



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# KOKOONPANOSOLUN TUOTTAVUUS-, ER- GONOMIA- JA LAYOUT-PARANNUKSET

Markus Salmi

Opinnäytetyö  
Maaliskuu 2018  
Konetekniikka  
Tuotantotekniikka



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Konetekniikka  
Tuotantotekniikka

SALMI, MARKUS:

Kokoonpanosolun tuottavuus-, ergonomia- ja layout-parannukset

Opinnäytetyö 43 sivua, joista liitteitä 8 sivua  
Maaliskuu 2018

---

Tässä opinnäytetyössä käsitellään kokoonpanosolun tuottavuuden parantamista ja layout-muutoksia Lean-toimintamallia hyväksikäyttäen. Opinnäytetyö on tehty Urjalassa toimivalle Parker Hannifin Manufacturing Finland Oy:lle. Tavoitteena oli parantaa solun tuottavuutta, ergonomiaa ja selkeyttää solua layout-muutoksien avulla. Muutoksia haettiin arvovirtakuvausten avulla sekä hukan poistamisella nykyisestä solusta.

Opinnäytetyön teoriaosiossa käsitellään kokoonpanon historiaa ja kehittämismahdollisuuksia. Tämän jälkeen käsitellään Lean-toimintamallia ja sen työkaluja, joita hyödynnetään myös työn suorittamisessa. Teoriaosuuden tarkoituksena on antaa lukijalle käsitys kokoonpanosta ja Lean-toimintamallin käytöstä.

Työosuudessa kartoitetaan aluksi solun nykytilanne haastattelujen ja arvovirtakuvausten avulla. Alussa esitellään myös solun nykyinen toiminta. Arvovirtakuvausten ja hukkien poistamisen avulla tehdään tarvittavat kehitystoimenpiteet solun layoutiin ja verrataan saatuja tuloksia alkuperäiseen malliin.

Työn tuloksena saavutettiin noin 33 prosentin parannus solun läpimenoaikaan ja layout-vaihtoehtoista valittiin paras kattavan vertailun avulla. Parhaasta layoutista tehtiin myös simulointi, jonka avulla tehtiin muutamia muutoksia ja layout todettiin toimivaksi. Jatkokehityskohteina voidaan pitää solun tarpeellisten varastopaikkojen kartoittamista ja layoutin toteuttamista.

---

Asiasanat: layout-muutos, Lean-toimintamalli, tuottavuus

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree programme in Mechanical Engineering  
Production Engineering

**SALMI, MARKUS:**

Improving an Assembly Line with Layout Changes

Bachelor's thesis 43 pages, appendices 8 pages

March 2018

---

This thesis is about improving productivity and layout of an assembly cell with Lean methods and tools. The thesis was made for Parker Hannifin Manufacturing Finland Oy. The goals of this thesis were to improve the productivity and the material flow of the cell and make it more ergonomic for the workers. To accomplish these goals, the layout of the cell needed some changes. More efficient use of the space was required, and there was a need to chart any losses in the assembly process.

The theory part of the thesis is about the basics of the assembly and lean manufacturing. Lean methods and tools that are presented were used in the development of the cell. The aim of the theory is to help the reader to understand the assembly process and learn about Lean manufacturing.

The development of the cell started with understanding the condition of the cell at the moment. This was accomplished by making a value stream map and interviewing the workers. The improvements were made after discovering the losses and the improvement objects. In the end there were seven layout alternatives and the best of them were picked for the simulation of the new cell.

The new value stream map showed an improvement of over 33 percent in the lead time and the best layout got much more points in the comparison than the old layout. The simulation also showed that the new layout was functional.

---

Key words: layout, Lean, value stream map

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	PARKER HANNIFIN MANUFACTURING FINLAND OY .....	8
	2.1 Historia.....	8
	2.2 Tuotteet .....	8
3	KOKOONPANON TEORIA .....	10
	3.1 Kokoonpano.....	10
	3.2 Kokoonpanojärjestelmät .....	10
	3.3 Kokoonpanolinjamallit .....	11
	3.4 Kokoonpanon kehittäminen .....	12
	3.4.1 Materiaalihuolto sekä varastointi .....	13
4	LAYOUT.....	14
	4.1 Layouttyypit.....	14
	4.2 Layout suunnittelu .....	16
5	LEAN .....	18
	5.1 Lean-ajattelu .....	18
	5.2 Hukka.....	18
	5.3 Hukan poistaminen .....	19
	5.3.1 5S .....	19
	5.3.2 Kaizen .....	19
	5.3.3 Kanban-ohjaus.....	20
	5.3.4 Arvovirtakuvaus .....	20
6	NYKYTILANNE SOLUSSA .....	23
	6.1 Kokoonpanosolun kuvaus .....	23
	6.2 Prosessin kuvaus .....	24
7	LAYOUTSUUNNITTELU .....	25
	7.1 Layoutin tavoitteet ja rajoitteet .....	25
	7.2 Layoutsuunnittelu .....	25
	7.3 Layout-piirrokset ja vertailu .....	26
8	SIMULOINTI.....	31
9	MUITA KEHITYSEHDOTUKSIA .....	33
	9.1 Tuotannon seuranta.....	33
	9.2 Piirustukset.....	33
10	POHDINTA.....	34
	10.1 Työn onnistuminen .....	34
	10.2 Jatkotoimenpiteet .....	34
	LÄHTEET.....	35

LIITTEET .....	36
Liite 1. Tuotteen piirustukset.....	36
Liite 2. Layout 1 .....	37
Liite 3. Layout 2 .....	38
Liite 4. Layout 3 .....	39
Liite 5. Layout 4 .....	40
Liite 6. Layout 5 .....	41
Liite 7. Layout 6 .....	42
Liite 8. Layout 7 .....	43

**ERITYISSANASTO**

Layout	Layout on pohjapiirros, josta selviää tilan tärkeimmät osat, kuten varastot, tasot sekä kulkureitit.
C/T	Työntekemiseen menevä aika.
L/T	Reagointiaika kussakin prosessivaiheessa.
C/A	Työn laadukkuus
Arvovirtakuvaus	Kuvaa prosessin vaiheita käyttäen kerättyä dataa. Tunnetaan yleisemmin nimellä value stream mapping (VSM).

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on system assembly 2 kokoonpanosolun tuottavuus, ergonomia ja layout parannukset. Opinnäyte tehtiin yritykselle Parker Hannifin Manufacturing Finland Oy, Urjala. Yritys valmistaa pääosin suodattimia ja suodatinyksiköitä. Yritys valmistaa kyseisessä solussa OTU-yksiköitä (oil treatment unit). Tuotteiden ollessa uusia, huomattiin solussa olevan parantamisen varaa tuottavuudessa, tilan käytössä ja ergonomiassa.

Työn tavoitteena on parantaa solun ergonomiata ja tuottavuutta layout muutoksilla. Lisäksi työssä käsitellään vahvasti Lean-toimintamallia ja käytetään hyödyksi sen työkaluja. Työn muina aiheina on kokoonpanon teoria ja layout-suunnittelu. Työn laajuutta rajattiin uuden layoutin valitsemisen jälkeiseen simulaatioon asti.

