivat jokaisessa testissä. Tämä aiheutti vaihtelua liiman jähmettymisaikaan. Joka tapauksessa puristimet voidaan jatkossa poistaa 3-4 minuuttia ohjeistettua aikaa aikaisemmin. Tämä tarkoittaa, että jo nyt päästään hyvin lähelle yhtäjaksoista kokoonpanoa. Jatkossa tulee tehdä useampia testejä annostelemalla eri määrä liimaa ja tutkia sen vaikutusta liimaliitoksen laatuun sekä liimausaikaan.

Liiman toimittajalta saadun tiedon mukaan kynnyslistojen liimausaika pystyttäisiin pienentämään 15 minuutista 5 minuuttiin, kun liimoja säilytettäisiin 50-60 asteisessa vedessä. Tämä tulee testata molemmilla komponenteilla. Toimiessaan kyseinen menetelmä mahdollistaa katkeamattoman virtauksen tuotannon soluun.

8 TULOKSET

Muutosehdotus komponenttien sijoittelusta otettiin tuotannossa positiivisesti vastaan. Komponenttien lopulliset paikoitukset kokoonpanojigiin määräytyi, tuotannontyöntekijöiden kanssa käydyn keskustelun perusteella. Kuvassa 19. On nähtävissä rampamuttereiden, ohjaustappien, vastarautojen sekä ruuvien uudet paikoitukset.



KUVA 19. Uudistettu kokoonpanjigi

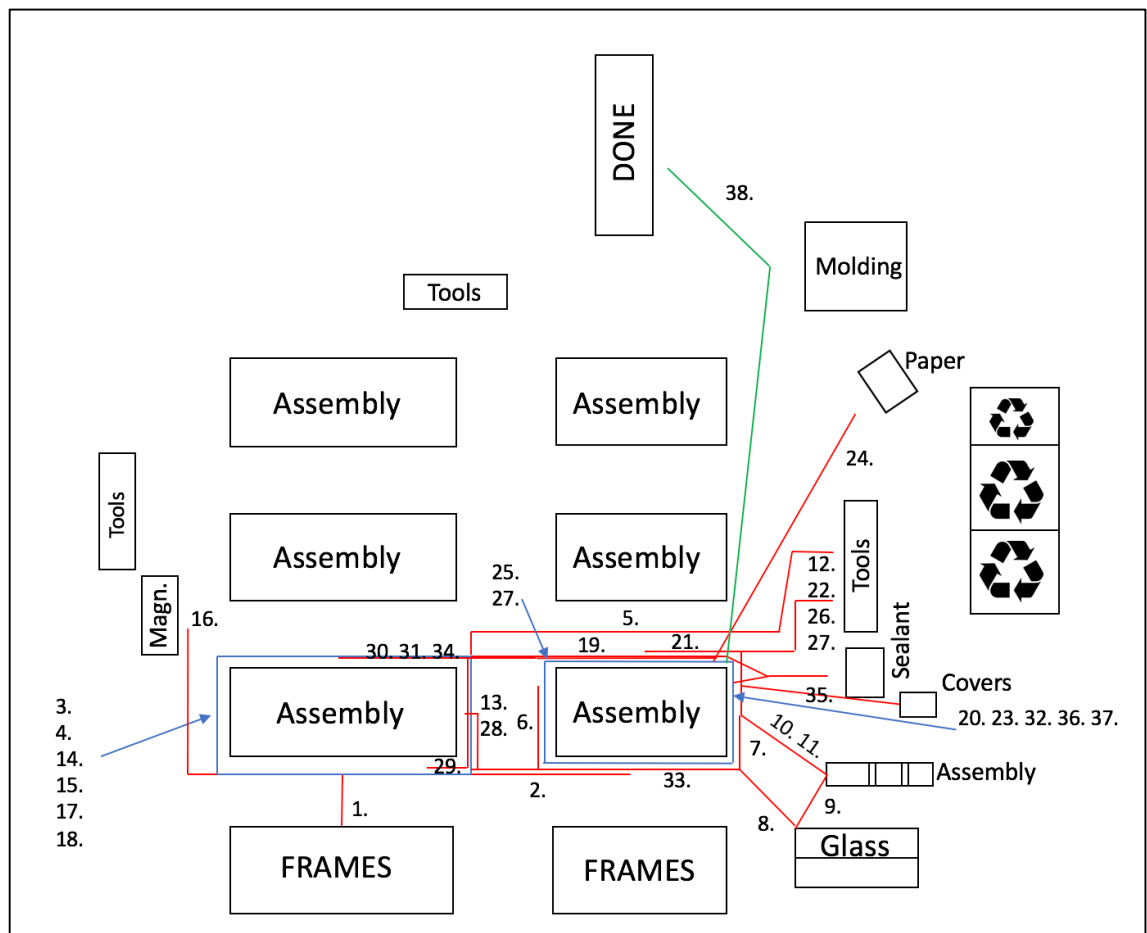
Muutos tehtiin ensin vain yhteen jigiin. Ensimmäisen viikon jälkeen muutokset haluttiin ja toteutettiin myös muihin jigeihin. Työntekijöiden mukaan pöydät pysyivät huomattavasti siistimpinä kuin ennen ja työnteko oli kevyempää, koska suurinta osaa komponenteista ei enää tarvinnut hakea muualta. Ennen muutosta komponentteja oli työkalukärryissä sekä satunnaisesti ympäri kokoonpanoaluetta. Kuvassa 20. nähtävissä vielä saraoiden uusi paikka pöytälevyn alla.



