



# **KOKOONPANOSOLUN TUOTTA- VUUDEN PARANTAMINEN**

Lasse Pokela

Opinnäytetyö  
Lokakuu 2015  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Modernit tuotantojärjestel-  
mät

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Modernit tuotantojärjestelmät

POKELA LASSE:

Kokoonpanosolun tuottavuuden parantaminen  
Mahdollinen alaotsikko

Opinnäytetyö 49 sivua, joista liitteitä 4 sivua  
Tammikuu 2015

---

Tämä opinnäytetyö käsittelee Elemerk Oy -yrityksen kokoonpanosolun tuottavuuden parantamista Lean-toimintamallia ja siihen liittyviä työkaluja hyväksi käyttäen. Opinnäytetyö tehtiin osana yrityksessä vallitsevaa laajempaa Lean-kehitysprojektia. Tavoitteena oli luoda kokoonpanoon virtaavampi ja tehokkaampi toimintamalli sekä pienentää puolivalmisteverastoa rajaamalla se visuaalisesti. Muutoksilla tavoiteltiin toimitusvarmuuden nostattamista 100 prosenttiin, sekä hukan poistamista nykyisestä prosessista ja kokoonpanosolun resurssitehokkuuden parantamista.

Opinnäytetyön ensimmäinen osio käsittelee Lean-toimintamallin teoriaa ja siihen sisältyviä periaatteita ja käsitteitä. Seuraavassa osiossa tarkastellaan tarkemmin Lean-toimintamallin yleisimpiä työkaluja, joita käytetään kehittämisen apuna. Näiden tarkastelun tarkoituksena on antaa lukijalle kattava pohja Lean-toimintamallista, joka toimii tukena käytännön kehitystyökalujen ja -toimenpiteiden valintoihin johtaneissa päätöksissä.

Käytännön osuudessa kartoitetaan kokoonpanosolun nykytilanne. Tämän jälkeen esitellään sen alkuperäinen prosessin kulku ja siihen kohdistuneet mittaukset sekä havainnot kokoonpanosolun toiminnasta. Mittausten ja havaintojen perusteella suoritettiin konkreettiset kehittämistoimenpiteet kokoonpanosolussa, joita verrattiin alkuperäiseen toimintamalliin.

Opinnäytetyön tuloksena saavutettiin konkreettisia parannuksia kokoonpanosolun tilan käytössä, työn liikkumisessa solun sisällä ja kokoonpanossa käytettävissä työvälineissä ja -menetelmissä. Myös puolivalmisteverastoa saatiin pienennettyä kehittämisprojektin aikana ja siitä saatiin helpommin hallittava visuaalisesti. Luottamuksellisista syistä työn julkisesta versiosta on salattu liite 4.

---

Asiasanat: lean-toimintamalli, kokoonpanosolun kehittäminen, nykityötilan kartoittaminen

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering  
Modern Production Systems

LASSE POKELA:  
Improvement of Assembly Cell Productivity

Bachelor's thesis 49 pages, appendices 4 pages  
October 2015

---

This thesis describes how to improve the productivity of assembly cell using Lean Manufacturing methods and tools. The thesis work was part of the company's wider development project. The objectives of the development were to increase the flow and efficiency in the operating model in the assembly cell. The main goals were to improve the use of space much more efficiently and to achieve 100 percent reliability of delivery. Discovering all of the possible losses occurring in the process was also important.

The first part of this thesis deals with the basic grounds of Lean Manufacturing and Lean methods as well as concepts. In debt analysis of Lean tools, which are used in the development of the assembly cell were also discussed. The aim is to help the reader to understand the decisions made using Lean Manufacturing tools to improve productivity.

The second part of this thesis deals with practical aspect of the work and development. It begins with the identification of the current status of the process. The second part deals with the original process flow, measurements and observations, which were included in the assembly cell. Measurements and observations were taken to determine the right development operations to the assembly cell. After the modifications, the results were compared with the original operating model.

The results were improvements to the layout, and configuration tools and methods, which are used in the assembly. We were also able to achieve less usage of storage space and we made it easier to control it visually. This thesis contains confidential information and due that the annex four is classified.

---

Key words: lean manufacturing, improvement of the assembly cell, the current status of the process

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	YRITYSESITTELY .....	8
	2.1 Elekmerk Oy .....	8
	2.2 Kokoonpanosolu .....	10
3	LEAN-TUOTANTOMALLI .....	12
	3.1 Historia .....	12
	3.2 Lean-ajattelu .....	12
	3.3 Hukka - Muda .....	14
	3.4 Hukan poistaminen .....	15
	3.5 Lean-periaatteet .....	16
	3.5.1 Arvo .....	16
	3.5.2 Arvovirta .....	16
	3.5.3 Virtaus .....	16
	3.5.4 Imu ja Kanban .....	17
	3.5.5 Täydellisyys .....	18
4	LEAN-TYÖKALUT .....	19
	4.1 Kaizen .....	19
	4.2 5S .....	19
	4.3 JIT ja JOT .....	20
	4.4 SMED .....	21
	4.5 Tuotannon tasapainottaminen .....	21
	4.6 Visuaalinen ohjaus .....	23
	4.7 Mittaaminen .....	23
5	NYKYTILAN KARTOITUS .....	25
	5.1 Kokoonpanosolun prosessikuvaus .....	25
	5.2 Mittarointi .....	26
	5.3 Kehittämistarpeet prosessissa .....	27
6	MITTAUSTULOSTEN ANALYSOINTI JA KEHITTÄMISTARPEEN MÄÄRITTÄMINEN .....	30
7	KÄYTÄNNÖN TOIMENPITEET TUOTTAVUUDEN PARANTAMISEKSI .....	32
	7.1 Layout-muutos .....	32
	7.2 Prosessin uuden ohjausmallin luominen .....	33
	7.3 Varastonhallinta .....	34
8	LEAN-KEHITYSTYÖKALUJEN VALINTA .....	35
9	KEHITYSTOIMENPITEET .....	37

10 UUSI LAYOUT JA PROSESSIKUVAUS .....	43
10.1 Uusi layout .....	43
10.2 Uusi prosessikuvaus .....	44
11 JATKOTOIMENPITEET JA SEURANTA .....	46
12 POHDINTA .....	47
LÄHTEET .....	48
LIITTEET .....	49
Liite 1. Mittaustulokset .....	49
Liite 2. Kokoonpanosolun uusi layout-piirros .....	50
Liite 3. Kokoonpanosolun vanha layout-piirros .....	51
Liite 4. Alkuperäinen prosessin kuvaus, mikä on poistettu luottamuksellisista syistä työn julkisesta versiosta .....	52

**ERITYISSANASTO**

Läpimenoaika	Läpimenoaika kuvaa tarvittavaa aikaa tilauksen vastaanottamisesta tuotteen toimittamiseen asiakkaalle.
Imuohjaus	Imuohjaus on tuotannonohjauksen muoto, jossa tuotteita valmistetaan vain, jos asiakkaat niitä tilaavat.
Layout	Layout on pohjapiirros, jossa on esiteltynä tilaan sijoitetut merkittävimmät osat, laitteet, varastot ja kulkureitit.

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on kokoonpanosolun tuottavuuden parantaminen pesulaitteiden kokoonpanoon kohdistuvassa kehittämisprojektissa. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi ohutlevymekaniikkaan ja koneistukseen erikoistunut yritys nimeltä Elekmerk Oy, joka on osana Teiskonen Oy – konsernia. Projektin tavoitteena oli kehittää kokoonpanon toimintaa hyödyntäen Lean-toimintamallia ja siihen kuuluvia työkaluja toiminnan parantamiseksi.

Kokoonpanosolun toimivuudessa oli huomattu parantamisen varaa erityisesti tilan käytössä, varastoinnissa, toimitusvarmuudessa ja työn liikkumisessa solun sisällä. Tämän vuoksi oli aika toteuttaa muutaman henkilön yhteisvoimin kehittämisprojekti kokoonpanosolun tuottavuuden parantamiseksi ja toiminnan hyvän laadun takaamiseksi myös tulevaisuudessa.

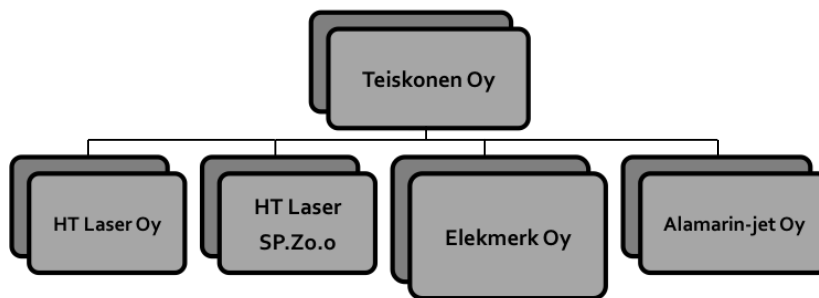
Opinnäytetyön tavoitteena on kertoa Lean-toimintamallin teoriataustasta ja sitä kautta antaa parempi käsitys toteutetuista kehitystoimenpiteistä ja niissä käytetyistä työkaluista. Opinnäytetyössä kerrotaan kokoonpanosolun nykytilanteen kartoitus ja sen pohjalta suoritettavat konkreettiset kehitystoimenpiteet kokoonpanosolun tuottavuuden parantamiseksi. Opinnäytetyön tavoitteena on antaa yritykselle konkreettista hyötyä kokoonpanon kehittämiseksi ja parannusehdotuksia tulevaisuutta varten.

Opinnäytetyön aihe on rajattu projektin aikana suoritettuihin toimenpiteisiin kokoonpanosolun tuottavuuden parantamiseksi. Rajaus pitää sisällään teoriaosuuden Lean-toimintamallista ja käytännön toimien tarkemman tarkastelun kokoonpanosolun tuottavuuden parantamiseksi. Opinnäytetyöhön sisältyy myös pohdintaosuus mahdollisista jatkotoimenpiteistä ja parannusehdotuksista tulevaisuutta varten.

## 2 YRITYSESITTELY

### 2.1 Elekmerk Oy

Elekmerk Oy on ohutlevymekaniikkaan ja koneistukseen erikoistunut metallialan yritys, joka tarjoaa tuotteita asiakkaille alihankinta- ja sopimusvalmistuksena. Elekmerk Oy on osana Teiskonen Oy -konsernia, johon kuuluvat myös HT Laser Oy ja Alamarin-Jet Oy. Yrityksessä työskentelee tällä hetkellä noin 40 henkeä, ja työntekijöiden määrä on ollut kasvussa viime vuosina. Koko konsernin palveluksessa on noin 300 henkilöä eri tuotantolaitoksissa Suomessa ja Puolassa. Tuotantolaitoksia konsernilla on Suomessa yhdeksän ja Puolassa yksi.



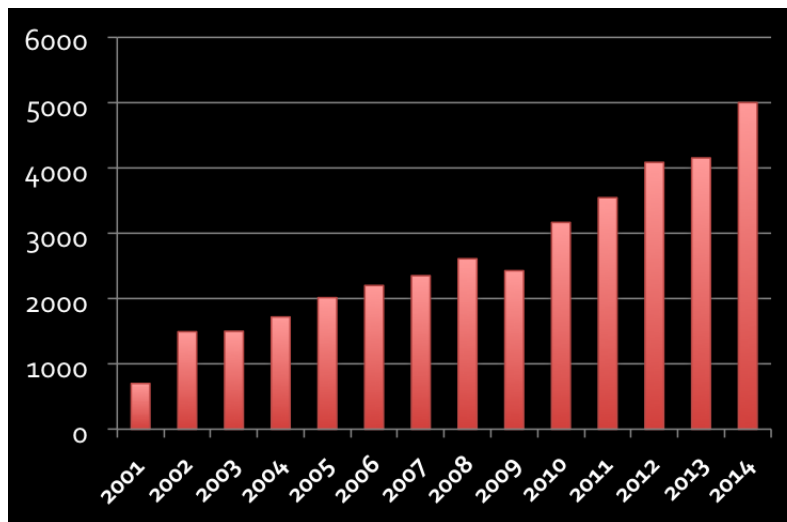
KUVIO 1. Teiskonen Oy – konserni (Elekmerk Oy 2015)

Yritys valmistaa asiakaan toiveiden mukaisesti hyvin monenlaisia ohutlevyosia ja koneistettuja osia. Yrityksen asiakkaat ja markkinat sijaitsevat pääasiassa Suomessa, mutta asiakkaita löytyy myös Suomen ulkopuolelta, esimerkiksi Sveitsistä ja Ruotsista. Konsernin kokonaisliikevaihto on noin 50 miljoona. Yrityksen liikevaihdon kehitys vuosina 2001–2014 on havaittavissa kuviossa 2.