## **2 PARKER HANNIFIN MANUFACTURING FINLAND OY**

Parker Hannifin Oy on osa yhdysvaltalaisesta Parker Hannifin Corporationista. Parkerilla on toimintaa 49 maassa. Tilikaudella 2016 Parkerin vuosimyynni oli noin 11 miljoonaa dollaria, joka tekee Parkerista maailman johtavan liikkeenhallintateknologioiden ja -järjestelmien valmistajan. (Parker 2018)

Parkerilla on useita toimipisteitä Suomessa, jotka sijaitsevat Vantaalla, Tampereella, Urjalassa, Forssassa ja Ylöjärvellä. Vantaan yksikkö toimii pääkonttorina ja muut yksiköt ovat tuottavia laitoksia. (Parker 2018)

### **2.1 Historia**

Arthur L. Parker perusti yrityksen vuonna 1917, mutta suomeen yritys rantautui vasta vuonna 1971, jolloin Oy Stig Eklund Ab alkoi maahantuoda Parkerin tuotteita. Vuonna 1975 Parker osti kyseisen yrityksen ja nimeksi tuli Oy Parker Hannifin. Vuonna 1994 Parker osti Urjalassa sijaitsevan Finn-Filter yrityksen. (Parker 2018)

Suomen ensimmäinen Parker Store avattiin vuonna 1999. Tamperelainen hydrauliiikan venttiililohkotekniikkaa valmistava Lokomec siirtyi Parkerille vuonna 2004, sen ostaessa amerikkalaisen Denison Hydraulicsin, joka oli vuonna 1998 ostanut Lokomecin. Vuonna 2008 Parker osti Vansco Electronics'n ja myös sen Forssan yksikön, joka on erikoistunut elektroniikan ohjauksjärjestelmiin. Parker Hannifin osti vuonna 2012 Olaerin, joka valmistaa jäädyttimiä ja paineakkuja. Sen Helsingissä sijaitseva myyntiyhtiö fuusioitiin Parker Hannifin Oy:ön vuonna 2013. (Parker 2018)

### **2.2 Tuotteet**

Parker on hydrauliiikka-, pneumatiikka- ja automaatiotekniikan tuotteiden ja järjestelmien valmistaja. Parker tarjoaa ratkaisuja liikenteen, teollisuuden ja ilmailun tarpeisiin. Parkerin tuotevalikoima perustuu yhdeksään hydrauliiikka-, pneumatiikka- ja automaatiotekno-



logian alaan: ilmailu, ilmastointi, sähkömekaniikka, suodatustekniikka, nesteiden ja kaasujen käsittely, hydraulikka, pneumatiikka, prosessinhallinta, tiivisteet ja suojaus. Urjalan toimipisteellä keskitytään erityisesti suodatinteollisuuteen ja niiden valmistamiseen.

(Parker 2018)

### **3 KOKOONPANON TEORIA**

#### **3.1 Kokoonpano**

Kokoonpano on prosessi, jossa liitetään yhteen useita eri osia, komponentteja sekä tarvikkeita valmiin tuotteen aikaansaamiseksi. Kokoonpano eroaa asennuksesta siinä, että asennus suoritetaan asiakkaan luona ja kokoonpano omalla tehtaalla. Osa tuotteista voidaan esimerkiksi koota omalla tehtaalla, jonka jälkeen se toimitetaan asiakkaalle asennusta varten. Kokoonpano on perinteisesti käsityötä, jota se on suurimmaksi osaksi edelleenkin. Modernisointia on tapahtunut lähinnä käytettävien laitteiden osalta. (Lapinleimu ym. 1997, 111)

Kokoonpantavat tuotteet voivat olla kooltaan pieniä, esimerkiksi kelloja tai kameroita. Kooltaan suuria tuotteita voivat olla esimerkiksi teräsrakenteet tai suuret koneet. Kokoonpanoa tapahtuu monilla eri aloilla, esimerkiksi metalli-, sähkö-, elektroniikka- sekä huonekaluteollisuudessa. (Lapinleimu ym. 1997, 111)

Kokoonpano ideaalitulanteessa on pelkkää arvoa lisäävää toimintaa. Käytännössä tähän on lähes mahdotonta yltää. Suuri osa kokoonpanon työvaiheista aiheuttaa aikaviiveitä sekä kustannuksia, mutta ovat välttämättömiä työlle. Tällaisia vaiheita ovat esimerkiksi varastointi, kuljetukset, tarkastaminen sekä käsittely. Tuotteen arvoa lisääviä työvaiheita on käytännössä vain yksi, liittäminen. (Lapinleimu ym. 1997, 111)

#### **3.2 Kokoonpanojärjestelmät**

Kokoonpano on yleensä paikkakokoonpanoa tai linjakokoonpanoa. Suuret valmistusmäärät voivat vaatia myös kokoonpanotehdasta. Koska kokoonpano koostuu lähinnä osien liittamisestä toisiinsa, on suunnittelussa tärkeää ottaa huomioon, missä liitettäviä osia varastoidaan. (Lapinleimu ym. 1997, 112)

Kokoonpanopaikka soveltuu hyvin pienille tuotantoerille tai yksittäistuotantoon. Siinä kokoonpano tapahtuu yleensä pienessä tilassa tai solussa, jossa työskentelee yksi henkilö tai pieni työryhmä. Kokoonpano voi tapahtua yksi tuote kerrallaan tai se voi olla jaettu

useampaan vaiheeseen esimerkiksi ammattialoittain. Näitä vaiheita voi olla mekaaninen kokoonpano, sähkötyöt sekä hydraulinen kokoonpano. (Lapinleimu ym. 1997, 112)

Kokoonpanolinjalla työ on jaettu useaan eri vaiheeseen ja tuote liikkuu jokaisen työvaiheen läpi. Tällainen työskentely soveltuu joukkotuotantoon tai suurien erien valmistukseen. (Lapinleimu ym. 1997, 112)

Kokoonpanotehdas koostuu kokoonpanopaikoista ja -linjoista. Tehdas soveltuu suurille tuotantomäärille ja tuotteille. Kokoonpanoon liittyy yleensä myös muita työvaiheita, kuten sähkötyöt, pintakäsittelyt ja pakkaus. (Lapinleimu ym. 1997, 112)

### 3.3 Kokoonpanolinjamallit

Kokoonpanolinjaa suunniteltaessa on erittäin tärkeää tietää mitä linjalla tullaan valmistamaan, jotta voidaan määrittää linjalla tarvittavat työkalut, työntekijät ja muut resurssit. Kokoonpanolinjamallit jaetaan tyypillisesti kolmeen osioon siinä valmistettavien tuotteiden perusteella. Malleja ovat yksilötuotelinja, tuoteperhelinja sekä usean tuotteen linja. (Rekiek 2006, 19)

Yksilötuotelinjaa käytetään yhden tietyn tuotteen valmistamiseen. Tällaista linjaa kannattaa käyttää seuraavien ehtojen täyttyessä:

- Tuotteiden kysyntä on tasaista.
- Tuote täytyy toimittaa lyhyessä ajassa.
- Tuotteen rakenne eroaa muista tuotteista.
- Tuotteen kokoonpano vaatii raskaita ja suuria laitteita.