KUVA 20. Saranoiden paikotus

Ovitiivisteiden asentamiseen tarkoitettu asennusrulla otettiin hyvin vastaan lukuun ottamatta vasenkätisiä henkilöitä. Kaikki työntekijät oli koulutettu asentamaan tiivistettä kiertäen karmia myötäpäivään, jolloin vasemmalla kädellä tehtiin tiivisteiden ohjaus ja oikealla kädellä painaminen uraan. Vasenkätiset eivät osanneet käyttää rullaa oikealla kädellä ja vasemmalla kädellä käytettäessä tiivisteiden ohjausta oli vaikea tehdä. Ratkaisu olisi ollut kiertosuunnan muutos vastapäivään, mutta toistaiseksi sitä ei haluttu tehdä. Asennusrulla paransi työergonomiaa sekä poisti ylipäätään käsistä. Monen varsinkin hieman kokemattomamman työntekijän mukaan asentaminen oli huomattavasti nopeampaa. Lisäksi rullan käyttö vähensi laadun vaihtelua työntekijöiden välillä.

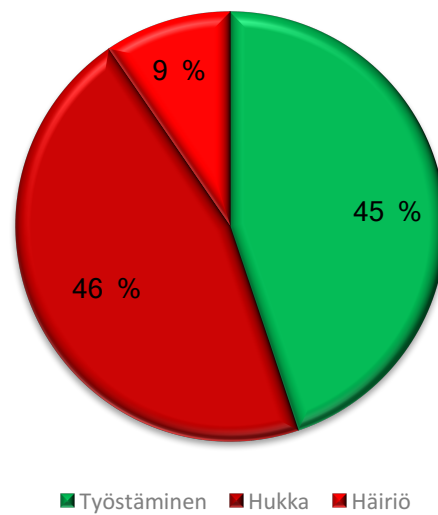
Liimausaikoja ei toistaiseksi pienennetty, koska kaivattiin laajempaa testaus ajanjaksoa laadun varmistamiseksi. Tuotannon volyymin ja kiireen kasvaessa, laajempaan testaamiseen ei ollut työn aikana resursseja. Uudelleen tehdystä videoanalyysistä kuitenkin selviää, että jo tehdyillä muutoksilla saatiin huomattavia hyötyjä etenkin ylimääräisen liikkeen suhteen. Tämä nähdään yhden moduulin kokoonpanosta tehdystä liikettä havainnollistavasta spagettidiagrammista kuviossa 6. Verrattuna lähtötilanteeseen (kuvio 5) solun layout ei enää peity liikettä kuvaavista viivoista.