KUVA 1. Elekmerk Oy (Elekmerk Oy 2015)





KUVIO 2. Liikevaihto vuosina 2001–2014 (T€), (Elekmerk Oy 2015, muokattu)

Elekmerk jalostaa valmistettavia tuotteitaan hyvin monipuolisesti saman katon alla. Useiden erilaisten tuotteiden valmistamisen ja jalostamisen mahdollistaa Elekmerkin laaja ja moderni konekanta, johon kuuluu seuraavia koneita ja laitteita:

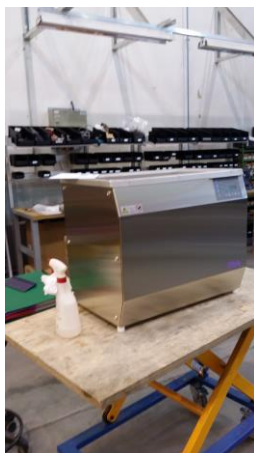
- Levytyökeskus FINN-POWER E5, lastaus/purku laitteella
- Levytyökeskus Amada
- Kierteytyskeskus Amada
- Särmäyspuristin Amada 80-250
- Särmäyspuristin Cone 900
- Särmäyspuristin Schiavi
- Särmäyspuristin Prima Power eP-1030
- Levyjen viimeistelykone (Lissmac)
- TIG, MIG ja pistehitsaus
- DAH-LIH jyrsinkone
- FANUC Robodrill, 2kpl
- FlexiCAM CNC-jyrsin (työala 3000 mm x 1500 mm)
- Prässit, 2 kpl
- Jäysteenpoistorumpu
- Seripainokoneita, 3 kpl
- Lasermerkkaukoneita, 3 kpl
- Viherkromatointilinja
- Pulverimaalaus

(Elekmerk Oy 2015)

## 2.2 Kokoonpanosolu

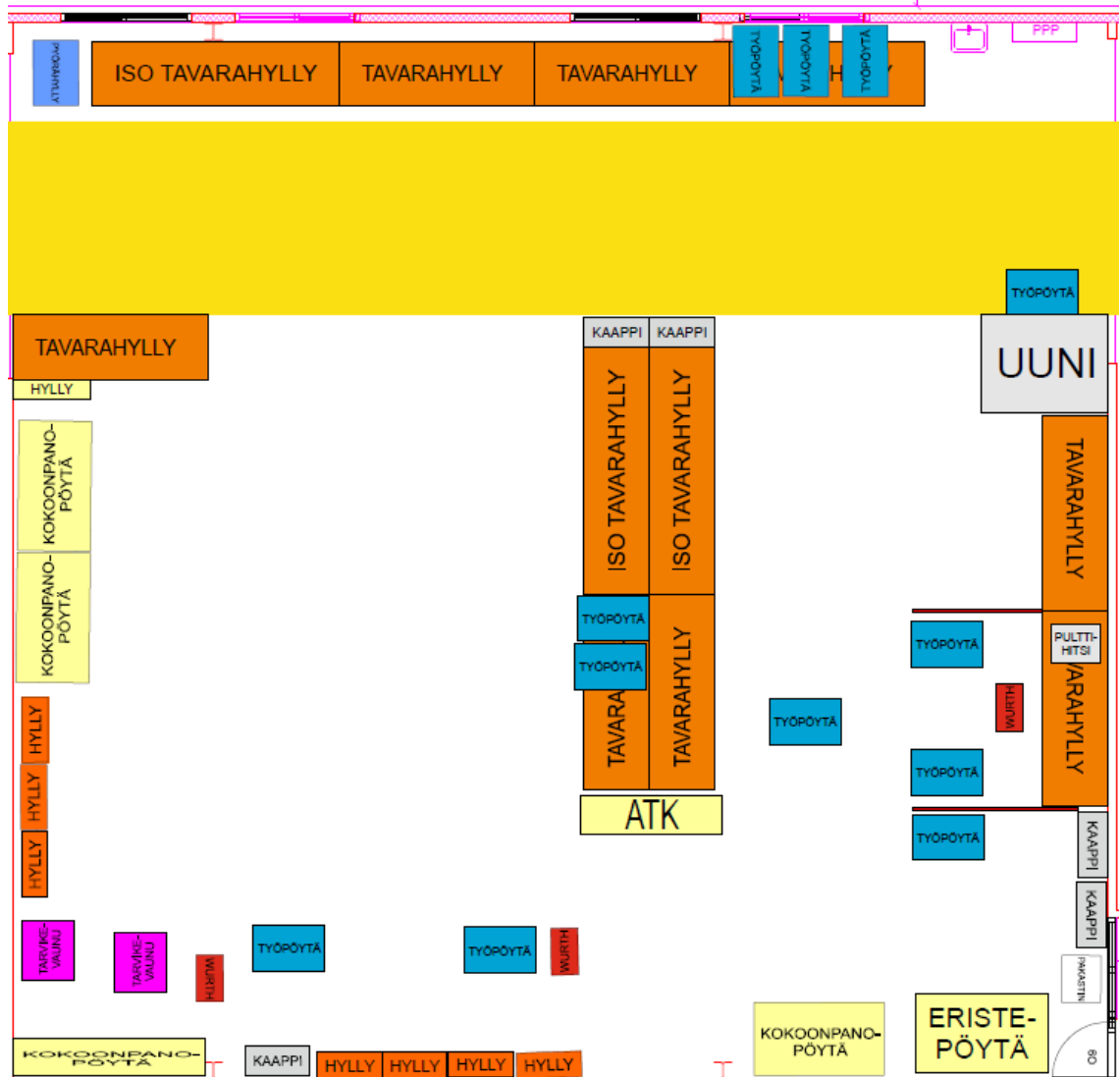
Yrityksen toisessa tuotantohallissa kokoonpannaan teollisuudessa käytettäviä pesulaitteita ja niihin projekti kohtaisesti sisältyviä lisävarusteita ja optiokomponentteja. Laitteet kokoonpannaan samassa tilassa alusta loppuun saakka ja toimitetaan joko suoraan asiakkaalle tai laitteiden emoyhtiöön. Kokoonpanossa työskentelee pääasiassa kaksi vakituista työntekijää, mutta tarpeen vaatiessa myös kolme työntekijää. Kokoonpanosolusta toimitetaan laitteita vuosi tasolla noin 450 kappaletta ja vuotuinen myynti on ollut noin 650 000 euron luokkaa.

Kokoonpantavia pesulaitteita on kolme eri tuotemallia, joita ovat MI-, Versa-, ja Versa Genius-malliset laitteet. Viimeisimpänä mainitun mallin kokoonpano on hyvin uusi asia ja niitä on tehty vasta tämän vuoden puolella. Jokaisesta tuoteperheestä on mahdollista kokoonpanna eri kokoluokan ja erilaisilla ominaisuuksilla varustettavia laitteita. Laitteita tarjotaan myös erilaisiin käyttötarkoituksiin, kuten tavalliseen pesutapahtumaan, huuhteeluun tai kuivaamiseen. Laitteista on myös mahdollista koota omia pesulinjoja, joissa voidaan hyödyntää useita eri puhdistusmenetelmiä samanaikaisesti. Laitteiden mallit kulkevat tavallisesti niiden kokoluokan mukaisilla nimillä, esimerkiksi MI-sarjan laitteiden mallit kulkevat litrakoon mukaisilla nimillä, joita ovat muun muassa M40I-, M80I-, M120I- ja M160I-mallit. Eniten kokoonpantu malli on Versa-mallin pesulaitteet ja niiden jälkeen heti perässä tulevat MI-sarjan laitteet. Seuraavasta kuvasta on havaittavissa MI- ja Versa-sarjan pesulaitteet.



KUVA 2. Vasemmalla M40I-mallin pesulaite ja oikealla Versa-mallinen (Kuva: Lasse Pokela 2015)

Seuraavassa kuvassa ilmenee kokoonpanosolun alkuperäinen layout tilasta, jossa kyseisiä pesulaitteita kokoonpannaan (kuva 3). Layoutilla tarkoitetaan pohjapiirrosta, johon on kuvattuna tilan merkittävimmät osat. Kuvassa keltaisella merkitty kaistale on käytävä-osuutta ja varsinainen kokoonpano tapahtuu kuvan valkopohjaisella alueella. Laitteiden kokoonpano alkaa kuvasta näkyvän uunin läheisyydestä ja prosessi kiertää u-mallisen virtauksen palaten takaisin käytäväosuudelle.



KUVA 3. Kokoonpanosolun alkuperäinen layout (Elekmerk Oy 2015, muokattu)

### 3 LEAN-TUOTANTOMALLI

#### 3.1 Historia

Lean-ajattelun varsinaisena ”isänä” pidetään Toyota-konsernissa vuonna 1932 uransa aloittanutta Taiichi Ohnoa. Jo vuonna 1978 hän julkaisi ensimmäisen kirjan ”Toyota Production System: Beyond Large Scale Production”. Kirja julkaistiin aluksi vain japaniksi, ensimmäinen englanninkielinen painos ilmestyi kirjasta vasta vuonna 1988. (Modig & Åhlström 2013, 78.)

Lean-ajattelu tuli yleiseen tietoisuuteen kirjan nimeltä ”The Machine that Changed the World” kautta. Autoteollisuuden monivuotinen tutkimus osoitti, että japanilaiset autovalmistajat ovat edellä pohjois-amerikkalaisiin ja eurooppalaisiin autovalmistajiin verrattuna. Japanilaisten autovalmistajien, erityisesti Toyotan toimintavoista löydettiin eroavaisuuksia muihin autovalmistajiin nähden, minkä pohjalta ne koottiin yhteen ja annettiin toimintatavan nimeksi Lean. (Huhtala ym. 2009, 183.)

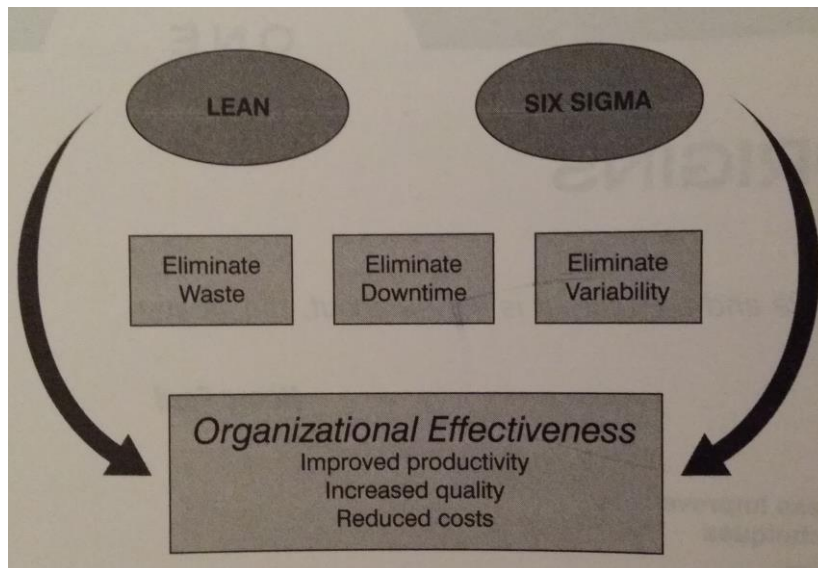
#### 3.2 Lean-ajattelu

Japanilaisesta autoteollisuudesta lähtöisin olevan Lean-ajattelun tarkoituksena on joustava ja kevyt järjestely toimintatavoissa. Asiakkaiden vaatimat tuotteet ja palvelut pyritään toteuttamaan mahdollisimman resurssitehokkaasti. Tuotannollinen toiminta pyritään yksinkertaistamaan siten, että kaikki lisäarvoa tuottamaton työ pystyttäisiin karsimaan pois kokonaan. Tavoitteina ovat työpanoksen ja ajan käyttämisen vähentäminen noin puoleen aiemmasta tuotteen valmistusajasta. Osana ajattelua ovat myös keskeneräisenteiden (KET) pienentäminen, tuotevarastojen vähentäminen ja tavoite tuotteiden saattamisesta kerralla valmiiksi. (Miettinen 1993, 63.)

Lean-ajattelussa on tärkeää myös tuotteen jalostusarvoa lisäävän virtauksen luominen. Jotta tämä olisi mahdollista, on tuotteen tai palvelun luomisessa otettava huomioon niiden jalostusarvo. Erilaiset häiriöt, jalostusarvoa lisäämättömät asiat, kuten seisokit, odotukset, tarkastukset ja korjaustyöt on pystyttävä vähentämään tai poistamaan kokonaan prosessista. (Summers 2011, 2.)

Lean-ajattelussa kehittäminen kohdistetaan juuri sinne, missä tuotteen jalostuminen konkreettisesti tapahtuu, ja samalla asiakkaan saaman tuotteen todellinen arvo syntyy. Yksinkertaisesti Lean-ajattelussa pyritään saavuttamaan tarkoituksen mukainen, järkevä ja täsmällinen toiminta asiakasnäkökulmasta katsottuna. (Kouri 2009, 6.)

Alun perin Lean oli oma erillinen lähestymistapa jatkuvaan parantamiseen, mutta organisaatiot yhdistyvät sen rinnalle myös Six Sigma -työkalun, mikä mahdollisti prosessin entistä tehokkaamman kehittämisen. Lean-työkalut ja tekniikat edistävät hukkan ja arvoa tuottamattomien aktiviteettien poistamista prosessista, ja Six Sigma-työkalujen avulla keskitytään prosessissa esiintyvän vaihtelun eliminointiin (kuva 4). Molempien mallien työkaluja yhdistämällä voidaan parantaa tuottavuutta, kasvattaa laatua ja vähentää kustannuksia prosessista. (Summers 2011, 1–2.)



KUVA 4. Lean Six Sigma prosessin parantaminen (Summers 2011, 2)

Lean-ajattelun menestyksen malli on kiteytettynä seuraavassa kuvassa (kuva 5). Lean-menestyksen mallissa on kuvattuna Lean-ohjelman läpivienti yrityksessä eri johtamiskeinoja hyväksi käyttäen.



KUVA 5. Lean – menestyksen malli (Tuominen 2010, 8)

### 3.3 Hukka - Muda

Lean-ajattelun merkittävimpanä päätarkoituksena voidaan pitää ”sotaa” hukkaa vastaan. Lean on hukatun ajan, ponnistelun ja materiaalin eliminoimista. Hukan poistamisessa perimmäisenä tarkoituksena ei ole työskentelytahdin lisääminen, vaan erimuotoisten hukkien poistaminen. Tehokkaalla ja systemaattisella arvoa lisäämättömän työn ja hukan poistamisella saavutetaan parempi työn tuottavuus ja laadun paraneminen. (Kouri 2009, 10; Summers 2011, 2.)

Tuotannon hukan muodot voidaan jakaa seitsemään erilaiseen kategoriaan.

- 1. Ylituotanto** tarkoittaa, että tuotteita valmistetaan ilman välitöntä tarvetta suunniteltua enemmän. Tuotteiden suurien määrien valmistaminen varastoon, kuin myös keskeneräinen tuotanto ja suuret eräkoot johtavat usein muiden hukkien syntymiseen ja estää todellisten epäkohtien havaitsemisen.
- 2. Odottelu ja viivästyks** ovat arvoa lisäämättömää toimintaa asiakkaan näkökulmasta. Tällaisia toimintoja ovat esimerkiksi erilaiset kone- ja laitehäiriöt ja viivästyks materiaali- ja välinepuutteiden vuoksi.