(Rekiek 2006, 19)

Tuoteperhelinjalla valmistetaan tuotteita, joiden toiminta ja rakenne ovat lähes samanlaisia. Hyvä esimerkki tällaisista tuotteista ovat autot, joihin tulee eri varustelut, mutta runko on sama. Tällaista linjaa käytetään seuraavissa tapauksissa:

- Jokainen tuote on lähes samanlainen.
- Tuotteisiin käytetään samoja komponentteja ja osia.

- Tuotetta ei tarvitse toimittaa lyhyellä aikataululla.
- Yhden tuotteen valmistaminen ei ole kannattavaa.

(Rekiek 2006, 19)

Usean tuotteen linjalla valmistetaan tuotteita, jotka eroavat toisistaan. Tämänlaisen linjan ongelmia ovat aikatauluttaminen sekä suuret varastot. Usean tuotteen linjaa käytetään tilanteissa, joissa tuotteen kysyntä on pieni sekä se pitää toimittaa asiakkaalle nopeasti. Monesti tällaiset tuotteet valmistetaan jo olemassa olevilla linjoilla. (Rekiek 2006, 20)

Tässä opinnäytetyössä suunniteltava kokoonpanosolu on malliltaan tuotepohjainen. Valmistettavat tuotteet ovat samaan tarkoitukseen käytettäviä tuotteita, pienillä eroilla.

### 3.4 Kokoonpanon kehittäminen

Kokoonpanoa tehostettaessa on otettava huomioon kaikki kokoonpanoon vaikuttavat tekijät. Valmistettavan tuotteen rakenne on käytännössä ensimmäinen tarkastelun kohta. Tuotteen suunnittelussa tulee ottaa huomioon sen kokoonpantavuus. Tavoitteena on mahdollisimman nopea ja edullinen tapa koota tuote. (Lapinleimu ym. 1997, 121)

Automatisointi on lisääntymässä kovaa vauhtia teollisuuden alalla. Tämä tulee ottaa huomioon myös tuotteen suunnittelussa, jotta aikanaan manuaalinen kokoonpano on helpompi automatisoida.

Suunnittelussa tulee ottaa huomioon tuotteen kokoonpanosuunta. Suuntia ollessa vain yksi, on tuote nopeampi ja yksinkertaisempi kokoonpanna. Kokoonpanoa nopeuttaa myös osien määrän minimointi – mitä vähemmän osia, sitä nopeampaa on kokoaminen. Samojen osien käyttäminen ja tarvittavien työkalujen vähäisyys ovat myös eduksi. Yleinen perusperiaate on yksinkertaista ja vähennä. (Lapinleimu ym. 1997, 115)

Kokoonpanoon liittyy aina kokoonpanopiirustukset ja osaluettelot. Piirustuksista selviää, mikä on kokoonpanon lopputulos ja miten kokoonpano suoritetaan. Osaluettelosta ilmenee kokoonpanossa käytettävät osat sekä komponentit. Piirustusten ja osaluetteloiden on oltava mahdollisimman selkeät, jotta kokoonpano on sujuvaa. (Lapinleimu ym. 1997, 122)

Varsinainen kokoonpanon kehittäminen voidaan jakaa kahteen osaan, tarpeellisen työn kehittämiseen ja turhan työn poistamiseen. Tarpeellista työtä on työlle tarpeelliset toiminnot, jotka ovat järkevästi sekä parhaalla tavalla tehtyjä. Turhaa työtä on kaikki se, joka ei lisää tuotteen arvoa tai on täysin tarpeetonta. (Lapinleimu ym. 1997, 123)

Työtä voidaan kehittää lyhentämällä etäisyyksiä sekä eliminoimalla turhia liikutteluja sekä siirtymiä. Kaikki tarpeelliset liikeradat tulisi olla mahdollisimman suoria. Muita perusohjeita ovat muun muassa tarttumisen helpottaminen sekä molempien käsien hyödyntäminen. (Lapinleimu ym. 1997, 123)

### **3.4.1 Materiaalihuolto sekä varastointi**

Materiaalihuollolla tarkoitetaan osien ja komponenttien toimittamista kokoonpanopaikalle. Materiaalihuollon voi suorittaa joko kokoonpanon ulkopuolinen työntekijä tai kokoonpanija itse. Materiaalin tulee saapua kokoonpanopaikalle oikeaan aikaan kokoonpanon sujuvuuden varmistamiseksi. (Lapinleimu ym. 1997, 124)

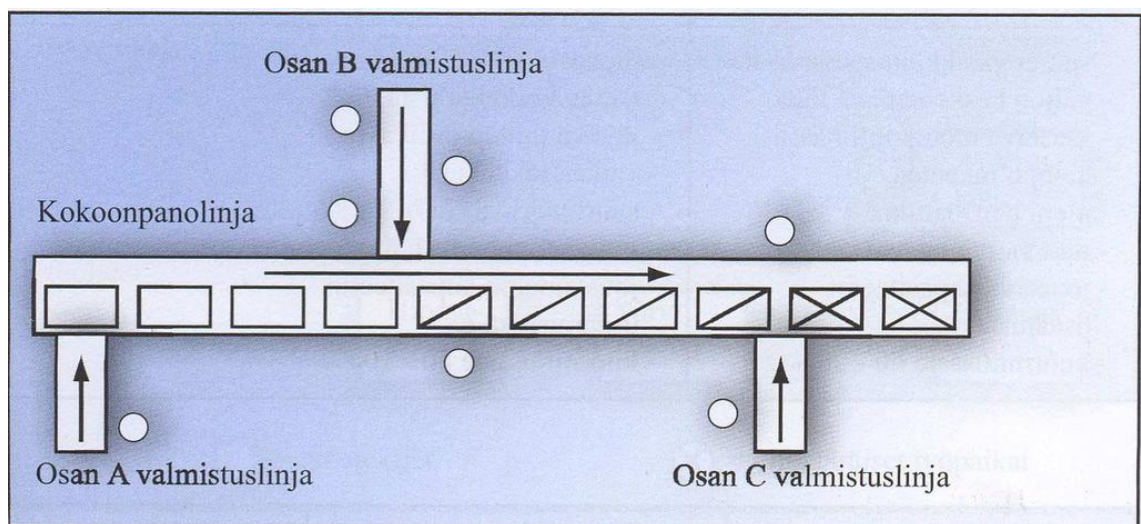
Kokoonpanopaikalla on usein oma varasto, jossa tarvittavia osia ja komponentteja säilytetään. Varastomäärät ovat usein pieniä, sillä suuret varastot vaativat paljon tilaa. Varastopaikat tulee sijoittaa mahdollisimman lähelle kokoonpanopaikkaa, jotta turhilta siirtymiltä vältytään. Varastojen tulee olla selkeitä, jotta osien ja komponenttien löytäminen on vaivatonta. (Lapinleimu ym. 1997, 124)

## 4 LAYOUT

Layoutilla tarkoitetaan tehtaan tuotantojärjestelmien tai -solujen fyysisten osien asettelua. Layoutpiirrokseen kuuluu esimerkiksi laitteiden, varastojen, työkalujen ja kulkuväylien paikat. Laitteiden ja työnkulun perusteella voidaan layoutit jakaa kolmeen eri tyyppiin: solulayoutiin, funktionaaliseen layoutiin ja tuotantolinjamalliseen layoutiin. (Haverila ym. 2005, 475)