KUVIO 6. Liikemäärä muutosten jälkeen

Liike on kuvattuna punaisin viivoin, paitsi jigien kiertoa vaativissa työvaiheissa, joissa on käytetty sinistä jigien ympärillä olevaa viivaa. Muutosten toteutuminen ja solun toiminnan tutkiminen vaikuttivat solun kehittämisen kulttuuriin. Kuvio 6 nähdään, että solun layout on muuttunut alkuperäisestä (kuvio 5). Tämä on täysin solussa työskentelevien työntekijöiden tekemä muutos. Layout muutoksessa pienennettiin välimatkoja sekä parannettiin tavaroiden sijoittelua. Lisäksi työpisteille hankittiin lisää työkaluja, jotta niitä riitti jokaiselle jigille.

Uudesta videoanalyysistä tehdystä työvaiheiden taulukoinnista liitteessä 4 selviää, että ylimääräiseen liikkumiseen kulunut aika väheni muutosten jälkeen yli 30 %. Kokoonpanossa syntyvä kokonaisliikemäärä putosi arviolta noin 50 %. Kokoonpanoista tehtyjen liikemäärien arviointi perustuu layout-kuvan päälle liikkeestä piirrettyjen viivojen ja layoutin mittojen vertailuun. Kokonaisaika kokoonpanossa laski noin neljä minuuttia, koska liimattavia osia pidettiin puristuksessa testeistä saadun minimiajan verran. Näin työssä jouduttiin odottamaan liimaantumista vain minuutin ajan. Kuviossa 7 nähtävissä kokoonpanon työvaiheiden osuudet.



KUVIO 7. Kokoonpanon työvaiheiden osuudet

Hukan ja työstämisen osuudet tasoittuivat muutoksien jälkeen. Tämä johtuu suurilta osin ylimääräisen liikkeen vähenemisestä, mikä oli laskettu kokoonpanossa puhtaaksi hukaksi. Työstäviin työvaiheisiin on inhimillisistä syistä kulunut enemmän aikaa kuin lähtötilanteessa tehdyssä kokoonpanossa, mikä myös selittää tasoittumista. On muistettava, että edelleen työstämisestä suurin osa on ajallisesti hukkaa. Ajallisesti puhtaan hukan määrä laski noin kolme minuuttia. Muutoksilla päästiin siihen pisteeseen, että yksiosaisen virtauksen implementoinnin esteenä ovat enää liimausajat. Tuloksilla saavutettiin hyvät valmiudet tuotannon volyyymien nousuun sekä parannettiin yleistä työergonomiaa.

9 POHDINTA

Tehtävänä oli tehdä kattava nykytilanalyysi kohdeyrityksen tuotannon solun toiminnasta ja parantaa sen avulla solun sisäistä virtausta soveltaen lean-filosofian oppeja. Tutkimuksen tarkoituksena ei ollut ottaa kantaa solun ulkopuolisiin asioihin, vaan tunnistaa solun sisäisiä hukkia sekä pullonkauloja. Tavoitteena oli tunnistaa sellaiset hukat ja pullonkaulat, jotka estävät solun sisällä yksiosaiseen virtaukseen pääsemistä ja kehittää solun toimintaa kyseistä virtauksen muotoa kohti.

9.1 Johtopäätökset

Työn aikana tehdyillä muutoksilla saavutettiin huomattava liikemäärän väheneminen kokoonpanotyössä, mikä myös vaikutti positiivisesti kokoonpanoaikaan sekä työergonomiaan. Solun virtaustehokkuus parani mikä kasvatti työn arvoa lisäävien vaiheiden osuutta. Lisäksi tunnistettiin kokoonpanon rajoittavin pullonkaula, mikä aiheuttaa katkoksen työnteossa, kun valmistetaan vain yhtä moduulia kerrallaan. Liimausajan lyhentämiseen löydettiin ratkaisu, jota tulee jatkossa testata laajemmin. Videoanalyysistä tehdyillä taulukoilla kohdeyritys saa hyvää informaatiota siitä, kuinka kauan työvaiheet kestävät, ja voi näin ollen tutkia mitä vaiheita jatkossa kannattaa kehittää esimerkiksi työvaiheiden keston tasoittamiseksi.