3. **Tarpeeton kuljettaminen** on asiakasarvoa lisäämätöntä toimintaa. Erilaiset tuotteiden ja materiaalien turhat liikuttelut on pyrittävä välttämään tuotannon työvaiheiden välillä.
4. **Laatuvirheet** johtavat materiaalien ja kapasiteetin hukkaamiseen ja sitä kautta vaikuttavat negatiivisesti asiakastyytyväisyyteen.
5. **Tarpeettomat varastot** ovat kustannuksia lisäävä tekijä, mikä johtaa läpimenoaikojen pidentymiseen ja erilaisten muiden ongelmien piiloutumiseen.
6. **Ylikäsittely** on asiakkaan näkökulmasta tuotteen arvoa lisäämätöntä toimintaa.
7. **Tarpeeton liike työskentelyssä** on liikettä, joka ei tuo lisäarvoa tuotteeseen ja on siten hukkaa. (Kouri 2009, 10–11.)

Kahdeksantena hukkana voidaan mainita työntekijän luovuuden käyttämättä jättäminen. Työntekijä omaa parhaimman tietotaidon työvaiheiden ja menetelmien toiminnasta ja myös niiden kehittämisestä. (Kouri 2009, 11.)

### 3.4 Hukan poistaminen

Tehokas menetelmä hukan poistamisessa toiminnasta on käyttää aikaa kilpailutekijänä. Asiakkaat vaativat nykyään yhä useammin lyhempiä toimitusaikoja, minkä vuoksi tuotteiden läpäisyajoja on lyhennettävä. Läpimenoajoja lyhentämällä voidaan useimmiten parantaa sisäistä tehokkuutta ja siten myös tuottavuutta ja kannattavuutta.

Aikaa mittaamalla voidaan yksinkertaisesti ja tehokkaasti ohjata kehitystä. Kokonaisläpäisyajan lyhentämiseen voidaan käyttää esimerkiksi seuraavia keinoja: Vähentämällä pitkiä odotusaikoja, pienentämällä eräkojoja, poistamalla turhia työvaiheita, pienentämällä virhemahdollisuuksia, yhdistämällä työn eri osia isommiksi kokonaisuuksiksi. Lyhempi läpimenoaika vähentää myös tilantarvetta. Vain tilaukseen perustuvien tuotteiden valmistamisella vältetään turhien ennusteisiin perustuvien varastojen ylläpitäminen. (Kajaste & Liukko 1994, 36–37.)

## **3.5 Lean-periaatteet**

### **3.5.1 Arvo**

Lisäarvon tuottaminen ja asiakaslähtöisyys ovat kriittisiä lähtökohtia Lean-ajattelulle. Tarkoituksena on hahmottaa toiminnot, jotka lisäävät arvoa asiakkaalle ja kohdistaa näihin toimintoihin yrityksen voimavarat. Arvoa kasvattamalla suhteessa toiminnan kustannuksiin, kasvatetaan yrityksen kilpailukykyä ja mahdollistetaan kilpailukyvyn säilyminen myös tulevaisuudessa. (Kouri 2009, 6–7.)

### **3.5.2 Arvovirta**

Lean-ajattelussa on tärkeää tunnistaa toiminnasta arvovirta. Arvovirtaan kuuluvat kaikki ne toiminnot, jotka tuottavat arvoa kuin myös arvoa tuottamattomat toiminnot, mitä tarvitaan sen hetkisessä virrassa. Arvovirta voidaan jakaa kolmeen eri luokkaan. Ensimmäisen luokan muodostavat kaikki arvoa lisäävät toiminnot, esimerkiksi tuotteen kokoonpanon suorittaminen hitsaamalla. Toiseen luokkaan kuuluvat ne toiminnot, jotka eivät lisää tuotteen arvoa, mutta ovat pakollisia tehtäviä osana tuotteen jalostumista. Tällainen toiminto voi olla esimerkiksi jonkin työvaiheen jälkeinen laadunvarmistus. Kolmanteen luokkaan kuuluvat kaikkia arvoa lisäämättömät vaiheet, jotka tulee poistaa välittömästi. Tällainen voi olla esimerkiksi kahteen kertaan suoritettu laaduntarkastus kahden eri toimijan puolesta, mikä ei lisää tuotteeseen lisäarvoa. (Huhtala ym. 2009, 184.)

### **3.5.3 Virtaus**

Kun toiminnan arvovirrasta on tunnistettu ja havaittu hukka poistettu, täytyy arvon tuottaminen virtauttaa. Virrasta etsitään ne kohdat, joissa tuotteen arvoa lisäävä toiminta pysähtyy. Tavoitteena on pysähtymätön ja viiveetön kappaleiden virtaus, jossa tapahtuu ainoastaan arvoa lisäävää toimintaa. (Huhtala ym. 2009, 184.)



Virtauksen tehokkuuden mittarina käytetään läpäisyaikaa. Läpäisyajalla tarkoitetaan aikaa, joka kuluu tuotteen valmistuksen aloittamisesta valmiiseen tuotteeseen. Läpäisy aikaan vaikuttavat suoraan keskeneräinen tuotanto (KET). Mitä enemmän tuotteen valmistuksessa on keskeneräistä tuotantoa, sitä pidempi on tuotteen läpäisy aika. (Kouri 2009, 20.)

Tehostamalla virtausta saadaan prosessista esille siinä esiintyvät erilaiset konehäiriöt ja laatuongelmat. Toiminnan virtauttaminen kasvattaa tuotannon luotettavuutta, lisää toiminnan suunnitelmallisuutta ja auttaa poistamaan erilaisia laatuhäiriöitä. Virtauttamisen etuja ovat esimerkiksi lyhemmät toimitusajat, laadun parantuminen, tuottavuuden kasvaminen, varastoihin sidoksissa olevan pääoman pieneneminen ja koko toiminnan systemaattisuuden kasvaminen. (Kouri 2009, 20–21.)

Tuotantoa virtauttaessa valmistus jaetaan pieniin ja helposti ohjattaviin kokonaisuuksiin. Tällainen voi olla esimerkiksi pieni tuotantolinja tai tuotantosolu, jossa tuotanto etenee hyvin suoraviivaisesti. Ohjauksessa keskitytään koko linjan tai solun toimintaan, eikä yksittäiseen työvaiheeseen. Solun tai linjan kuormitus tapahtuu sen sisällä, jolloin välivarastoilta vältytään. Solujen tai linjojen ohjaus voi myös tapahtua yksinkertaisesti visuaalisella ohjauksella. (Miettinen 1993, 53.)

Onnistuneen virtauksen luominen edellyttää kone- ja laitehäiriöiden poistamista ja laatuvirheisiin puuttamista. Eräkokojen pienentämiseksi on asetusaikoja tuotevaihtojen osalta pienennettävä sekä kustannuksia laskettava. Laitteet ja koneet tulee sijoittaa työn lähelle siten, että tuotantoreitit pysyvät mahdollisimman lyhyinä ja selkeinä. (Kouri 2009, 21.)

#### **3.5.4 Imu ja Kanban**

Ohjauksella, joka perustuu imuun, pyritään sellaiseen toimintaan, joka perustuu ainoastaan kysyntään. Imun muodostaa tuotetta tarvitseva asiakas, joka tekee tuotteesta tilauksen. Imun avulla voidaan myös ratkaista sellaisia paikkoja prosessista, joihin ei pystytä luomaan virtausta. (Huhtala ym. 2009, 185.)

Imuohjauksessa on hyvin tärkeää keskittää suunnittelu töiden loppupäähän perinteisen aloituspäivän sijaan. Esimerkiksi kokoonpanosta lähtee signaali tarvitsemilleen osille valmistukseen, jossa osien valmistus aloitetaan. Valmistuksen ohjauksessa voidaan käyttää visuaalista ohjausta, esimerkiksi laatikkojärjestelmää, jossa tyhjä laatikko viedään valmistukseen, mikä toimii impulssina osien erän valmistuksen aloittamiselle. Imuohjaus mahdollistaa ohjauksen kohdistamisen juuri sinne, missä se on kaikista kannattavinta ja tarvittua. Sitoutuneen pääoman määrä on suurimmillaan juuri tuotannon loppupäässä, minkä vuoksi varastointi ei ole kannattavaa. (Miettinen 1993, 54–55.)

Osan valmistusimpulssin voi aloittaa imuohjaukskortti eli Kanban tai tyhjä laatikko. Kanban-menetelmä soveltuu hyvin sellaisille nimikkeille, joiden menekki on kohtuullisen tasaista. Kortti määrittelee, kuinka monta erää tietyn tyyppistä nimikettä voi olla varastossa. Kanbanien tai eräkokojen määrää muuttamalla voidaan suoraan vaikuttaa koko varastointiin ja keskeneräisen tuotannon määrään. (Kouri 2009, 22.)

Imuohjauksella tavoiteltavia hyötyjä ovat esimerkiksi varastojen pienentäminen ja materiaali-ohjauksen yksinkertaistaminen, läpäisyajan lyhentäminen tuotannossa, tuotannon selkeyttäminen, asiakaslähtöisyyden lisääminen ja joustavuuden kasvattaminen. Pidemmän aikavälin suurimpana tavoitteena on edelleen vähentää Kanban-korttien ja laatikoiden määrää, jotta varastoja saadaan vielä pienennettyä. (Kouri 2009, 23.)

### **3.5.5 Täydellisyys**

Täydellisyyden tavoittelulla ja voimakkaalla sitoutumisella Lean-ajattelun mukaisten periaatteiden jatkuvassa käyttämisessä toimintojen kehittämiseksi tekee siitä päättymättömän kehän. Uusien tapojen löytämisessä arvon tai virtauksen määrittämisessä ja hukan poistamisessa toiminnoista ovat perusedellytyksiä täydellisyyden tavoittelussa. (Huhtala ym. 2009, 186.)

Täydellisyyttä tavoiteltaessa ehkä merkittävin tekijä sen saavuttamiseksi on läpinäkyvyys. Sillä tarkoitetaan sitä, että kaikki tuotteen ympärillä työskentelevät toimijat, kuten alihankkijat, jakelijat, asiakkaat ym. voivat nähdä kaiken, mikä edesauttaa parempia keinoja luoda arvoa ja löytää kohtia, joissa arvoa tuottava toiminta pysähtyy. (Huhtala ym. 2009, 186.)

## 4 LEAN-TYÖKALUT

### 4.1 Kaizen

Kaizen on japaninkielinen termi jatkuvalle parantamiselle. Koko Lean-ajattelu perustuu toiminnan jatkuvaan ja myös systemaattiseen parantamiseen. Ideana on, että vastuu tuotteen ja toiminnan laadusta sekä kehitystyöstä on kaikilla työntekijöillä toimihenkilöiden lisäksi. Ongelmat otetaan vastaan haasteena kehittää laatua, työturvallisuutta tai työtehokkuutta. Prosessien laadun ja toimivuuden jatkuva parantaminen lisää yrityksen kannattavuutta ja toimintaa. (Kouri 2009, 14.)

Jatkuvan parantamisen – periaatetta sovellettaessa käytännössä, kannattaa sitä hyödyntää siihen suunnitellun PDCA-syklin mukaisesti (kuvio 2).



KUVIO 2. PDCA-syklin toteuttaminen (Jatkuva parantaminen: PDCA-sykli 2015)

### 4.2 5S

Lean-ajattelun mukaista laadukasta ja tuottavaa työtä tulee suorittaa siistissä työympäristössä. Tämän toteuttamiseksi käytetään 5S nimellä kulkevaa käytännön työkalua, jonka avulla on tarkoitus kehittää ja huolehtia työympäristön siisteyden ja järjestyksen kehittämisestä ja ylläpidosta. Viimeisimpänä tavoitteena 5S:llä on kehittää kurinalaisuutta ja

systemaattisuutta. 5S tulee viidestä s-kirjaimisista japaninkielisistä sanoista Seiri (lajittele), Seiton (järjestä), Seiso (puhdistajaksi ja huollaksi), Seiketsu (vakiinnutettu toimenpiteet) ja Shitsuke (ylläpidä). (Kouri 2009, 26.)

5S:llä tavoitellaan parempaa työturvallisuutta, työpisteen järjestystä ja vähentää työvälineiden etsimiseen kuluva aikaa ja turhautumista. Se helpottaa myös työn konkreettista tekemistä työvälineiden ollessa tarkoituksenmukaisesti organisoitu. 5S tukee Lean-ajattelun muodostumista yrityksessä ja tehostaa tuotantovälineiden valvontaa ja seuranta. Siisti ja selkeä työympäristö mahdollistaa Lean management -toimintamallin mukaisen tehokkaan toiminnan, hukkien tunnistamisen ja poistamisen. (Kouri 2009, 26–27.)