### 4.1 Layouttyypit

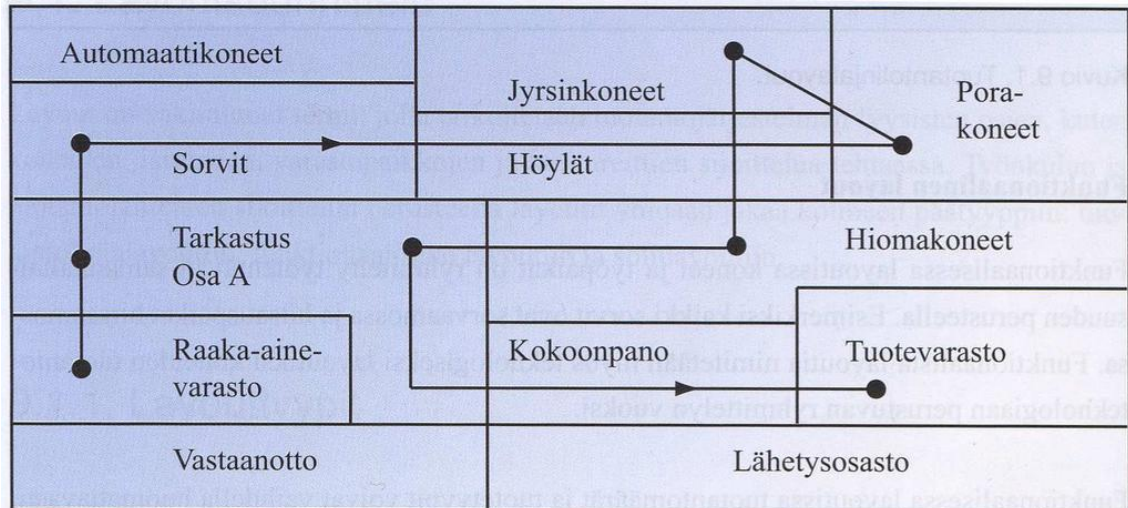
Tuotantolinjassa laitteet ja koneet ovat järjestelty valmistettavan tuotteen työnkulun mukaisesti (kuva 1). Tuotantolinjoilla tyypillisesti valmistetaan vain tietyn tyyppisiä tuotteita. Tuotantolinjalle on keskeistä suuri volyymi ja korkea kuormitusaste. Näin tuotteiden valmistuskustannukset ovat alhaiset, vaikka tuotantolinja on kallis rakentaa. Tuotantolinjan heikkoutena on alhainen häiriöiden sietokyky. Pienikin häiriö voi aiheuttaa pitkän katkon linjalla. (Haverila ym. 2005, 475)



KUVA 1. Tuotantolinjalayout (Haverila ym. 2005, 476)

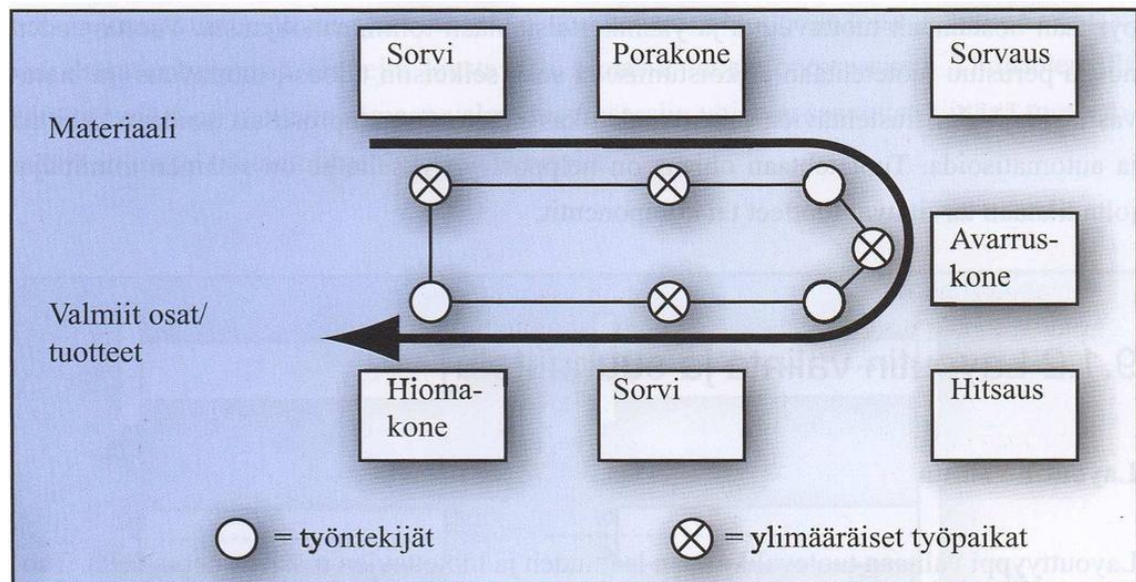
Funktionaalisen layoutin tarkoituksena on koneiden ja työpaikkojen sijoittelu niiden työtehtävän samankaltaisuuden mukaan. Esimerkiksi hitsauspaikat ovat omassa tilassaan ja sorvit ovat sorvaamossa (kuva 2). Funktionaalisen layoutin etuina on tuotantomäärien ja

tuotetyyppien vaihtelevuuden mahdollisuus. Käytettävät koneet ovat tyypillisesti yleiskoneita, joilla voidaan valmistaa hyvinkin erilaisia tuotteita. Kuljetuskustannukset kasvavat tuotteissa, joissa on useampi eri työvaihe, johtuen koneiden sijoittelusta. Funktionaalisen layoutin toteutus on tyypillisesti halpa ratkaisu tuotantolinjaan nähden. (Haverila ym. 2005, 477)



KUVA 2. Funktionaalinen layout (Haverila ym. 2005, 477)

Solulayout on itsenäinen, eri koneista ja laitteista muodostuva kokonaisuus, joka on erikoistunut tiettyihin työvaiheisiin ja tiettyjen osien valmistamiseen (kuva 3). Solulayoutia voidaan pitää funktionaalisen layoutin ja tuotantolinjan välimuotona. Solujen läpäisyajat ovat lyhyet verrattessa funktionaaliseen layoutiin ja materiaalivirta on selkeää. Solussa pystytään valmistamaan joustavasti tuotteita, riippuen solun suunnittelusta. Tuotteita valmistetaan tyypillisesti pieninä sarjoina tai yksittäiskappaleina. Solussa työskentelevä ryhmä tai yksilö on yleensä vastuussa tehtäviensä suunnittelusta itsenäisesti. Työntekijät voivat myös itse päättää keskinäisen työnjaon ja työtehtävien kierrättämisen. (Haverila ym. 2005, 478)



KUVA 3. Solulayout (Haverila ym. 2005, 478)

Layoutin valintaa tehtäessä on huomioon otettava tuotevalikoiman laajuus ja valmistusmäärät. Tuotantolinjaa käytetään tuottaessa samantyyppisiä tuotteita suuria määriä. Tuotetyyppien määrän ollessa suuri on funktionaalinen layout hyvä valinta. Solulayoutia sovelletaan valmistettaessa toistuvasti eri tuotteita, mutta sen verran vähän, että tuotantolinjan muodostaminen ei ole järkevää. (Haverila ym. 2005, 479)

## 4.2 Layout suunnittelu

Solun layoutia uudelleen suunniteltaessa tulee määrittää parannuskohdat sekä tunnistaa hyvän layoutin määritelmät. Hyvän layoutin tunnusmerkkejä ovat:

- Turvallinen.
- Organisoitu niin, että materiaalivirta on mahdollisimman tehokas.
- Läpäisyajan minimointi.
- Turhan liikkeen minimointi.
- Auttaa tuottamaan hyvää laatua.
- Hyödyntää tilan tehokkaasti.