Työntekijöiltä saatujen kommenttien perusteella työnteke oli keventynyt huomattavasti muutosten jälkeen. Muutostyön ansiosta solussa vahvistui jatkuvan kehityksen kulttuuri ja osa työntekijöistä aloitti itse kehittämään solun toimintaa jo opinnäytetyön aikana. Tutkimuskohteen vuoksi opinnäytetyöntekijä vietti paljon aikaa tuotannossa mikä opetti paljon yrityksen tuotannon päivittäisestä toiminnasta ja auttoi ymmärtämään tuotannon työntekijöitä sekä heidän ajatusmaailmaansa paremmin. Tämä paransi sosiaalisia taitoja ja toimintatapoja toimia tuotannossa niin, että kohdetta kehittävän ja kohteessa työskentelevän henkilön välille oli vaivatonta luoda henkilökohtainen suhde. Tämän avulla informaation saamisesta sekä yhteisymmärrykseen pääsemisestä tuli helpompaa.

9.2 Jatkotoimenpiteet

Ovimoduulin kokoonpanossa jouduttiin tekemään raskaita ja työasennon puolesta epäergonomisia nostoja. Lisäksi nostot vaativat kappaleiden ulkomittojen puolesta usein kaksi henkilöä, tästä syystä toisen nostajan työ keskeytyi noston ajaksi. Työergonomiaa ja nostoja voidaan helpottaa lisäämällä soluun nostoapuvälineitä tai kehittämällä jigejä, joiden avulla pystytään poistamaan nostoja.

Työn aikana ilmeni, että työkalut olivat usein hukassa tai niitä jouduttiin hakemaan lähiympäristöstä satunnaisista paikoista, riippuen siitä mihin työkalu oli jätetty. Tavaroiden paikoitusta vakiinnutettiin opinnäytetyön aikana komponenttien osalta, mutta solussa on edelleen paljon muuta, mikä vaatisi vakiinnuttamista. Koko solun siisteyttä ja turvallisuutta voidaan kasvattaa implementoimalla 5S järjestelmä. Järjestelmän toteuttaminen vaatii tutkimusta, toteutusta ja seurantaa. Hyvän lopputuloksen kannalta on tärkeää, että toteuttava henkilö tai henkilöt voivat käyttää suuren osan työajastaan keskittyen järjestelmän toteutukseen ja ylläpitoon sen alkuvaiheessa. 5S järjestelmän implementoinnin voisi tästä syystä teettää esimerkiksi opinnäytetyönä.

Liimausajat osoittautuivat työn pullonkauloiksi, tämän takia yksiosaiseen virtaukseen siirtyminen ei ole vielä järkevää. Työssä tehtyjen testien perusteella liimausaikaa pystytään laskemaan jo nyt lähelle tarvittavaa aikaa, mutta se vaatii laadun varmistamiseksi vielä pidempää testijaksoa. Liimausta tulee kokeilla myös toimittajalta saadun ohjeituksen mukaan, jolloin liimaa tulee säilyttää 50-60 asteisessa vedessä jatkuvasti. Toimittajan mukaan liimausaika voi lyhentyä yli 50 %.

LÄHTEET

Chapman, D. Clean House With Lean 5S. Article. (2005, ASQ) Rochester Institute of Technology, Rochester, NY. Quality Progress Vol. 38 No. s.27-32

Harri Haapasalo. Lean-filosofian ja menetelmien soveltaminen Suomessa. [verkko-dokumentti]. Luettu 10.7.2017.

<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK110702.pdf>

Heikkilä, J & Martinsuo, M. Lean tuotanto ja sen johtaminen: onnistuminen, haasteet ja soveltuminen Suomen yrityksiin ja muihin organisaatioihin. Artikkelit. Luettu 10.7.2017.

<http://docplayer.fi/19274185-Lean-tuotanto-ja-sen-johtaminen-onnistuminen-haasteet-ja-soveltuminen-suomen-yrityksiin-ja-muihin-organisaatioihin.html>

Honkamäki, J. 2013. Konepaja arvovirran kuvaaminen ja kehittäminen. Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö.

Hällfors, S. perustaja, toimitusjohtaja. 2017. Haastattelu 12.10.2017. Haastattelija Ashorn, H & Jaakkola, A. Tampere.