### 4.3 JIT ja JOT

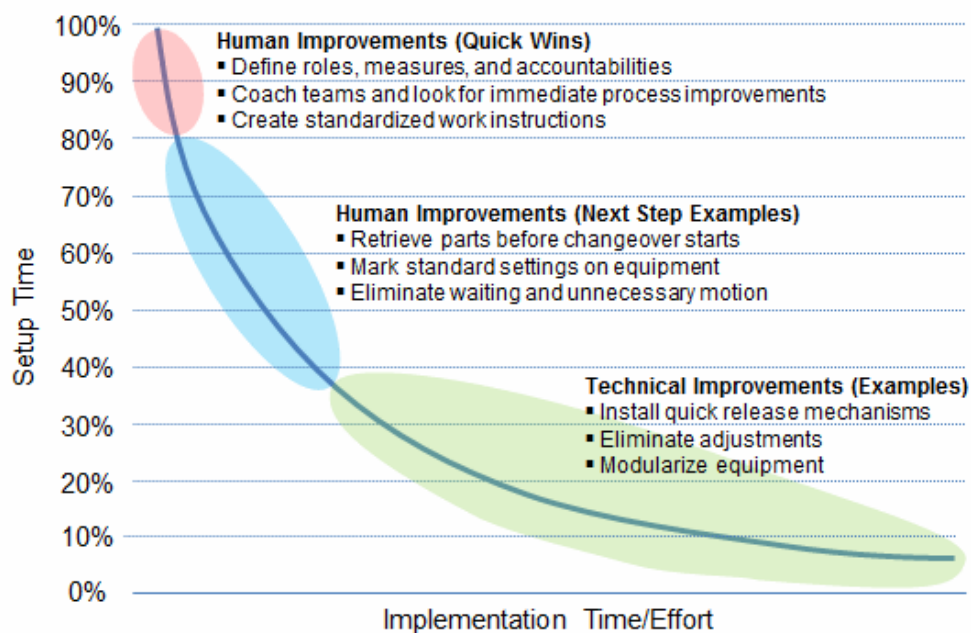
JIT-periaatteen (Just In Time) ovat kehittäneet japanilaiset toistuvan tuotannon tuotannonohjaukseen, missä yksinkertaisuus on tehokkuuden avain. Periaatteen mukaan tuotannon heikkouksia ovat liikkumattomat varastot, niiden kuluttamat tilat sekä virheelliset osat, kokoonpanot ja lopputuotteet. Samasta periaatteesta on myös lähtöisin länsimaihin sovellettu tuotannonohjausperiaate, josta käytetään Suomessa nimitystä JOT-tuotannonohjaus. JOT-lyhennys tulee sanoista ”Juuri Oikeaan Tarpeeseen”. Ideaalitilanteessa valmistetaan ”välttämättömät tuotteet välttämättömän suurina erinä juuri silloin, kun niitä tarvitaan”. (Miettinen 1993, 51.)

JOT:n merkittävimpiä tavoitteita on koko yrityksen kannattavuuden parantaminen. Tuottavuutta kasvatetaan vähentämällä turhaa tuotetta jalostamatonta toimintaa. Päähuomion kohteena on sitoutunut pääoma, jota on yleensä paljon varastoissa. Huolimatta JOT:n laajamittaisesta kehittämistavoitteista on Suomen metalliteollisuudessa keskitytty usein tuotannon layoutin, vaihto-omaisuuden ja materiaalivirtojen parantamiseen. (Kajaste & Liukko 1994, 11.)

#### 4.4 SMED

Lyhenne SMED tulee englanninkielisistä sanoista ”Single-Minute Exchange of Dies”. Se on joukko käyttäjän toimia, joilla tarkoituksena on vähentää tuotantovälineiden ja prosessien vaihtamiseen kuluva aikaa mahdollisimman pieneksi. SMED – prosessissa pyritään tekemään mahdollisimman moni osa ulkoiseksi osaksi käynnissä olevasta prosessista ja samanaikaisesti yksinkertaistaa ja tehostaa kaikkia elementtejä prosessissa. (Leanproduction: SMED – Single-Minute Exchange of Dies 2013)

Seuraavassa kuvaajassa (kuvio 3) on esitettyä SMED – prosessin hyödyt, kuinka asetus-aikoja voidaan pienentää menetelmää soveltamalla erilaisiin projekteihin. Pystyakselilla on esitettyä asetus-aika (%) ja vaaka-akselilla toimeenpanon aika/ vaiva. Yhteenvetona voidaan sanoa, että asetusajat saadaan hyvin pieniksi käyttämällä runsaasti aikaa erilais-ten teknisten parannusten toteuttamiseen prosessissa.

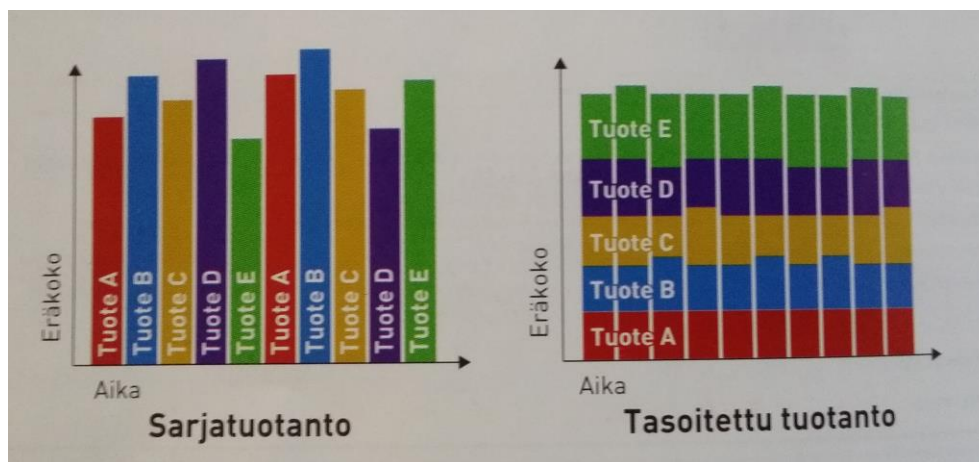


KUVIO 3. SMED – projektin mahdollisuudet (SMED – Single-Minute Exchange of Dies 2013)

#### 4.5 Tuotannon tasapainottaminen

Tavoitteena tasapainotetussa tuotannossa on, että valmistettavat kappaleet tuotetaan asiakastarpeiden mukaisesti mahdollisimman pienissä ja säännöllisesti toistuvissa erissä.

Tämä mahdollistaa pienemmän keskeneräisen tuotannon (KET) määrän ja pystytään vähentämään tuotteiden tarpeetonta varastointia. Tasapainottamisen haittapuolina voidaan mainita kasvavat tuotevaihdot ja asetukset. Tuotannon hyvä tasapainottaminen edellyttää tuotannolta lyhyitä asetusajoja ja myös kustannuksia. Etuja on useita, mitä voidaan saavuttaa tuotannon tasapainottamisella, kuten esimerkiksi kuormituksen tasoittuminen koneiden ja työvoiman osalta. Näiden lisäksi materiaalin kulutus laskee ja varastoimisen tarve pienenee. Tämä myös parantaa joustavuutta asiakassuhteisiin ottaen heidän tarpeensa paremmin huomioon ja helpottaa ohjattavuutta eri toimittajien ja alihankkijoiden välillä. Seuraavista pylväsdiagrammeista voidaan nähdä kuinka tasoitetulla tuotannolla voidaan vastata asiakkaiden vaihtelevaan kysyntää huomattavista joustavammin sarjatuotantoon nähden (kuva 6). (Kouri 2009, 18–19.)



KUVA 6. Ero sarjatuotannon ja tasoitetun tuotannon välillä (Kouri 2009, 18)

Käytännössä tasoittamisella tarkoitetaan tasaisin väliajoin tuotettuja eri tuotteita tai niiden variaatioita pienerätuotannon muodossa. Tämä mahdollistaa tuotantomäärän pysymisen samana ja samaan aikaan myös koneiden ja työvoiman tarve tasoittuvat. (Kouri 2009, 19.)

Huomion kohdistaminen tasoitetussa tuotannossa täytyy tehdä lisääntyneisiin päivittäisiin asetuksien tekemiseen ja niiden keston. Tätä voidaan kuitenkin kehittää erilaisilla teknologisilla ratkaisulla ja suunnittelulla. Pienerätuotanto tuo useita positiivisia asioita mukanaan työntekijälle, kuten vaihtelevuutta työhön ja tasoitusta työtahtiin. Sillä on myös vähentävä vaikutus erilaisten suunnitelmien muutoksille ja vakauttava vaikutus tuotannolle. (Kouri 2009, 19.)

#### 4.6 Visuaalinen ohjaus

Visuaalisen ohjauksen peruseriaatteet koostuvat selkeästi havaittavista ja esitetystä tavoitteista, mittareista ja ohjausimpulsseista. Se on myös tärkeä osa jo aikaisemmin mainittua JOT – periaatetta. Visuaalinen ohjaus vaatii kuitenkin tiettytyyppisiä perusedellytyksiä toimiakseen. Näitä ovat esimerkiksi:

- Avara tila, jossa ei ole seiniä estämässä näkyvyyttä.
- Hyllyt ovat katseen korkeudella.
- Materiaalivirran etäisyydet ovat lyhyitä, tarvikkeet ja työkalut ovat omilla täsmällisillä paikoilla.
- Materiaalit ovat oikeilla paikoilla omilla alueillaan.
- Erilaiset virhetilanteet on minimoitava ja pidettävä erillään meneillään olevasta tuotantoprosessista.
- Ylituotanto on kielletty.
- Tuotantotiloissa on oltava selkeästi esillä suunnitelmat, aikataulut ja tulokset prosessista.

(Mankki ym. 1988, 13.)

#### 4.7 Mittaaminen

Erilaiset mittarit ja tavoitteet sijaitsevat selkeästi esimerkiksi ilmoitustaululla kunkin tuotantoprosessin omalla alueella. Mittaamisen lähtökohtana on seurata jonkin tuotantoprosessin tehokkuutta, hukkien esiintymistä ja laatua. Tuotannon eri tavoitteilla pyritään ilmoittamaan työntekijöille yrityksen normaali suoritustaso ja sitä kautta pitää sitä yllä. Mittareiden päivittäminen on hyvin tiheää ja sillä pyritään löytämään sekä tuomaan esille välittömästi tuotannossa mahdollisesti esiintyvät ongelmat ja poikkeamat. Jos tuotannossa jäädytään tavoitearvojen alapuolelle, niin siihen reagoidaan välittömästi ja ongelmiin etsitään ratkaisut. (Kouri 2009, 28.)

Tavoitteena mittaamisessa on prosessin toiminnan parempi ymmärtäminen ja hallitseminen. Mittaamisessa keskitytään vain oleellisiin liiketoiminnan kannalta tärkeisiin alueisiin. Tärkeimmät Lean-mittarit ovat tuottavuus, läpäisy aika, laatu, keskeneräinen tuotanto

ja hukka (materiaali, energia ja työ). Mittaamisen tulokset ovat perusedellytys Lean-ajattelun jatkuvalla parantamiselle ja tulokset ovat tärkeä osa yrityksen johdon tuotannon johtamisen ja kehittämisen kannalta. (Kouri 2009, 29.)



## 5 NYKYTILAN KARTOITUS

### 5.1 Kokoonpanosolun prosessikuvaus

Kokoonpanosolun koko prosessi on esitettyinä kuvia apuna käyttäen päävaiheittain. Prosessin kuvaus on luotu siihen liittyvistä kokoonpanotyövaiheista. Tehtaan ulkopuoliset liikkeet on jätetty prosessikuvauksesta tarkoituksella pois, koska tarkoituksena on keskittyä kokoonpanosolun sisällä tapahtuvan prosessin kuvaamiseen. Kokoonpanosolussa työskentelee pääasiassa kaksi työntekijää, joista toinen suorittaa prosessin alkupään työvaiheita ja toinen loppupäässä esiintyviä erilaisia sähköasennuksia vaativia töitä.

Prosessin vaiheet on esitettyinä kolmen kuvan ja vaiheita kuvaavien tekstien avulla, mikä auttaa kokonaisuuden sisäistämisessä. Ensimmäiset kolme kokoonpanon työvaihetta tapahtui suhteellisen tiiviissä tilassa, jossa työkalut olivat hyvin epäsiistissä paikoissa ja järjestyksessä (liite 4).

Prosessin seuraavat kolme työvaihetta suoritettiin edelleen samoja työtiloja hyväksi käyttäen. Vaiheet ovat avattuina paremmin seuraavassa kuvasarjassa (liite 4). Pesulaitteen kuori tai allas nostettiin liikkuvalle työpöydälle, jossa työvaiheet suoritettiin. Kuorien tai altaiden saapuessa tuotannosta, niille ei ollut määrätty mitään selkeää jättöpaikkaa kokoonpanosolussa, vaan ne jätettiin sinne missä oli vapaata tilaa.

Seuraavana vuorossa olivat eristeen liimaus altaaseen, värähtelijöiden johdotus ja altaan kiinnittäminen kuoreen (liite 4). Nämä yhdeksän prosessin alkupään työvaihetta suoritti pääasiassa yksi työntekijä aina kuoren ja altaan kuoritukseen saakka.

Kokoonpanon ensimmäisten yhdeksän työvaiheen jälkeen työstettävä projekti siirtyi seuraavan työntekijän työstettäväksi. Seuraavina työvaiheina olivat vuorossa vastusten johdotus, pintarajan, näppäimistön ja raanojen asennus sekä verkkokaapelin sähköistys (liite 4).

Seuraavaksi olivat vuorossa työvaiheet nimeltään asennuslevyn liittäminen, päätypellin/sivupellin asennus ja mahdollisten optiokomponenttien kasaaminen, projektista riippuen

(liite 4). Alkuperäisessä muuttamattomassa työprosessissa sähköiset asennustyöt suoritettiin siellä missä oli vapaa liikkuva työpöytä käytettävissä, mitä normaalisti käytettäisiin tavallisessa kokoonpanotyössä. Myös pienempi prosessiin kuuluva osakokoonpano työ suoritettiin siellä missä vapaata pöytätilaa oli käytettävissä, koska sille ei ollut määriteltyä paikkaa.

Viimeisenä kolmena työvaiheena pesulaitteiden kokoonpanossa olivat testaus, viimeistely ja teippaus/ pakkaus (liite 4). Testaus tilattiin aina erikseen ulkopuoliselta toimijalta niille koneille, jotka olivat valmiina testausta varten. Testauksen jälkeen koneeseen suoritettiin viimeisten peltien kiinnitykset, ruostumattoman teräksen suojakalvojen irrottamiset ja kiillottamiset. Tämän jälkeen laitteeseen kiinnitettiin tarvittavat tyyppikilvet ja tarat mallista riippuen sekä pakattiin laite sille tarkoitetulle kuormalavalle.

## 5.2 Mittarointi

Mittausten suorittaminen oli tärkeä osa kokoonpanosolun kehittämistä ja nykytilan kartoittamista. Niiden avulla voitiin määrittellä kokoonpanon sen hetkinen toiminnan taso ja tehokkuus. Mittausten avulla voidaan löytää kokoonpanosta ongelmat ja poikkeamat ja suunnitella sitä kautta mahdollisten korjaustoimenpiteiden toteuttaminen ja kehittäminen.