(Logistiikan maailma, layout-suunnittelu, 2017)



Hyvän layoutin tunnusmerkkinä voidaan pitää myös muunneltavuutta. Monesti yrityksissä voi tulla yllättäviä tilauksia tai muutoksia, jolloin layoutin on hyvä olla joustava tuotteiden tai tilausmäärien muuttuessa.

## 5 LEAN

### 5.1 Lean-ajattelu

Lean-toimintatapa on Toyotan autotehtaalta peräisin oleva filosofia, joka ei ole sidonnainen yrityksen alaan tai kokoon. Leania voidaan pitää yrityksen toimintastrategiana tavoitteen saavuttamiseksi. Tavoitteena on korostaa hyvää virtaustehokkuutta resurssitehokkuuden sijaan. (Väljä, koulutus, 2017)

### 5.2 Hukka

Lean-valmistus on konsepti, jossa kaikki tuotantotyöntekijät työskentelevät yhdessä hukan poistamiseksi. Hukkaa on yritetty poistaa insinöörien ja suunnittelijoiden toimesta jo pitkään, mutta kunnolla koulutetut ja motivoituneet työntekijät ovat loistava keino hukan löytämiseksi ja eliminoimiseksi. (Stephen & Meyers, 2010, 4)

Hukalla tarkoitetaan kaikkea arvoa tuottamatonta toimintaa ja ne voidaan jakaa seitsemään eri hukkaan:

1. **Odotus** voi tarkoittaa esimerkiksi ihmisten, informaation tai osien odottamista.
2. **Kuljetukset** tarkoittavat materiaalien tai informaation siirtämistä paikasta toiseen.
3. **Tarpeeton liike** on liikettä, joka ei tuota asiakkaalle tuotettavaa arvoa.
4. **Ylimääräiset varastot** voivat olla käytännössä mitä vain, esimerkiksi materiaaleja, toimittajia ja tiedostoja.
5. **Ylituotannolla** tarkoitetaan tuotteiden tai palveluiden tekemistä ennen kuin asiakas tarvitsee niitä. Tehdään siis enemmän kuin tarvitaan.
6. **Virheet** ovat kaikkia uudelleen tehtäviä toimintoja.
7. **Yliprosessointi** tarkoittaa toimenpiteitä, jotka eivät luo arvoa asiakkaalle. (Väljä, koulutus, 2017)

Hukista puhuttaessa esille nousee usein myös kahdeksas hukka, työntekijöiden luovuuden ja osaamisen hyödyntäminen. Tämä hukka liittyy vahvasti kaizen-ajatteluun.

### 5.3 Hukan poistaminen

Hukan poistamiseen on olemassa monia työkaluja ja periaatteita. Tällaisia työkaluja ovat esimerkiksi 5S, kaizen, kanban-ohjaus ja arvovirtakuvauksen tekeminen. Hukkien poistamisella on mahdollisuus parantaa tuottavuutta, turvallisuutta ja työskentelyn sujuvuutta.

#### 5.3.1 5S

5S on metodi, jota käytetään organisointiin, siisteyteen ja tuottavan ympäristön ylläpitoon. Metodin viisi s-kirjainta tarkoittavat:

- Sortteeraus: poista työskentely alueelta kaikki ylimääräiset tavarat.
- Systematisointi: organisoivat työalue niin, että kaikille tavaroille on oma paikkansa ja ne ovat helposti löydettävissä.
- Siivous: työalueen päivittäinen siivous.
- Standardisointi: parhaiden työtapojen seuraaminen.
- Seuranta: kehityksen ylläpitäminen ja sen seuranta.  
(Ortiz 2008, 72.)

#### 5.3.2 Kaizen

Kaizen tulee japanin kielestä ja tarkoittaa jatkuvaa kehitystä. Kaizen liittyy vahvasti ihmisiin, jotka ovat kytköksissä kehitysprosessissa. Yrityksen jokaista työntekijää on rohkaistava uusien ideoiden ja mahdollisuuksien etsimiseen ja hukan poistamiseen. Yksi kaizenin vaatimuksista on kehitystoimenpiteiden välitön käyttöönotto sen sijaan että odoteltaisiin täydellistä suunnitelmaa. Kaizen keskittyy pieniin muutoksiin yrityksen toiminnassa, josta sitä on myös kritisoitu, sillä nämä pienet muutokset voivat joskus johtaa myös uusiin ongelmiin. (Stephens & Meyers 2010, 5)