IS Taloussanomien Framery Oy tunnusluvut. luettu 20.10.2017.

<https://www.is.fi/yritys/framery-oy/tampere/2352713-9/>

Kouri, I. lean-konsultti, DI. 2017. Layoutsuunnittelu. Koulutus 30.6.2017. Tampere: Framery Oy

Kouri, I. lean-konsultti, DI. 2017. Lean yleisesti. Seminaari 8.6.2017. Tampere: Framery Oy

Kouri, I. 2010. Lean-taskukirja. Helsinki, Teknologiainfo Teknova. 38 s.

Lean Enterprise Institute. Whats Lean. Luettu 06.04.2017.

<http://www.lean.org/WhatsLean/>

Liker, J.K. 2010. Toyotan tapaan. Readme.fi. 316 s.

Modig, N. & Åhlström, P. 2016. Tätä on lean. Ratkaisu tehokkuusparadoksiin. Suom. Tillman, M. 6. Painos. Ruotsi Rheologica Publishing. 2016.

Womack, J.P. Jones, D.T. Lean Thinking – Banish Waste and Create Wealth in Your Corporate. First Free Press Edition. 2003. Simon & Schuster Inc. 379 s.

LIITTEET

Liite 1. Videoanalyysi nykytilasta

Alkukohta	Loppukohta	Kesto	Työvaihe	Huomioita
0.00.00	0.00.18	0.00.18	Ovikarmin nosto pöydälle	
0.00.18	0.00.33	0.00.15	Kelmut pois karmista	
0.00.33	0.00.45	0.00.12	Häiriö, työkalun etsimistä	
0.00.45	0.00.53	0.00.08	Kävely työkalupisteelle	Komponenttien haku
0.00.53	0.01.07	0.00.14	Kävely työpisteelle	
0.01.07	0.01.34	0.00.27	Ohjaustapit paikalleen	
0.01.34	0.01.48	0.00.14	työkalun nouto toiselta työpisteeltä	
0.01.48	0.02.30	0.00.42	Rampamutterit paikalleen	
0.02.30	0.02.36	0.00.06	Työkalun palautus toiselle työpisteelle	
0.02.36	0.02.50	0.00.14	Karmin nosto	Lasikarmin nosto karmin alta
0.02.50	0.03.08	0.00.18	Karmin nosto	Karmi käännettiin ympäri
0.03.08	0.03.22	0.00.14	Listan nouto toiselta työpisteeltä	
0.03.22	0.03.26	0.00.04	Polymeerin nouto toiselta työpisteeltä	
0.03.26	0.03.32	0.00.06	Polymeeri kynnyksiltaan	
0.03.32	0.03.42	0.00.10	Taltan haku + kävely ovirungolle	
0.03.42	0.03.58	0.00.16	Puutapin poisto ovirungosta	
0.03.58	0.04.01	0.00.03	Polymeerin haku ovikarmin pöydältä	
0.04.01	0.04.06	0.00.05	Kävely ovirungolle	
0.04.06	0.04.11	0.00.05	Polymeerin levitys ovirunkoon	
0.04.11	0.04.14	0.00.03	Polymeerin palautus ovikarmille	
0.04.14	0.04.30	0.00.16	Kävely lasille	
0.04.30	0.05.38	0.01.08	Lian poisto lasista	lika poistettiin kahdesta lasista
0.05.38	0.05.48	0.00.10	Lasin nosto ja vienti jigille	
0.05.48	0.05.55	0.00.07	Kävely ovirungolle	
0.05.55	0.06.02	0.00.07	Ovirungon nosto jigille	
0.06.02	0.06.07	0.00.05	Lasin asetus ovirunkoon (häiriö)	Lasin epämuodostunut ei mahdu ovirunkoon -> palautus ja uuden haku
0.06.07	0.06.15	0.00.08	Ovirungon nosto pöydälle	
0.06.15	0.06.29	0.00.14	Lasin nosto pukille	
0.06.29	0.06.33	0.00.04	Kävely lasille	
0.06.33	0.06.47	0.00.14	Uuden lasin vienti jigille	
0.06.47	0.06.50	0.00.03	kävely ovirungolle	
0.06.50	0.06.55	0.00.05	Ovirungon nosto jigille	
0.06.55	0.07.04	0.00.09	Lasin asetus ovirunkoon	
0.07.04	0.07.11	0.00.07	Oven nosto pöydälle	
0.07.11	0.07.21	0.00.10	Liiman haku työkalupisteeltä	
0.07.21	0.07.45	0.00.24	Päätylevyn liimaus	
0.07.45	0.07.49	0.00.04	Kävely ovikarmille	
0.07.49	0.08.39	0.00.50	Kynnyksistöjen liimaus	Liima tuotiin toiselta työpisteeltä
0.08.39	0.09.13	0.00.34	Tiivisteen veto tiivisterullalta	
0.09.13	0.09.53	0.00.40	Ovitiivisteen asennus	Asennetaan kynnyksille asti ja jatketaan loppuun liimauksen jälkeen
0.09.53	0.09.58	0.00.05	Kävely magneeteille	
0.09.58	0.10.10	0.00.12	Magneettien poimiminen	
0.10.10	0.10.13	0.00.03	Kävely ovikarmille	
0.10.13	0.11.04	0.00.51	Magneettien asettelu oikeille paikoille	Magneetit järjestellään pöydälle lähelle asennuspaikkaansa
0.11.04	0.11.39	0.00.35	Vastaraudan nouto ja muovien poisto	Noudettiin toiselta työpisteeltä, muovien poistaminen hidasta
0.11.39	0.11.45	0.00.06	Vastarauta paikoilleen	
0.11.45	0.11.57	0.00.12	Ruuvien nouto toiselta työpisteeltä	
0.11.57	0.13.20	0.01.23	Magneetit + vastarauta kiinnitys	
0.13.20	0.13.27	0.00.07	Ruuvien nouto toiselta työpisteeltä	
0.13.27	0.13.45	0.00.18	Magneettien kiinnitys	