Mittaukset suoritettiin minuuttitarkkuudella ja tavoitteena oli saada vähintään kuusi mitaustulosta kustakin työvaiheesta. Mittaustulosten avulla pystyttiin määrittämään kokoonpanon sen hetkinen laitteiden läpimenoaika. Mittaroinnin yhteydessä kerättiin työntekijöiltä tietoa kehittämistarpeista sekä yleisesti havainnoitiin tilan toimivuutta ja toimintaan vaikuttavia epäkohtia. Mittauksen aikana kokoonpanosolussa työskenteli kolme työntekijää.

Tilaukskannan mukaisesti solussa kootaan erilaisia pesulaitteita. Mittaroinnin aikana kokoonpanossa oli pääosin MI-sarjan pesulaitteita. Mittaus kohdistettiin seuraaviin työvaiheisiin: Karhennus, kivien liimaus, uunitus, jäähdytys, hitsauspulttien ampuminen, kuoren varustelu, eristeiden liimaus, kivipiuhoidus, altaan kuoritus, vastusten johdotus, pytyn kääntö, pintaraja, näppis, raanat, verkkokaapelin sähköistys, asennuslevyn liittäminen, vasemman kylkipellin asennus, optiokomponentit, paperityöt, testaus, viimeistely, teippaus/tyyppikilpi, lisävarusteet ja pakkaus.

Liitteissä on esitetty taulukon muodossa mitatut työvaiheet ja niissä kulunut aika minuutteina (liite 1). Näiden työvaiheiden lisäksi tehdään osakokoonpanoa, joka nopeuttaa varsinaisten kokoonpanotyövaiheiden suorittamista. Työvaiheisiin liittyvää esivalmistelutyötä/ osakokoonpanotyötä ei mitattu erillisenä työvaiheena.

### **5.3 Kehittämistarpeet prosessissa**

Mittausten yhteydessä nousi useita kehittämistarpeita kokoonpanosolun toiminnasta. Kehittämistarpeita ilmeni havainnoimalla kokoonpanon toimintaa ja tekemällä tiivistä yhteistyötä kokoonpanoa suorittavien työntekijöiden ja projektissa mukana olleiden henkilöiden kanssa. Konkreettista työtä tekevien työntekijöiden kommentit ja kokemukset olivat hyvin tärkeässä roolissa oikeiden kehittämiskohteiden löytämisessä kokoonpanosolusta, niin kuin usein myös monissa muissa erityyppisissä kehittämissuunnitelmissa.

Kokoonpanosolussa ilmeni useita erityyppisiä puutteita, joita olivat muun muassa resursseihin, tuoterakenteeseen, tiloihin, siisteyteen, välineisiin ja laitteisiin liittyvät puutteet. Myös kokoonpanoa edeltävien työvaiheiden vaikutus ilmeni joissakin tapauksissa kokoonpanosolussa, esimerkiksi puolivalmisteiden laadullisissa seikoissa. Tällaisia laadullisia seikkoja saattoivat olla esimerkiksi pesulaitteen kuoren hitsauksessa syntyneet heitot ristimitoissa.

Resursseihin liittyvät puutteet koostuivat pääasiassa siitä, että kokoonpanosta hyödynnettiin työntekijöitä satunnaisesti muihin tuotannon työtehtäviin tarpeen vaatiessa. Tämä saattoi aiheuttaa pidempiäkin kokoonpanotyön keskeytymiä. Koska kokoonpanossa työskenteli pääasiassa kaksi työntekijää, niin yhdenkin työntekijän puuttuminen vahvuudesta saattoi tarkoittaa useampien kokoonpanon työvaiheiden keskeytymisen.

Lisäksi kokoonpanosolussa ilmeni joitakin puutteita siellä käytettävissä työvälineissä ja laitteissa. Esimerkiksi toiselle pulttihitsauspöydälle olisi tarvetta kokoonpanossa, koska sitä tarvittaisiin kahdessa eri työvaiheessa prosessissa. Tarvetta lisää vielä se, että työvaiheet, joissa sitä käytetään sijaitsevat likimain prosessin hyvin alku ja loppuvaiheissa. Myös työergonomia näkökulmasta joitakin ylimääräisiä raskaita nosteluita voitaisiin vä-

hentää, esimerkiksi tekemällä sapluunoita altaan ja kuoren kiinnityskohtien merkkaukseen. Kyseisessä vaiheessa kiinnityspaikkojen merkkaukset suoritetaan nostamalla ja samanaikaisesti kääntämällä kuori ylösalaisin olevaan altaan päälle, milloin joudutaan siirtämään raskaitakin taakkoja. Mittausten aikana ilmeni myös ajoittaisia työvälineiden etsimisiä ja putsauksia, koska niitä oli lainattu muiden työpisteiden tarpeisiin tai niille ei ollut määritelty selkeitä omia paikkoja.

Toiminnanohjausjärjestelmästä kuitattaessa valmista työtä tai työvaihetta valmiiksi ilmeni välillä sekaannuksia johtuen kuitattavan työn tuoterakenteen sekavuudesta. Tilanne saattoi olla esimerkiksi sellainen, että kuitattavan työn työvaihe ja sen tuoterakenteen sisältämät osat eivät vastanneet toisiaan, mikä loi epävarmuutta ja vähensi tuottavan työn aikaa.

Kokoonpanosolun tiloissa ilmenneet puutteet ja epäkohdat olivat merkittävimmissä roolissa kehittämistarpeita kartoittaessa. Puutteita ilmeni muun muassa työpisteiden sijoittelussa suhteessa niissä tarvittuihin työkaluihin ja osiin. Myös kokoonpanosolussa olleet isommat tavarahyllyt oli sijoiteltu kokoonpanotyöhön nähden puutteellisesti. Kokoonpanon työpisteiden varustelu ja konkreettinen työtila oli paikoittain puutteellista. Työpisteiden, varastojen, tarvikkeiden, osien, työkalujen ja laitteiden sijoittelussa toisiinsa nähden sekä selkeydessä oli selkeästi havaittavissa parantamisen varaa. Työn eteneminen kokoonpanosolun sisällä työvaiheesta ja työpisteestä toiseen oli myös paikoitellen epälooginen. Nämä seikat yhdessä muodostivat paljon turhaa liikkumista, etsimistä, tavaroiden ja osien siirtelemistä kokoonpanosolun sisällä. Myös tilan varastoissa oli selkeästi havaittavissa ylituotantoa eli Lean-tuotantomallin mukaista hukkaa, jota oli kertynyt ajan saatossa (kuva 7). Kuvasta on havaittavissa kuinka ylimääräisiä pesulaitteiden kuoria on tavarahyllyn yläosassa. Myös samassa kuvassa näkyy pakkausvälineiden sijoituspaikan olevan hyllyn alla, minkä vuoksi myös pakkaus tapahtuu käytävä osuudella. Yleisessä tilojen siisteydessä oli myös havaittavissa parantamisen varaa.

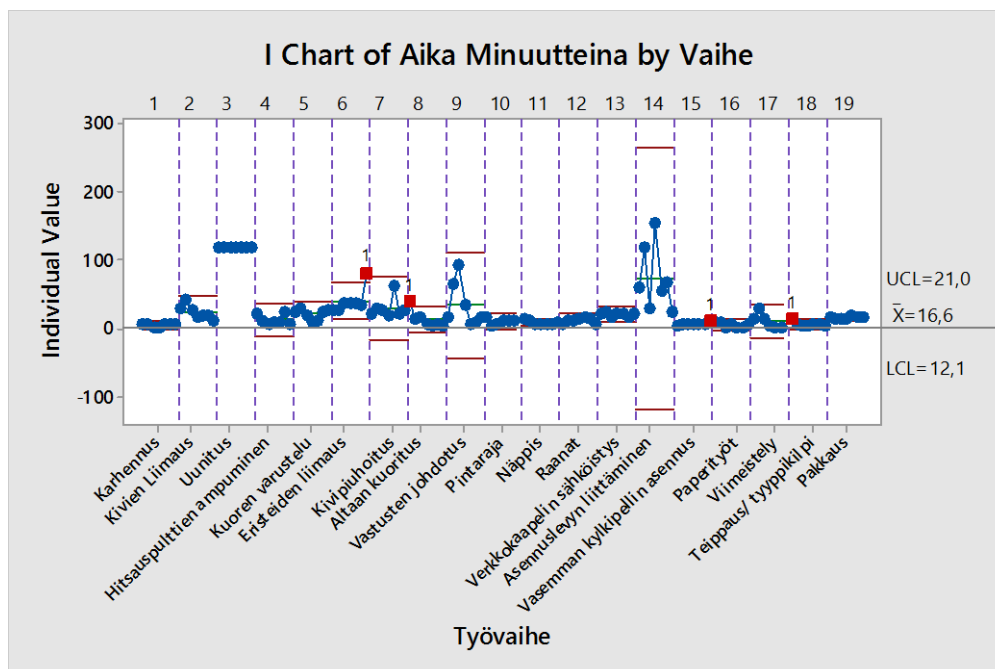


KUVA 7. Tavarahyllyyn on valmistettu ylimääräisiä puolivalmisteita (Kuva: Lasse Pokela 2015)

## 6 MITTAUSTULOSTEN ANALYSOINTI JA KEHITTÄMISTARPEEN MÄÄRITTÄMINEN

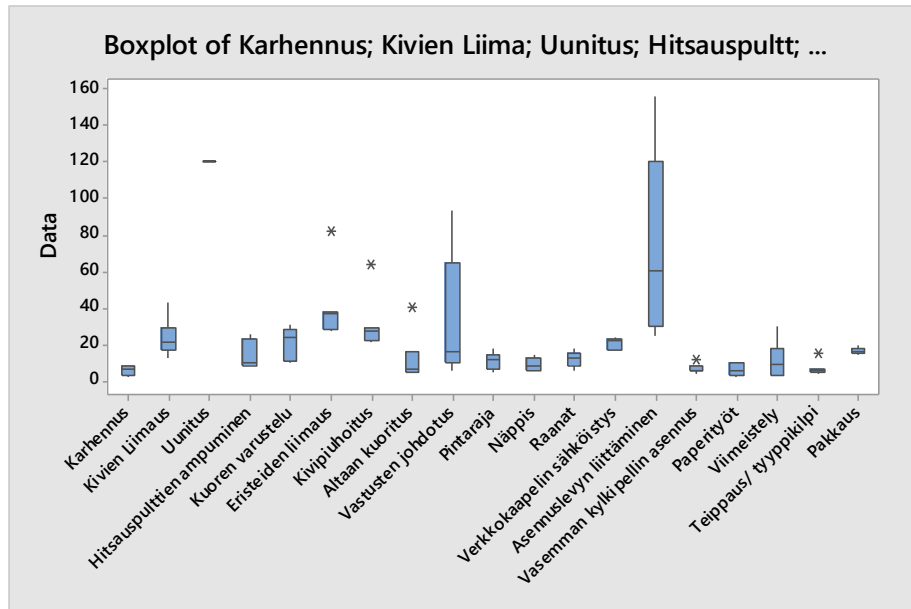
Mittausten päätyttyä oli vuorossa mittaustulosten analysointi yhdessä yksikön esimiesten, projektissa mukana olevien henkilöiden ja kokoonpanossa työskentelevien työntekijöiden kanssa. Kokouksessa nostettiin esille mittaustuloksista luodut havaintokuvaajat, kommentit kokoonpanon toiminnasta niin projektissa mukana olleiden henkilöiden, kuin työntekijöidenkin toimesta. Tarkoituksena oli löytää pääsuunta kokoonpanosolun kehittämiseksi, missä apuna käytettiin kehittävän keskustelun tuomia näkökulmia, kuin myös mittaustuloksista rakennettuja kuvaajia (kuviot 4 ja 5).

Ensimmäisessä kuvaajassa (kuvio 4) on havaittavissa vaaka-akselilla prosessin työvaiheet ja pystyakselilla työvaiheissa kulunut aika minuutteina. Kuvaaja on nimeltään X mR-kortti ja se on yksi useista erilaisista ohjaukorkittityypeistä. Vaakaviiva  $\bar{x}$  kuvastaa näyterän keskiarvoa, UCL tarkoittaa ylempää ohjausrajaa ja LCL alemmaa ohjausrajaa. Kuvaajasta on tulkittavissa kuinka hajontaa ilmenee kaikista eniten asennuslevyn liittämässä ja vastusten johdotuksessa.



KUVIO 4. Prosessin työvaiheista koottu hajontakuvaaja ohjaukorkin muodossa (Jouni Väisänen 2015)

Seuraava kuvaaja (kuvio 5) on nimeltään Boxplot eli monilaatikkopiirros, jota käytetään vaihtelun ja keskittymisen havaitsemiseksi. Siitä voidaan nähdä vielä selkeämmin edelliseen kuvaajaan verrattuna vaihtelun keskittymät asennuslevyn liittämässä ja vastusten johdotus työvaiheissa.