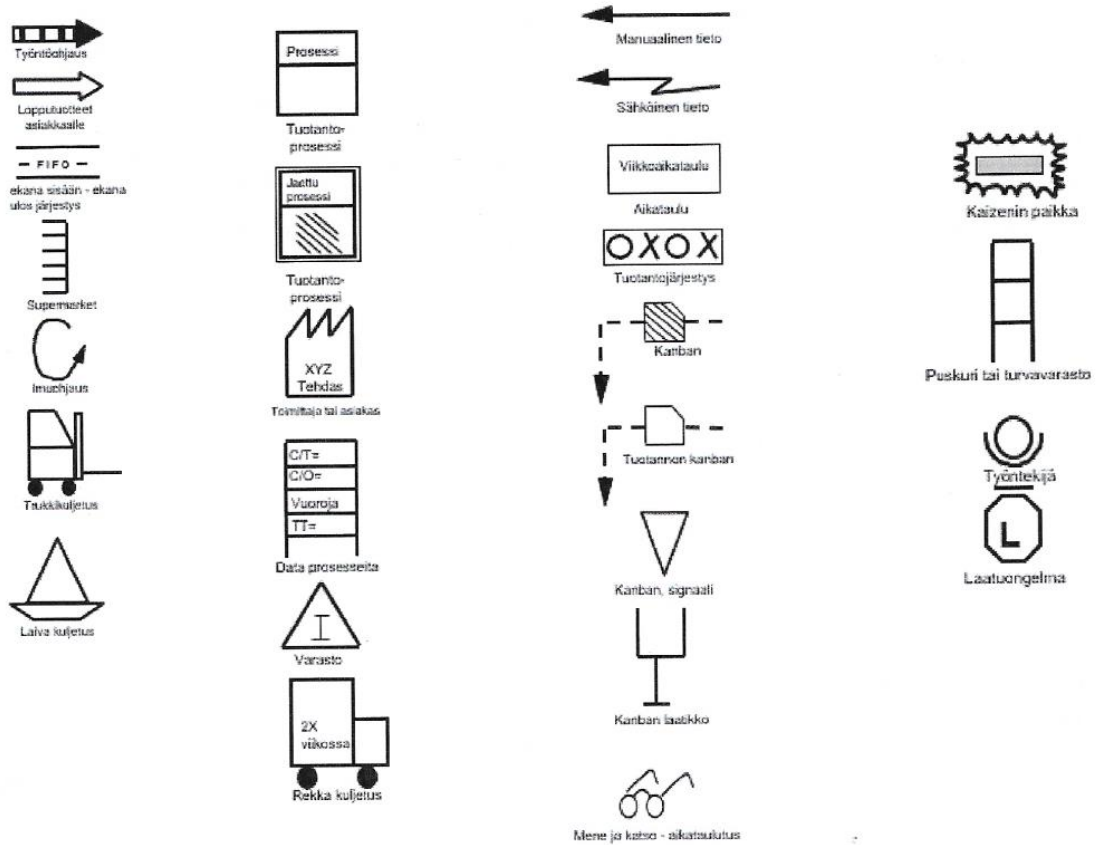
### 5.3.3 Kanban-ohjaus

Kanban-ohjaus on yksi imuohjaustekniikoista, joka perustuu kanbaneihin eli eräänlaisiin merkinantokortteihin. Kanban korttiin on merkitty tuotteen tiedot, määrä ja mistä kyseinen tuote löytyy. Kanbaneja voidaan hyödyntää esimerkiksi kaksilaatikko-järjestelmässä, jossa varastopaikalla on kaksi laatikkoa. Toisen laatikon tullessa tyhjäksi, otetaan täysi laatikko käyttöön ja tyhjän laatikon kanban-kortti viedään linja-avustukselle, joka käy kortin perusteella täyttämässä tyhjentyneen laatikon. Kanban-kortin avulla on myös itse mahdollista hakea isommasta varastosta täydennystä. (Väljä, koulutus, 2017)

### 5.3.4 Arvovirtakuvaus

Virtauksella tarkoitetaan tuotteen liikettä solussa. Virtauksen tulisi olla mahdollisimman sujuvaa ja keskeytyksetöntä. Lean-toimintamallissa suositaan yleisesti yhden kappaleen virtausta. Tämä on toimintatapa, jossa siirretään tuote seuraavaan vaiheeseen yksi kerrallaan. Näin saadaan vaiheiden välisiä varastoja pienemmäksi ja keskeneräisten töiden määrä vähenee. (Väljä, koulutus, 2017)

Arvovirtakuvaus kuvaa prosessin vaiheita kerätyn datan perusteella. Arvovirtakuvaukseen merkitään prosessin kaikki vaiheet, niiden kesto, laadukkuus sekä vaiheeseen liittyvien henkilöiden määrä. Kuvaukseen voidaan merkitä käytetyt tietokannat, työjonot, varastot ja keinot millä informaatio liikkuu. Muita kuvaukseen merkittäviä symboleja näkyy kuvassa 4. Työssä tehdyt arvovirtakuvaukset löytyvät kuvioista 1 ja 2. (Väljä, koulutus, 2017)



KUVA 4 Arvovirtakuvaus symbolit. (Väljä, koulutus, 2017)

Arvovirtakuvaus tehdään yleensä nykytilanteesta sekä tavoitteellisesta tulevaisuuden tilanteesta. Arvovirtakuvauksen avulla voidaan laskea prosessin läpimenoaikoja ja havaita kehityskohteita. Tulevaisuuden tilanteen tavoitteena on vähentää hukkaa ja vaihtelevuutta ja prosessiin haetaan optimaalista virtausta. Tulevaisuuden arvovirtakuvauksessa tavoitellaan 30 – 50 prosentin läpimenoajan lyhentämistä. (Väljä, koulutus, 2017)

Tulevaisuuden tilanteeseen on olemassa niin sanottu 9+1 sääntöä, jotka tulisi käsitellä arvovirtakuvauksessa:

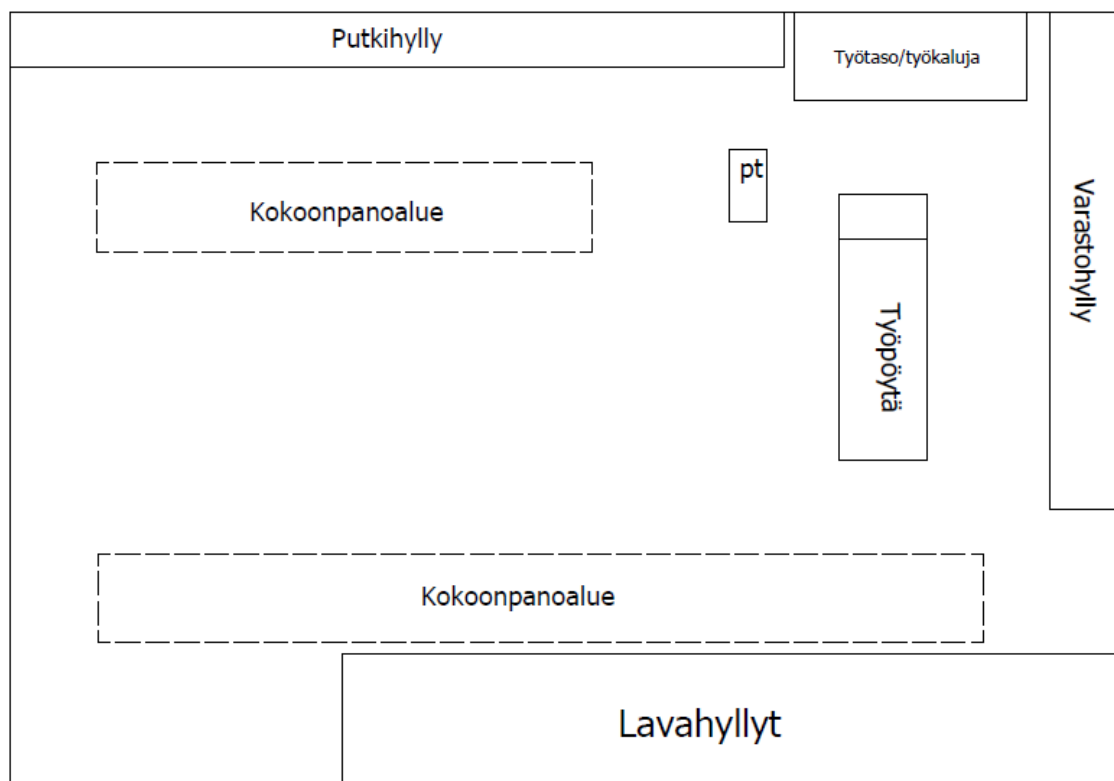
1. Tahtiaika, jolla tarkoitetaan tehokkaan toiminta-ajan ja kysynnän suhdetta.
2. Jatkuva virtaus tarkoittaa, että materiaali tai informaatio virtaa yhden kappaleen erissä.
3. FIFO (first in first out), jolla haetaan periaatetta, että ensimmäisenä tullut työ käsitellään myös ensimmäisenä.
4. Töiden tahdistamisella määritellään prosessiin käytettävä aika päivässä.
5. Tietojen yhdistämispiste, jolla tarkoitetaan useamman tiedon tai tehtävän tuleamista samaan pisteeseen ja lähtöä siitä samaan aikaan.