0.13.45	0.13.57	0.00.12	Kävely lasiseinälinjalle, saippuanesteen haku	
0.13.57	0.14.03	0.00.06	Kävely ovirungolle	
0.14.03	0.15.44	0.01.41	Ikkunatiivisteiden asennus	Leikataan rullalta, ei työkalua asennuksessa
0.15.44	0.15.47	0.00.03	Lukkopesän asetus paikoilleen	
0.15.47	0.15.54	0.00.07	Kävely työkalupisteelle + komponentit	
0.15.54	0.16.00	0.00.06	Kävely ovirungolle	
0.16.00	0.16.08	0.00.08	Saranoiden asettelu, runko + karmi	asettelua ei tarvitsisi tehdä erikseen
0.16.08	0.17.16	0.01.08	Saranoiden asennus, karmi + runko	
0.17.16	0.17.27	0.00.11	Lukkopesän kiinnitys	
0.17.27	0.17.36	0.00.09	Kuivauspaperin haku	
0.17.36	0.17.57	0.00.21	Lasin kuivaus	
0.17.57	0.18.03	0.00.06	Paperin vienti roskikseen	
0.18.03	0.18.12	0.00.09	Kävely lasiseinälinjalle, puhdistusaineen haku	
0.18.12	0.18.22	0.00.10	Kävely ovirungolle	
0.18.22	0.18.29	0.00.07	Lasin puhdistus	
0.18.29	0.18.41	0.00.12	Kuivauspaperin haku	
0.18.41	0.18.52	0.00.11	Lasin puhdistus + kuivaus	
0.18.52	0.23.12	0.04.20	Häiriö, odottelua	Liiman pitää kuivua ennen seuraavia työvaiheita
0.23.12	0.23.23	0.00.11	Puristimien poisto	
0.23.23	0.23.56	0.00.33	Ovitiivisteiden asennuksen viimeistely	
0.23.56	0.24.01	0.00.05	Kävely ovirungolle	
0.24.01	0.24.05	0.00.04	Puristimien poisto	
0.24.05	0.24.12	0.00.07	Nosto	Lasikarmin nosto ympäri
0.24.12	0.24.16	0.00.04	Kävely ovikarmille	
0.24.16	0.24.21	0.00.05	Karmin nosto ovirungolle	
0.24.21	0.24.29	0.00.08	Karmin kiinnitys ovirunkoon + nosto ympäri	Ovi valmis
0.24.29	0.24.37	0.00.08	Kävely toiselle työpisteelle, papereiden nouto	
0.24.37	0.24.41	0.00.04	Kävely ovelle	
0.24.41	0.24.53	0.00.12	Infoteippi lasiin	
0.24.53	0.25.00	0.00.07	Kävely työkalupisteelle, papereiden nouto	
0.25.00	0.25.07	0.00.07	Kävely ovirungolle	
0.25.07	0.25.11	0.00.04	Kävely toiselle työpisteelle, kelmun nouto	
0.25.11	0.25.15	0.00.04	Kävely ovirungolle	
0.25.15	0.25.20	0.00.05	Oven suojaus	
0.25.20	0.25.28	0.00.08	Ovisuojusten haku	
0.25.28	0.27.15	0.01.47	Oven suojaus	
0.27.15	0.27.21	0.00.06	Kelmun haku toiselta työpisteeltä	
0.27.21	0.27.40	0.00.19	Oven suojaus	Oven suojaus hidasta
0.27.40	0.27.54	0.00.14	Lappujen teipaus + tavarat pois	
0.27.54	0.28.10	0.00.16	Nosto pukille, valmis	Oven nosto valmiiden pukille
	yht.	0.28.10		