KUVIO 5. Prosessissa esiintynyttä hajontaa monilaatikkopiirroksena kuvattuna (Jouni Väisänen 2015)

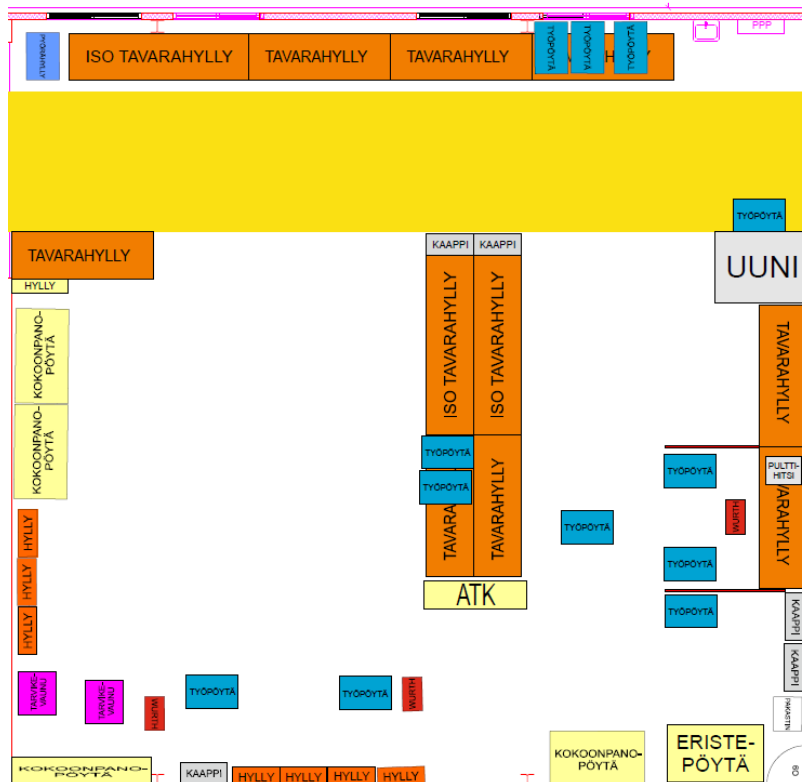
Mittaustulosten ja kommenttien perusteella etsittiin syitä kyseisissä työvaiheissa esiintyneiden vaihteluiden synnylle ja haettiin konkreettisia toimenpiteitä ongelmien ratkaisemiseksi. Työvaiheiden vaihtelun osasyiksi ilmeni palaverissa se, että laitteiden vastuksien määrissä ja sähkötöissä saattaa olla suuriakin eroja. Tästä huolimatta päädyttiin sähkötöiden osalta korkeamman esivalmisteluasteen tavoittelemiseksi eri elektroniikkakomponenttien kohdalla. Esimerkiksi pohdittiin sitä, että tilattaisiin asennuslevyitä alihankkijalta korkeammalla valmiusasteella, mikä vähentäisi prosessin ulkopuolella tapahtuvaa osakoonpanotyötä. Tämä ratkaisu onnistuttiinkin saavuttamaan osittain projektin edetessä. Osasyynä korkeaan vaihteluun kyseisissä työvaiheissa oli myös suhteellisen pitkät haku- matkat eri komponenttien kohdalla ja aika, joka kului niiden etsimiseen. Näiden syiden pohjalta päädyimme kokonaisvaltaisen katselmuksen pohjalta keskittyä kokoonpanosolun kehittämisessä erilaisen layout-ratkaisun suunnittelemiseen ja toteuttamiseen. Tämä ratkaisisi ongelmia kyseisten työvaiheiden osalta, mutta myös useita muita kehittämistarpeita osiossa esiteltyjä kehittämiskohteita. Prosessin työvaiheissa kuluneiden aikojen keskiarvot laskettiin yhteen, milloin saatiin pesulaitteiden sen hetkiseksi kokoonpanon läpimenoajaksi noin kahdeksan tuntia laitetta kohden.

## 7 KÄYTÄNNÖN TOIMENPITEET TUOTTAVUUDEN PARANTAMISEKSI

### 7.1 Layout-muutos

Layout-muutokseen lähestyttiin suunnittelemalla useita erilaisia karkeita piirroksia tilasta ja pohtimalla kunkin piirroksen hyviä ja huonoja puolia. Piirroksia tutkittiin yhdessä yksikönpäällikön, kokoonpanon työntekijöiden ja projektissa toimineiden henkilöiden kesken, mikä mahdollisti laajan kaikkia tyydyttävän ratkaisun lopputuloksessa.

Vanhassa layoutissa (kuva 8) havaittiin useita erityyppisiä puutteita ja ongelmia, joihin haettiin ratkaisua uuden layoutin suunnittelemisella. Ongelmana olivat esimerkiksi varsinaisen pesulaitteiden pakkaus ja viimeistely tilan puuttuminen kokonaan vanhasta layoutista. Pakkaus suoritettiin käytävällä tukkien mahdollisen trukkiliikenteen ja viimeistely suoritettiin siellä, missä vapaata tilaa oli käytettävissä. Layout-piirroksen vasemmalla seinustalla olevat kokoonpanopöydät hyllyineen olivat käyttämättöminä viemässä tilaa kokoonpanotyöltä ja niiden edusta oli täytetty ylimääräisillä kuormalavoilla ja muulla tavaramalla (kuva 9).



KUVA 8. Alkuperäinen kokoonpanosolun layout-piirros (Elekmerk Oy 2015)





KUVA 9. Ylimääräistä tavaraa kokoonpanotilassa (Kuva: Lasse Pokela 2015)

Myös kokoonpanoprosessin ulkopuoliselle sähköiselle ja mekaaniselle osakokoonpanolle ei ollut varattu tilaa alkuperäisessä tilaratkaisussa. Uudella layoutilla tavoiteltiin ylimääräisen käyttämättömän tilan minimoimista kokoonpanotyöstä ja pyrittiin tiivistämään konkreettiset työpisteet ja työtilat, jotta välttyttäisiin ylimääräisen tavaran joutumiselta tiloihin, missä työ tapahtuu. Myös erityisen silmäilyn alla olivat kaikki hukka, jota kokoonpanosolussa esiintyi. Näitä olivat esimerkiksi ylituotanto varastoissa, tarpeeton liikkuminen työtä suorittaessa ja osien sekä työkalujen tarpeeton etsiminen.

## 7.2 Prosessin uuden ohjausmallin luominen

Alkuperäisessä kokoonpanon prosessin kulussa suhteessa käytettävään tilaan oli parantamisen varaa. Tämän johdosta uuden layoutin suunnittelussa keskityttiin työpisteiden sijoittelun lisäksi myös mahdollisimman suoraviivaisesti virtaavan toimintamallin luomiseksi. Tavoitteena oli niputtaa työpisteet ja työvaiheet mahdollisimman lähemmäksi ja tiiviisti toisiinsa nähden, mikä mahdollistaisi tehokkaan työvälineiden käyttämisen ja arvoa tuottavan työn suorittamisen. Suoraviivainen ja tiivis prosessin liike kokoonpanoa suorittaessa vähentäisi turhaa liikkumista työtä tehdessä ja sitä kautta poistaisi prosessissa ilmenevää hukkaa.

### 7.3 Varastonhallinta

Alkuperäisessä varastonhallinnassa ilmeni puutteita niin sen käyttämisessä, kuin sen visuaalisessa havainnoinnissa. Varastot sisälsivät suuria määriä ylituotantona tulleita puolivalmisteita, jotka veivät paljon tilaa varastoista. Myös korkeiden tavarahyllyjen sijainnit suhteessa kokoonpanotyöhön olivat puutteelliset ja niissä säilytettävät tavarat olivat epäloogisessa järjestyksessä. Tämä tarkoitti tavaroita haettaessa korkeista tavarahyllyistä toisen kokoonpanotyön mahdollista keskeytymistä ja tavaroiden sekä osien etsimistä varastoista, koska ne olivat heikosti havaittavissa visuaalisesti puutteellisten merkintöjen vuoksi.

Tärkeä osa layoutin suunnittelussa oli prosessin virtauksen, työpisteiden ja niiden varustelun lisäksi varastojen sijoittaminen tilaan paremmin ja niiden tehokkaampi hyödyntäminen visuaalisesti. Konkreettisten tavarahyllyjen uusien sijaintien suunnittelun lisäksi, oli tärkeää huomioida kunkin tavarahyllyn tilantarve uudessa sijoittelussa. Myös se, että puolivalmisteet ja osat ovat selkeästi omissa osioissaan tavarahyllyissä helpottaen niiden havainnointia, oli yksi lähtökohdista. Tavoitteena oli, että aikaisemmasta layout-piirroksesta poiketen isoja tavarahyllyjä ei olisi kokoonpanotyön läheisyydessä haittaamassa työn tekoa, vaan ne korvattaisiin pienemmillä noin katseen korkuisilla pientavarahyllyillä. Suuremmat puolivalmisteet ja osat sijaitsisivat prosessin alkupäässä, mistä ne kerättäisiin projekti kohtaisesti kokoonpanoa valmisteltaessa ja aloitettaessa.

## 8 LEAN-KEHITYSTYÖKALUJEN VALINTA

Kokoonpanosolun parantamiseksi valittiin layout muutoksen lisäksi Lean-toimintamalliin kuuluvista Lean-työkaluista Kaizen, 5S, JIT & JOT, SMED, tuotannon tasapainottaminen ja visuaalinen ohjaus, jotka ovat esiteltyinä aikaisemmin käsitellyssä Lean-työkalut -osiossa. Kyseiset työkalut soveltuvat hyvin kokoonpanon kehittämiseen yhdessä uuden layoutin kanssa.

Kaizenin mukainen jatkuva parantaminen soveltuu hyvin uuden tilan, prosessin ohjauksen ja työpisteiden jatkuvassa seurannassa sekä parantamisessa. Implementoimalla kokoonpanosoluun siihen sisältyvän PDCA-syklin mukaisia toimenpiteitä, voidaan taata prosessin toiminnan ja laadun jatkuva parantaminen.

Samanaikaisesti, kun uusia kokoonpanotiloja ollaan toteuttamassa, voidaan uusille työpisteille luoda 5S:n mukainen siisteys, järjestys ja työkalujen tehokkaampi sijoittelu työpistekohtaisesti. 5S:n ylläpitäminen kokoonpanosolussa vahvistaa Lean-toimintamallin muodostutumista koko yrityksessä. Se myös tehostaa reagoimista mahdollisten hukkien syntyessä, kun tuotantotilat ovat siistit ja järjestyksessä.

JIT- & JOT-työkaluja hyödynnettäessä yhdessä visuaalisen ohjauksen kanssa voidaan kokoonpanoprosessista luoda helpommin ohjattava ja hallittava kokonaisuus. JOT-työkalun mukaisen osien valmistamisperiaatteen ”juuri oikeaan tarpeeseen” avulla ja visuaaliseen ohjaukseen sovellettua imuohjausta yhdessä Kanban-ohjauskorttien kanssa voidaan työn ohjausta tehostaa huomattavasti ja pienentää puolivalmistevarastoa. Tällöin saavutetaan vähemmän keskeneräistä tuotantoa (KET) ja voidaan luoda prosessiin imu, joka ruokkii itse itsensä, samalla tehden prosessista entistä paremmin virtaavamman. Kanban-ohjauskortteja voidaan myös yhdistää kaksi-laatikkojärjestelmään, milloin valmistusimpulssina toimii se, kun laatikko tyhjenee kappale määrässä sille määrättyyn hälytysrajaan. Hälytysrajan saavuttua viedään laatikossa kiinni tai sille määrättyssä paikassa oleva Kanban-ohjauskortti tuotantoon, mikä aloittaa valmistusimpulssin.

SMED-työkalu soveltuu hyvin kokoonpanoon, yhdessä työntekijöiden kanssa suunniteltaessa keinoja ja parannuksia asetusaikojen pienentämiseen prosessissa. SMED-työkalua

ja kokoonpanon tasapainottamista yhdessä hyödynnettäessä, ne mahdollistavat hyvin virtaavan prosessin ilman pullonkauloja ja pysähdyksiä. Näihin tavoitteisiin päästyä, on kokoonpanon ohjaaminen entistä helpompaa ja ennustettavampaa.

## 9 KEHITYSTOIMENPITEET

Edellisessä luvussa käsitellyjä Lean-kehitystyökaluja hyödynnettiin niin paljon, kuin oli mahdollista yhdessä uuden layoutin kanssa. Layoutin suunnittelun tultua päätökseen, oli aika viedä suunnitelma käytäntöön. Kokoonpanoa ei pysäytetty muutosten ajaksi, vaan suurimmat siirrot tehtiin ilta-aikaan, kun kokoonpano ei ollut käynnissä. Loput pienemmät tavaroiden, työkalujen ja osien siirrot uusien työpisteiden ja varastojen välillä suoritettiin kokoonpanon ollessa käynnissä.

Yhdessä layout muutoksen kanssa suoritettiin uusi kokoonpanon prosessiohjaus. Samalla tehtiin parannuksia erilaisten työvälineiden, osien ja tavaroiden varastointiin sekä järjestykseen liittyen. Toiminnanohjausjärjestelmään sisältyviin kaikkiin tilattaviin tuotteisiin lisättiin tuotekoodi siten, että laatikkoihin tulostettiin oikeat tuotteen mukaiset tuotekoodit (kuva 10).



KUVA 10. Kuvassa vasemmalla uuden layoutin mukainen hyllyjen siisteys ja oikealla vanhan mallin mukainen (Kuva: Lasse Pokela 2015)

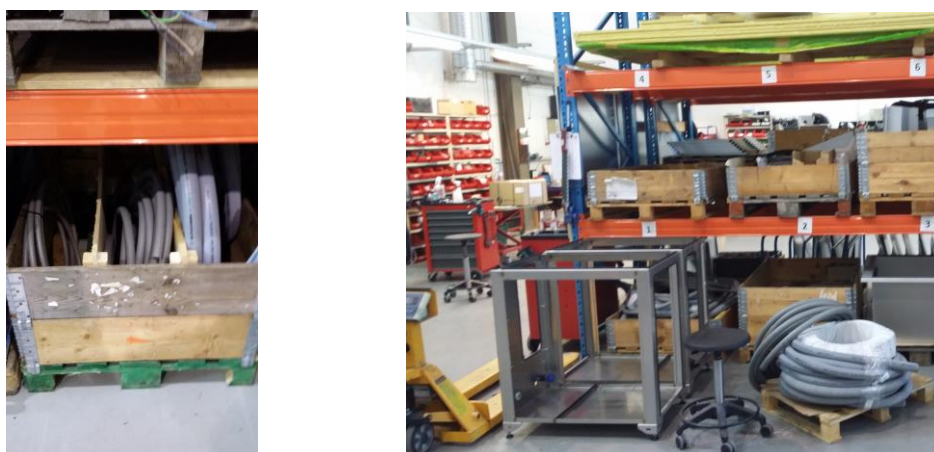
Myös pesulaitteen allas osaan liimattavien värähtelijöiden asentamiseen käytettävien sapluunoiden säilytykseen tehtiin aikaisempaa parempi säilytysratkaisu (kuva 11). Kuvassa

vasemmalla on kuva alkuperäisestä layoutin mukaisesta järjestyksestä ja oikealla uudesta. Värähtelijöiden sapluunat ovat molemmissa kuvissa tavarahyllyn keskiosassa.