6. Töiden standardointi.
7. Ohjauspiste, jossa priorisoidaan ja järjestetään töitä.
8. Työmäärä määritellään yleensä tietylle ajanjaksolle, jotta työn edistymistä voidaan seurata.
9. Kysynnän muutokset, eli mitä tehdään, jos kysyntä ylittää suorituskyvyn
10. Viimeisenä sisäänrakennettu laatu, jolla tarkoitetaan laajaa laadun ja riskien hallintaa. (Väljä, koulutus, 2017)

## 6 NYKYTILANNE SOLUSSA

### 6.1 Kokoonpanosolun kuvaus

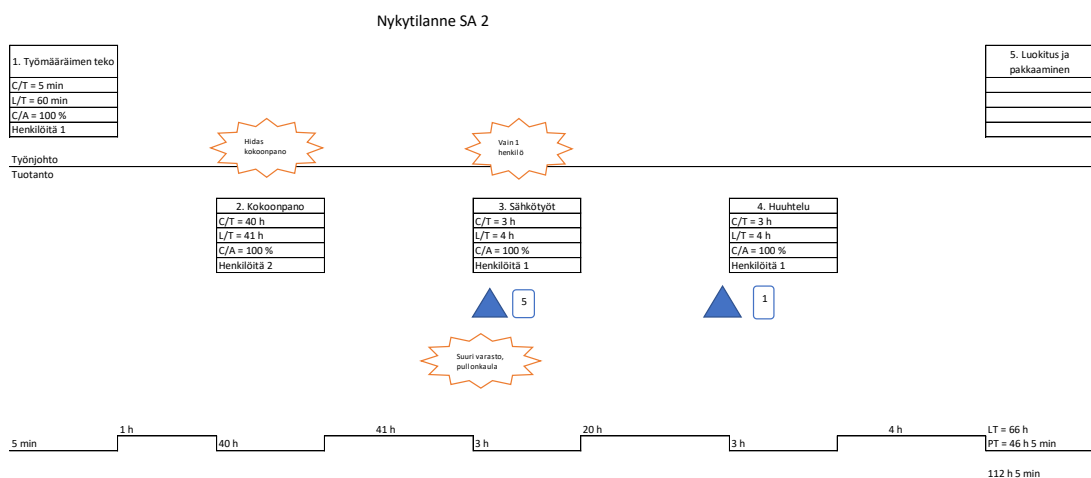
Kokoonpanosolussa valmistetaan pääosin OTU-yksiköitä (oil treatment unit), joista kuvaus löytyy liitteestä yksi. Solun layout-piirroksesta (kuva 5) saa kuvan sen toiminnasta. Solun alareunassa on kaksikerroksinen lavahylly, jossa säilytetään isoimpia osia sekä joi-tain pienempiä osia kuten venttiilejä. Oikeassa reunassa on hyllykkö, jossa on suurin osa tuotteisiin menevistä pienemmistä osista. Yläreunassa seinän vieressä on kuusi metriä pitkä putkihylly sekä putkiprässi että -taivutin. Solun oikeassa reunassa hyllykön edessä on myös iso työpöytä sekä työkaluhylly. Itse kokoonpano tapahtuu tällä hetkellä kuvassa näkyvillä alueilla lattiatasolla.



KUVA 5. Solun nykyinen layout

## 6.2 Prosessin kuvaus

Kokoonpano tapahtuu tällä hetkellä jokaisen tuotteen osalta samanaikaisesti, eli esimerkiksi valmistettavia tuotteita ollessa kuusi, tehdään ne kaikki samaan aikaan valmiiksi. Prosessista tehty arvovirtakuvaus näkyy kuviossa 1. Kuten kuvioista näkyy, alkaa prosessi tilauksesta ja työmääräimen teosta. Itse kokoonpano alkaa osien keräämisellä. Kuuden tuotteen kokoonpano kestää tällä hetkellä noin viisi työpäivää, eli 40 tuntia. Kokoonpanon ollessa valmis, tehdään tuotteille sähkötyöt, jonka jälkeen valmiit tuotteet viedään huuhteluun. Huuhtelulla varmistetaan tuotteiden laatu sekä toimivuus.



KUVIO 1. Arvovirtakuvaus nykytilanteesta

Prosessin suurimpia kehityskohteita ovat pullonkaulat, jotka johtuvat tuotteiden samanaikaisesta valmistuksesta. Muita kehityskohteita ovat ergonomia ja hukkien poistaminen. Ongelmakohtana on myös se, että sähkötyötä tekee vain yksi henkilö, jolla voi olla muitakin töitä samaan aikaan.



## 7 LAYOUTSUUNNITTELU

### 7.1 Layoutin tavoitteet ja rajoitteet

Layoutin tavoitteena oli tuottavuuden tehostaminen, solun selkeyttäminen ja ergonomian parantaminen. Kuvassa 6 näkyy solun nykyinen tilanne. Kuvassa näkyy myös työn alla olevia OTU-yksiköitä. Solun rajoitteena on sille määrätty alue, noin 9 kertaa 11 metriä oleva tila. Alueen takana on seinä ja etupuolella kulkee iso käytävä. Muita rajoitteita oli vasemmalta puolelta tuleva, hieman solun puolenvälin yli ulottuva nosturi, jota on pysyttävä käyttämään kokoonpanon aikana.



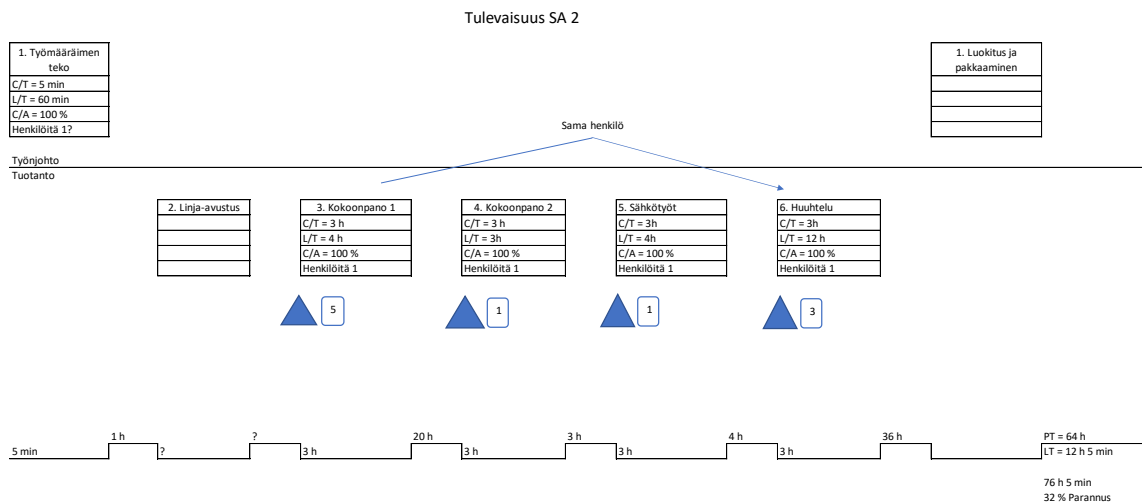
KUVA 6. Nykytilanne solussa

### 7.2 Layoutsuunnittelu

Layoutin suunnittelun tukena on käytetty Lean-menetelmiä ja -työkaluja. Syksyn aikana osallistuin yrityksen järjestämälle Lean-kurssille, jossa opeteltiin Leanin perusteet ja monia siihen liittyviä menetelmiä sekä työkaluja. Layoutsuunnittelu aloitettiin nykytilanteen kartoittamisella sekä kehityskohteiden määrittämisellä. Nykytilanteesta tehtiin arvovirtakuvaus, josta näkyy prosessiin liittyvät kehityskohteet. Suunnittelun aikana haastateltiin myös solussa toimivia työntekijöitä ja heidän mielipiteensä ja kehitysehdotuksensa otettiin huomioon työn toteutuksessa.