Hukka 0.14.08 0.04.40 ylimääräinen liike

Häiriö 0.05.23

Työstäminen 0.08.39

Yht. 0.28.10

Liite 2. Työvaiheet

1. Frame transfer	21. Glass transfer	41. Assembly
2. Tapes off	22. Walk to glass	42. Paper collect
3. Tools	23. Glass transfer	43. Drying the glass
4. Tools	24. Glass frame lift + assembly	44. Recycle
5. Assembly	25. Door transfer	45. Tools
6. Tools	26. Tools + assembly	46. Paper & liquid collect
7. Assembly	27. Walk + assembly	47. Wash + liquid transfer
8. Tools	28. Assembly (sealant)	48. Wait --> Assembly (sealant)
9. Frame lift	29. Collect magnets	49. Door glue press remove
10. Molding parts	30. Setting magnets	50. Door lift
11. Tools + assembly	31. Setting magnets	51. Frame lift + door assembly
12. Tools	32. Setting magnets	52. Tools + prepare
13. Assembly	33. Tools	53. Info papers collect
14. Tools + assembly	34. Assembly	54. Collect something and walk back
15. Walk	35. Assembly	55. Tools + assembly
16. Sealant transfer	36. Tools (liquid)	56. Collect covers
17. Walk to glass	37. Walk	57. Assembly
18. Glass transfer	38. Assembly (sealant)	58. Assembly
19. Glass frame lift	39. Collect hinges	59. Tools + assembly
20. Glass frame lift	40. Setting and install hinges	60. Door transfer -> <u>DONE</u>