KUVA 11. Värähtelijät ja niiden sapluunoiden säilytys ennen ja jälkeen (Kuva: Lasse Pokela 2015)

Varastoihin tehtiin parannuksia myös huuhtelu-mallisissa pesulaitteissa käytettävien letkujen säilyttämisessä (kuva 12). Kuormalavoihin rakennettiin säilytyslokerot erilaisia letkuja varten.



KUVA 12. Kuvassa vasemmalla letkujen säilyttäminen uudessa layoutissa ja oikealla vanhan layoutin mukaan (Kuva: Lasse Pokela 2015)



Tämän lisäksi isoihin tavarahyllyihin tehtiin selkeät jaottelut, mitä osia niihin kuuluu varastoida ja varastopaikat nimettiin joidenkin komponenttien osalta. Myös isoissa varastoissa tehtiin selkeä jako aktiivi- ja passiivivarastojen osalta siten, että kauimmaiseen isoon tavarahyllyyn varastoitiin omalle paikalle valmiit pesulaitteet ja loppuun tilaan sellaiset nimikkeet, jotka eivät ole välttämättä jokapäiväisessä käytössä, eli passiivivarastoon.

Työpisteisiin ja niiden sijoitteluun tehtiin suurimpia muutoksia uuden layoutin myötä. Varsinaista kokoonpanotyötä sisältävät työpisteet niputettiin yhdelle tilan suoralle osuudelle tiiviisti ja rakennettiin täysin uudet osakokoonpanotyöpisteet, joita ei aikaisemmassa layoutissa ollut lainkaan. Myös työpisteiden varustelussa, työkalujen ja laitteiden käyttöön liittyvissä toiminnoissa tehtiin parannuksia. Esimerkiksi karhennus työpisteelle tehtiin hylly kulmahiomakonetta varten (kuva 13).



KUVA 13. Karhennus työpiste (Kuva: Lasse Pokela 2015)

Aikaisemmat hyödyntämättömät kokoonpanopöydät otettiin uuteen käyttöön ja niihin perusteettiin erilliset prosessin ulkopuoliset työpisteet nimeltään sähköinen ja mekaaninen osakokoonpanopiste (kuva 14). Molempien työpöytien yläpuolelta löytyvät pientavaraa varten olevat laatikostot erilaisten sähkökomponenttien ja ruuvien säilytystä varten.



KUVA 14. Kuvassa vasemmalla mekaaninen osakokoonpano -työpiste ja oikealla sähköinen (Kuva: Lasse Pokela 2015)

Tämän lisäksi osakokoonpanopöytien pöytäosaan lisättiin pieni jatko-osa, jota voitiin hyödyntää valmiiden osakokoonpano-osien syöttämisessä pöydän toiselle puolelle kohti varsinaista uutta kokoonpanolinjaa. Uudessa mallissa siis varsinaiset kokoonpanon päätyövaiheet suoritettiin nyt suoralla tiiviillä linjamaisella osuudella (kuva 15).





KUVA 15. Uuden layoutin mukainen kokoonpanolinja (Kuva: Lasse Pokela 2015)

Kokoonpanon pakkaustyöpisteeseen tehtiin myös merkittäviä parannuksia tilan käytön ja siisteyden suhteen (kuva 16). Aikaisemmin pakkaustarvikkeet säilytettiin tavarahyllyn alla ja pakkaus suoritettiin käytävällä. Uudessa mallissa pakkaustarvikkeille hankittiin oma pientavarahylly ja pakkaamiselle varattiin oma tila layoutia suunniteltaessa.



KUVA 16. Kuvassa vasemmalla on aikaisemman mallin mukainen pakkaustarvikkeiden säilytys ja oikealla uuden mallin mukainen (Kuva: Lasse Pokela 2015)

## 10 UUSI LAYOUT JA PROSESSIKUVAUS

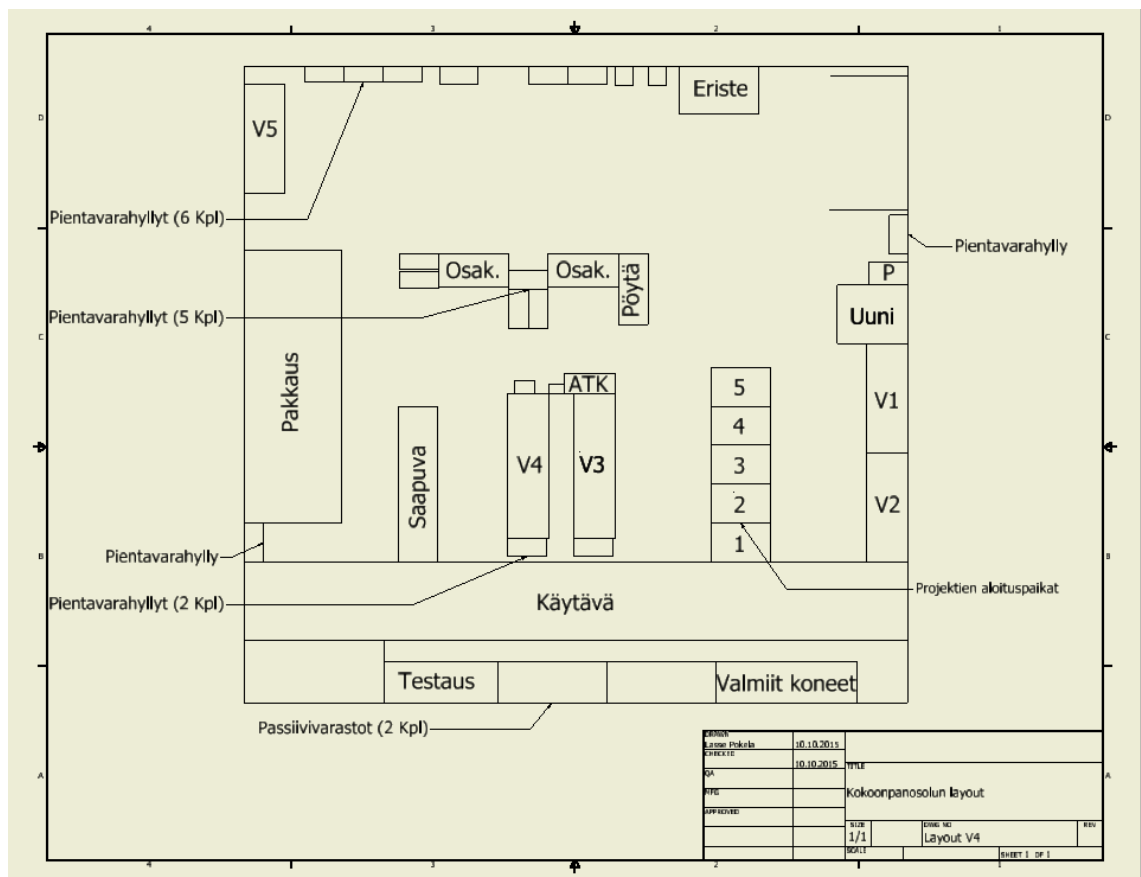
### 10.1 Uusi layout

Kokoonpanosoluun saatiin toteutettua uuden layoutin muutostyöt projektin aikana. Uudella mallilla onnistuttiin poistamaan monen tyyppistä hukkaa kokoonpanosta. Kokoonpanosta poistettuja Lean-toimintamallin mukaisia hukan muotoja olivat esimerkiksi turha liikkuminen työtilassa, ylituotanto, tarpeeton siirtely ja tarpeettomat varastot. Uuden layoutin suunnittelun lähtökohtina ja tavoitteina olivat juuri erilaisten hukan muotojen poistaminen kokoonpanosta, tiiviimmän, tehokkaamman ja siistimmän työympäristön luominen työpisteiden sekä varastojen osalta.

Uuden layout-pohjapiirroksen mallintamisessa käytin suunnitteluohjelmaa nimeltä Autodesk Professional Inventor 2015. Layoutista ei ollut tarvetta tai vaatimusta luoda 3D-mallia tilasta, joten riittävän tarkka muoto suunnittelun ja toteutuksen suorittamisessa oli 2D-malli kokoonpanosolusta. Layout-piirrokseen on mallinnettuna kaikki merkittävimmät ja suurimmat tavarat ja esineet kokoonpanosolussa (kuva 17). Piirrokseen ei ole mallinnettu kokoonpanossa käytettäviä liikkuvia työpöytä, eikä liikkuvia työkaluvaunuja. Tilan ulkomitat ovat 16,3 m x 17,0 m ja kaikki piirrokseen piirretyt esineet ovat mittakaavassa.

Kuvassa kirjain- ja numeroyhdistelmät V1–V5 kuvaavat tilassa olevia aktiivivarastoja, joita käytetään päivittäisessä käytössä olevien osien ja puolivalmisteiden varastointiin. Kirjain P:llä tarkoitetaan uunin vieressä olevaa pakastinta ja eriste-laatikolla laitteiden eristämiseen käytettävää eristepöytä. Valmiit koneet -laatikolla tarkoitetaan tavarahyllyä, johon varastoidaan valmiit pesulaitteet. Valmiiden koneiden vieressä vasemmalla puolella olevat kolme laatikkoa, testaus mukaan lukien ovat niin ikään korkeita tavarahyllyjä ja ne ovat niin sanottua kokoonpanon passiivivarastoa. Siellä säilytetään kaikkia sellaisia osia, jotka eivät ole jokapäiväisessä käytössä. Kaikki muut pienemmät laatikot, eristepöydän ja atk:n vasemmalla puolella olevia kahta laatikkoa lukuun ottamatta ovat pientavarahyllyjä tai kaappeja. Kyseiset pienet laatikot eristepöydän ja atk:n vieressä ovat roskalaatikoita. Atk-pisteen yläpuolelle kahden ison tavarahyllyn päätyä vasten on ripustettu kokoonpanon toimintaa ohjaava ilmoitustaulu, josta nähdään tilauskohtaisesti kokoonpantavat laitemallit, mahdolliset optiokomponentit/ lisävarusteet, aloitus- ja lähetyspäivämäärä ja projektin numero. Projektin numero on yhteydessä tilan lattiaan tehdyllä

uudella projektien aloituspaikkaruudukolla, johon kyseiset toiminnanohjaustaulun projektikohtaiset numerot viittaavat. Atk-pistettä vastapäätä ovat uudet osakokoonpanon työpisteet, joista vasemmanpuoleinen on sähköinen ja oikeanpuoleinen mekaaninen osakokoonpanopiste. Tilan vasemmalla puolella oleva pakkaus-laatikko ei ole konkreettisesti rajattualue, vaan laatikolla havainnollistetaan sille varattua työskentelyaluetta. Saapuvalaatikko on tilan lattiaan merkitty alue, johon tuotannosta saapuvat osat tuodaan. Kokoonpanon työntekijät siirtävät osat kyseiseltä alueelta oikeille paikoilleen. Testaus-laatikko on tavarahyllyn alla sijaitseva tila, jossa ulkopuolinen toimija suorittaa laitteiden testaamisen.



KUVA 17. Kokoonpanosolun uusi layout-piirros (Kuva: Lasse Pokela 2015)

## 10.2 Uusi prosessikuvaus

Kokoonpanon uudessa prosessissa muutoksia aikaisemman prosessin mukaisten työvaiheiden suoritusjärjestykseen ei tehty merkittäviä muutoksia, koska ne nähtiin toimiviksi. Prosessi muutettiin aikaisemmasta pidemmän kulkumatkan omaavasta u-mallisesta vir-

tauksesta suoraviivaisemmaksi. Uudessa prosessissa työ alkaa projektikohtaisista aloitusruudukoista, josta se kulkee varsinaiseen kokoonpanotyöhön uunin yläpuolella näkyvään kahden suoran viivan sisäpuolella suoritettavaan karhennustyöpisteelle, josta prosessi alkaa. Viivat kuvaavat karhennusta ympäröiviä suojasermejä. Tämän jälkeen pesulaitteelle suoritetaan aikaisemmin käsitellyt prosessin mukaiset kokoonpanovaiheet suoraviivaisesti osakokoonpanopöytien takana olevalla uudella kokoonpanolinjalla. Ainoastaan pakkaus- ja viimeistelytyövaiheet suoritetaan layout-piirroksessa rajatulla pakkausalueella (kuva 17).

Uudessa kokoonpanoprosessissa on yhdistettynä tehokas tilankäyttö, työkalujen, laitteiden ja osien käyttö. Tällä tavoitellaan nopeampaa pesulaitteiden läpimenoaikaa prosessissa ja sitä kautta tehokkaampaa ja tuottavampaa työtä.

## 11 JATKOTOIMENPITEET JA SEURANTA

Jatkotoimenpiteinä kokoonpanosolussa tulevaisuutta silmällä pitäen voisivat olla jatkuvan parantamisen ylläpitäminen yhdessä työntekijöiden ja toimihenkilöiden kesken. Projektin aikana ei keretty suorittaa mittausta uuden layoutin ja prosessin tuomista vaikutuksista kokoonpanosoluun, joten niiden suorittaminen tulevaisuudessa olisi myös järkevää. Tällöin saataisiin tarkemmat tulokset uuden toimintamallin toimivuudesta verrattuna vanhaan toimintamalliin.

Tiiviin yhteistyön voimin tulee kokoonpanon nykyistä suoritustasoa ylläpitää ja kehittää myös tulevaisuudessa. Uudessa toimintamallissa hyödynnettyjä työkaluja ja menetelmiä voisi myös soveltaa muun tuotannon kehittämiseksi yrityksessä. Se lisäisi Lean-toimintamallin tehokkuutta, säilyvyyttä ja tuottavuutta koko yrityksen jokapäiväisessä toiminnassa.