Liite 3. Videoanalyysi muutosten jälkeen

Alkukohta	oppukohta	Kesto	Työvaihe	Huomioita
0.00.00	0.00.18	0.00.18	Ovikarmin nosto pöydälle	
0.00.18	0.00.33	0.00.15	Kelmut pois karmista	
0.00.33	0.01.04	0.00.31	Rampamutterit paikalleen	
0.01.04	0.01.37	0.00.33	Ohjaustapit paikalleen	
0.01.37	0.01.49	0.00.12	Karmin nosto	Karmi käännettiin ympäri
0.01.49	0.01.59	0.00.10	Polymeerin haku työkalukärrystä	
0.01.59	0.02.08	0.00.09	Polymeerin levitys koristelistoihin	
0.02.08	0.02.10	0.00.02	Kävely ovirungolle	
0.02.10	0.02.22	0.00.12	Polymeerin levitys ovirungonkoon	
0.02.22	0.02.44	0.00.22	Puutapin poisto ovirungosta	
0.02.44	0.02.48	0.00.04	Kävely lasille	
0.02.48	0.02.54	0.00.06	Lasin nosto lasinasetus jigille	
0.02.54	0.02.58	0.00.04	kävely ovirungolle	
0.02.58	0.03.02	0.00.04	Ovirungon nosto jigille	
0.03.02	0.03.18	0.00.16	Lasin asetus ovirunkoon	
0.03.18	0.03.26	0.00.08	Oven nosto pöydälle	
0.03.26	0.03.36	0.00.10	Liiman haku työkalupisteeltä	
0.03.36	0.04.08	0.00.32	Tulpan liimaus	2K levitys ja komponentin asetus puristukseen
0.04.08	0.04.12	0.00.04	Kävely ovikarmille	
0.04.12	0.04.59	0.00.47	Kynnyslautojen liimaus	2K levitys ja komponenttien asetus puristukseen
0.04.59	0.05.43	0.00.44	Tiivisteiden veto tiivisterullalta	
0.05.43	0.06.45	0.01.02	Ovitiivisteiden asennus	Asennetaan kynnyksille asti ja jatketaan loppuun liimauksen jälkeen
0.06.45	0.07.14	0.00.29	Muovien poisto vastaraudasta + asetus paikalleen	
0.07.14	0.07.26	0.00.12	Vastaraudan kiinnitys	
0.07.26	0.08.22	0.00.56	Saranoiden kiinnitys karmiin	
0.08.22	0.08.50	0.00.28	Magneettien nouto	
0.08.50	0.09.38	0.00.48	Magneettien asettelu	
0.09.38	0.11.14	0.01.36	Magneettien kiinnitys	
0.11.14	0.11.20	0.00.06	Kävely lasitiivistekärrylle	
0.11.20	0.11.28	0.00.08	Kärryn kuljetus ovirungolle	
0.11.28	0.12.40	0.01.12	Lasitiivisteiden asennus	Leikataan rullalta, ei työkalua asennuksessa, saippuuliuos liukasteena
0.12.40	0.12.48	0.00.08	Lukkopesän asetus paikoilleen	
0.12.48	0.12.52	0.00.04	saranoiden haku työkalupisteeltä	
0.12.52	0.13.48	0.00.56	Saranoiden kiinnitys oveen	Väännin toiselta jigiltä
0.13.48	0.14.02	0.00.14	Lukkopesän kiinnitys	
0.14.02	0.14.15	0.00.13	Kuivauspapierin haku ovirungolle	
0.14.15	0.14.35	0.00.20	Lasin kuivaus	
0.14.35	0.14.44	0.00.09	Informaatio papereiden haku työkalukärryiltä	Oveen teipattavat / liimattavat laput
0.14.44	0.15.22	0.00.38	informaatio paperin teippaus lasiin	
0.15.22	0.15.26	0.00.04	Kävely ovikarmille	
0.15.26	0.15.42	0.00.16	Puristimien poisto koristelistoilta	
0.15.42	0.16.37	0.00.55	Ovitiivisteiden asennuksen viimeistely	
0.16.37	0.16.52	0.00.15	Viillot ovitiivisteeseen	
0.16.52	0.17.37	0.00.45	Magneettien kiinnitys	Väännin toiselta jigiltä
0.17.37	0.18.33	0.00.56	Häiriö	Liimaantumisen odottelu
0.18.33	0.18.37	0.00.04	Puristimen poisto	
0.18.37	0.18.53	0.00.16	Oven nosto ympäri	
0.18.53	0.20.18	0.01.25	Häiriö	Jutustelua
0.20.18	0.20.32	0.00.14	karmin ja ovirungon yhdistys moduuliksi	
0.20.32	0.20.47	0.00.15	Pakkausmateriaalien haku	
0.20.47	0.23.26	0.02.39	Moduulin suojaus	
0.23.26	0.23.44	0.00.18	Teipin palautus työkalukärryyn	
0.23.44	0.24.00	0.00.16	Moduulin nosto pukille	Valmis
	yht.	0.24.00		

Hukka	0.10.58	0.01.27	ylimääräinen liike
Häiriö	0.02.21		
Työstäminen	0.10.41		
Yht.	0.24.00		