## 12 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli parantaa kokoonpanosolun tuottavuutta Lean-toimintamallin avulla. Parannuksia tehtiin useisiin eri kohteisiin kokoonpanosolussa ja suurimpaan osaan tavoitteista päästiin kehittämisprojektin aikana. Erityisesti kokoonpanosolun tilan suunnittelun kautta pystyttiin soveltamaan useita eri Lean-toimintamallin mukaisia työkaluja ja periaatteita tuottavuuden parantamiseksi.

Parannuksia saatiin esimerkiksi kokoonpanosolun tilan käytössä, työn liikkumisessa solun sisällä, siisteydessä ja järjestyksessä sekä erilaisten hukan muotojen poistamisessa solun sisällä. Kaikin puolin suurimpaan osaan asetetuista projektin tavoitteista päästiin projektin aikana, mutta joihinkin vastaukset ja ratkaisut löytyvät tulevaisuudessa.

Projektin tuloksena saavutettiin kokoonpanosoluun uusi layout ja prosessin ohjaus, joista useita aikaisemmin käsiteltyjä parannuksia voidaan pitää luotettavina aikaisempaan toimintamalliin verrattuna. Tulosten luotettavuudeksi tulisi jatkossa suorittaa mittaus uuden toimintamallin toimivuudesta, seurata uuden toimintamallin mukaista toimitusvarmuutta ja keskittyä seuraavaksi osien saapumisessa juuri oikeaan aikaan omasta tuotannosta kokoonpanoon. Juuri kyseinen osien puuttuminen kokoonpanosta aiheutti työn keskeytyksiä ja ylimääräisiä odotuksia, mikä ei lisää arvoa kokoonpantavalle työlle. Tässä työssä siihen ei keskitytty, koska työn laajuus olisi kasvanut liian suureksi.

Työtä voidaan pitää kaikin puolin onnistuneena kokoonpanosolun tuottavuuden parantamiseksi, minkä teki mahdolliseksi kaikkien projektissa mukana toimineiden henkilöiden vahva sitoutuminen projektin läpiviemiseksi. Työ tarjosi todella paljon uutta tietoa projektissa työskentelemisestä, useiden erilaisten liikkuvien osien hallitsemisesta, suunnittelemisesta, aikataulutamisesta ja Lean-toimintamallin tarjoamista periaatteista ja työkaluista sekä niiden hyödyntämisestä käytännössä.

## LÄHTEET

Elekmerk Oy. 2015. Yritys. Luettu 23.9.2015. <http://www.elekmerk.fi/fi/yritys/henkilo-kohtainen-kumppanisi>

Huhtala, P., Pulkkinen, A. (toim.). 2009. Tuotettavuuden kehittäminen. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy.

Kajaste, V., Liukko, T. 1994. Lean-toiminta. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

Kouri, I. 2009. Lean taskukirja. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy.

Leanproduction.com. 2013. SMED – Single-Minute Exchange of Dies. Luettu 7.10.2015. <http://www.leanproduction.com/smed.html>

Mankki, J. 1988. Verstaan tuotannonohjausjärjestelmän suunnittelu ja valinta. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

Miettinen, P. 1993. Tuotannonohjaus ja logistiikka. Helsinki: Painatuskeskus Oy.

Modig, N. & Åhlström, P. 2013. Tätä on Lean. 2. painos. Rheologica Publishing.

Quality Knowhow Karjalainen Oy. 2015. Jatkuva parantaminen. Luettu 6.10.2015. <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/koulutus/jatkuva-parannus/>

Summers, Donna C. S. 2011. Lean Six Sigma. Process Improvement Tools and Techniques. New Jersey: Pearson Education, Inc., Prentice Hall.

Tuominen, K. 2010. Lean käytännössä. Yritysesimerkkejä tehokkaista lean-periaatteista ja -käytännöistä. Helsinki: Readme.fi

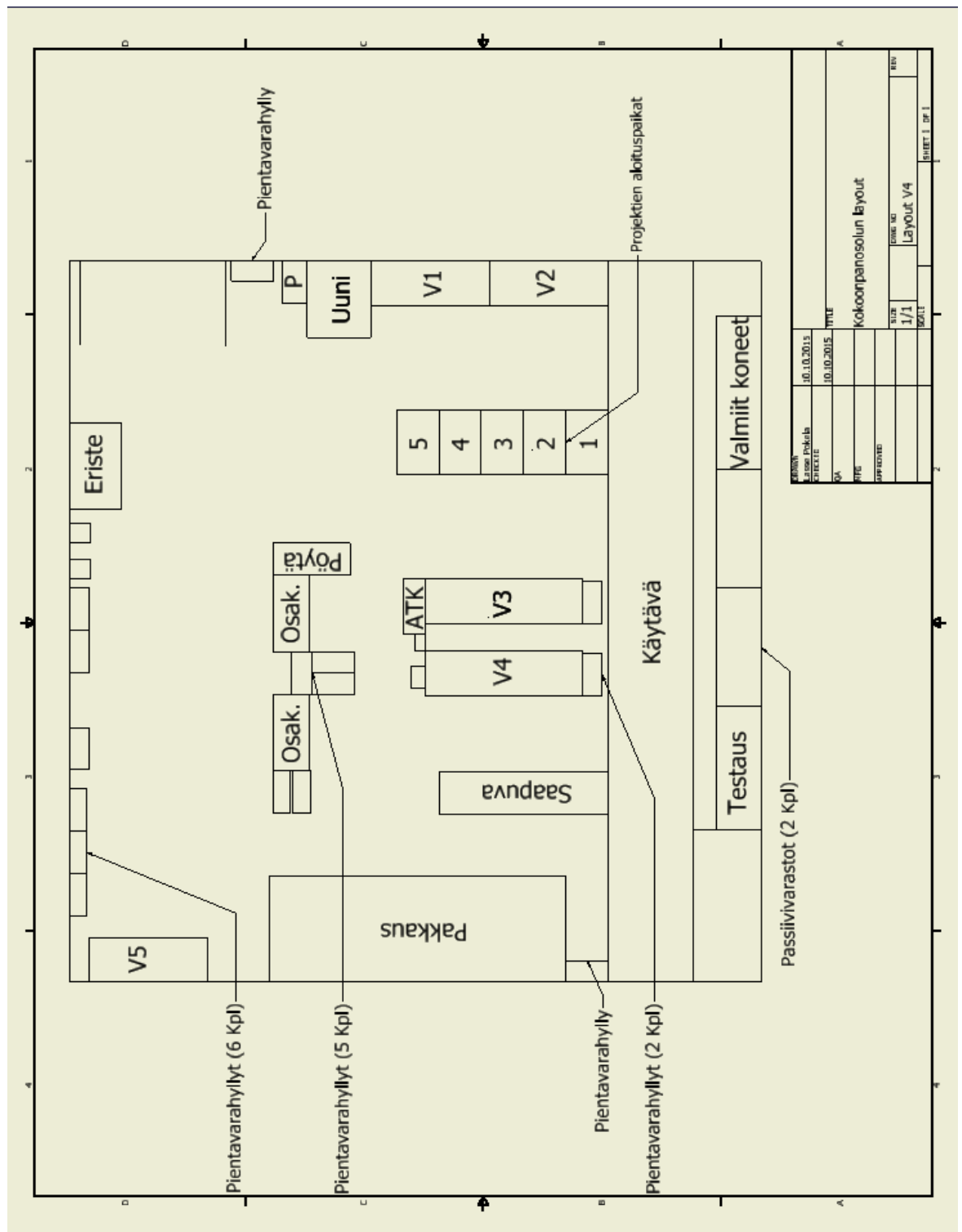


## LIITTEET

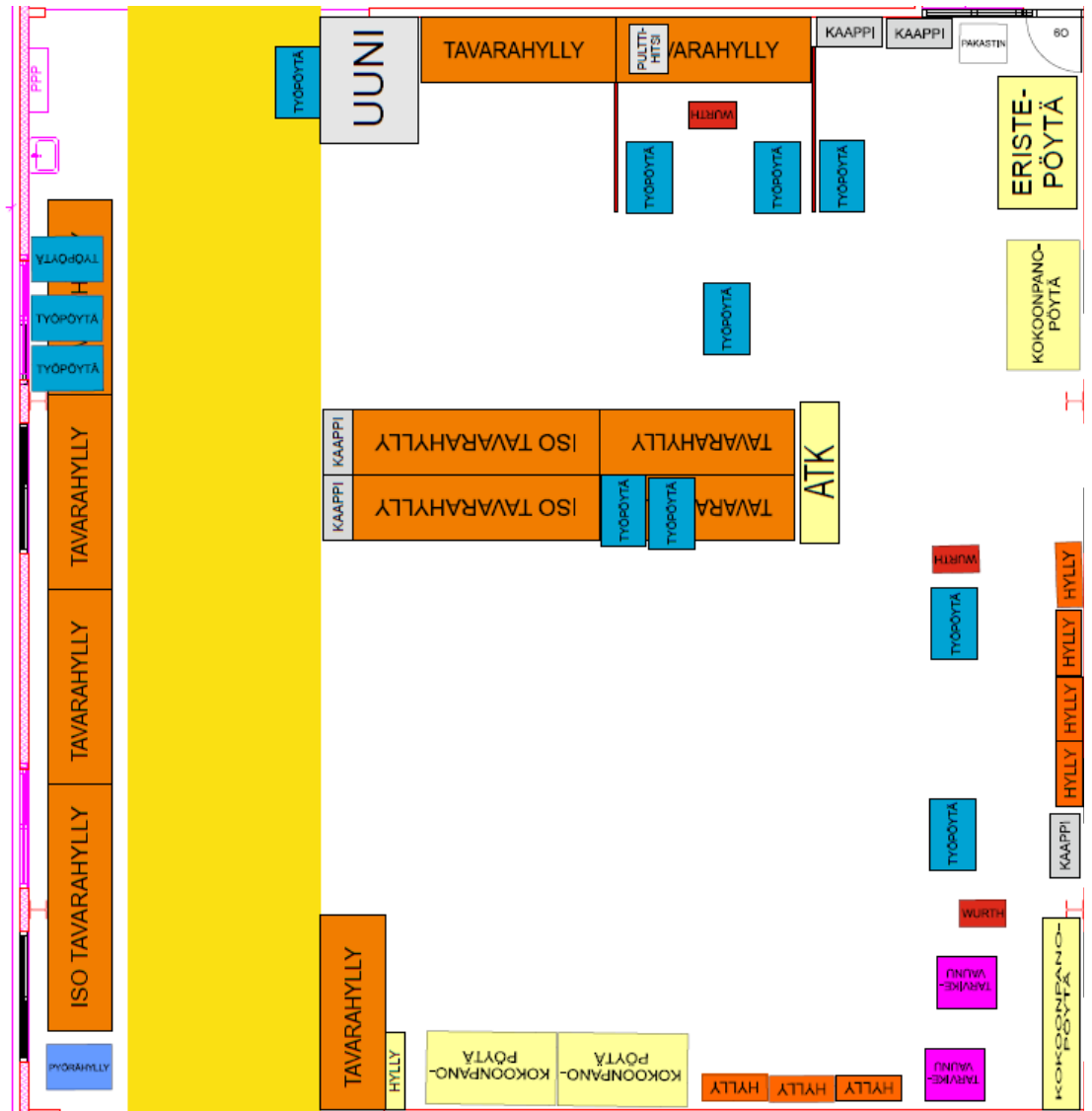
## Liite 1. Mittaustulokset

Otanta	Karhennus	Kivien Liimaus	Uunitus	Jäähdytys
1	7		120	Yön yli jäähty
2	8		120	0
3	3		120	0
4	2		120	0
5	8		120	0
6	7		120	0
7	6		120	0
8	15		120	0
9			120	0
10			120	0
Max (min)	15		120	0
Min (min)	2		120	0
Ka.	7		120	0
Otanta	Hitsauspulttien ampuminen	Kuoren varustelu	Eristeiden liimaus	Kivihoito
1	23	25	28	22
2	11	31	27	29
3	8	20	37	27
4	10	10	38	21
5	9	11	38	64
6	26	24	36	22
7	8	28	82	27
8	10	11	44	28
9	11		46	19
10			31	29
Max (min)	26	31	82	64
Min (min)	8	10	27	21
Ka.	13	20	41	29
Otanta	Altaan kuoritus	Vastusten johdotus	Pytyn kääntö	Pintaraja
1	40	16	0,3	18
2	15	65	0,3	5
3	16	93	0,2	7
4	6	35	0,2	13
5	5	6	0,3	12
6	7	10	0,3	12
7	5	16	0,4	
8				
9				
10				
Max (min)	40	93	0,4	18
Min (min)	5	6	0,2	5
Ka.	13	34	0,3	11
Otanta	Näppis	Raanat	Verkkokaapelin sähköistys	Asennuslevyn liittäminen
1	14	8	23	60
2	13	13	24	120
3	7	13	17	30
4	6	14	22	156
5	6	18	22	55
6	8	15	17	67
7	10	6	23	25
8	13		12	45
9	14			45
10	8			
Max (min)	14	18	24	156
Min (min)	6	6	12	25
Ka.	10	12	20	55
Otanta	Vasemman kylkipellin asennus	Optiokomponentit	Paperityöt	Testaus
1	4		10	90
2	6		10	180
3	7		2	
4	6		8	
5	6		3	
6	8		3	
7	12		6	
8				
9				
10				
Max (min)	12		10	180
Min (min)	4		2	90
Ka.	7		6	135
Otanta	Viimeistely	Teippaus/ tyypikilpi	Lisävarusteet	Pakkaus
1	14	15	90	16
2	30	6		14
3	14	4		15
4	5	5		15
5	2	7		20
6	3	7		18
7		5		18
8				16
9				24
10				
Max (min)	30	15	90	24
Min (min)	2	4	90	14
Ka.	11	14	90	17

Liite 2. Kokoonpanosolun uusi layout-piirros.



Liite 3. Kokoonpanosolun vanha layout-piirros.



Liite 4. Alkuperäinen prosessin kuvaus, mikä on poistettu luottamuksellisista syistä työn julkisesta versiosta.