Nykyhetken kartoittamisen ja kehityskohteiden havaitsemisen jälkeen tehtiin arvovirtakuvaus tulevaisuudesta (kuvio 2). Tuotteen valmistus alkaa edelleen työmääräimen teosta, josta määrään siirtyy linja-avustukselle, joka käy keräämässä tuotteisiin menevät isossa varastossa säilytettävät osat soluun. Kokoonpano on jaettu kahteen osaan. Kokoonpano alkaa siis kiinnittämällä noin puolet tuotteeseen menevistä osista, jonka jälkeen tuote siirretään toiselle kokoonpanopisteelle, jossa kiinnitetään loput osat.

Kokoonpanemisen jälkeen tuote siirretään sähkötyöpisteelle, jossa sähkömies tekee tuotteeseen tarvittavat sähkötyöt. Tämän jälkeen on tuote valmis huuhteltavaksi. Huuhtelussa varmistetaan jokaisen liitoksen ja putkistojen pitävyys. Huuhtelun jälkeen on tuote valmis luokitusta ja pakkaamista varten.



KUVIO 2. Arvovirtakuvaus tulevaisuudesta.

Arvovirtakuvauksen oikeaan alareunaan on laskettu prosessiin kuluva aika, jossa saavutettiin 32 prosentin parannus nykyhetkeen verrattuna.

### 7.3 Layout-piirrokset ja vertailu

Suunnittelun aikana layout-piirroksia tehtiin useita ja jokaisen piirroksen kohdalla mietittiin sen hyviä ja huonoja puolia. Pohdintaan otettiin mukaan solussa työskenteleviä henkilöitä ja toimihenkilöitä. Lopulta arvovirtakuvausten ja monien piirrosten jälkeen al-

koi solun kokonaisuus hahmottua. Layout-piirroksista päätettiin tehdä vertailu ja sitä varten piirrosten määrä rajattiin seitsemään. Vertailussa mukana olleet layoutit löytyvät liitteistä 2-8. Vertailua varten tehtiin jokaisesta layout-vaihtoehdosta myös spagetti-diagrammi, jossa näkyy työntekijän arvioitu liike solussa. Tämän avulla saatiin käsitys, mikälaista liikettä solussa tapahtuu.

Taulukossa yksi näkyy layout-vaihtoehtojen välinen vertailu. Vertailussa on asteikkona 1-10, ja nykytilanne on jokaisessa kohdassa arvoltaan viisi. Vertailun kohteena ovat turvallisuus, liikkeen minimointi, joustavuus, ergonomia, virtaus, tilan käyttö, varastointi ja logistiikka. Jokaiselle näistä on asetettu oma painoarvonsa, riippuen sen tärkeydestä, esimerkiksi turvallisuus on painoarvoltaan 10, eli todella tärkeä asia.

TAULUKKO 1. Layout-vaihtoehtojen vertailu

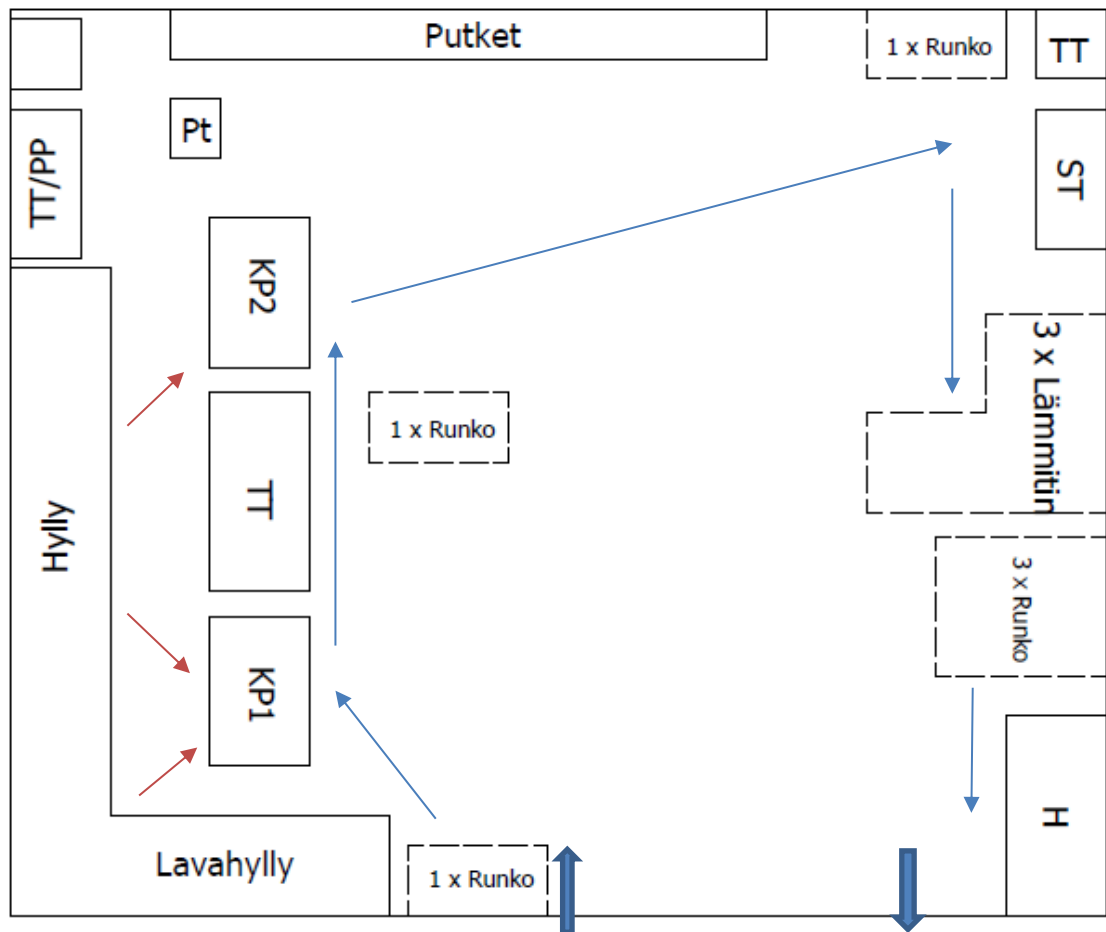
SA2			Current	1	2	3	4	5	6	7
Criteria		Weight:								
1	Turvallisuus	10	5	5	6	5	5	6	6	6
2	Minimoitu liike	5	5	7	6	6	8	8	7	7
3	Joustavuus	9	5	2	4	4	3	4	5	4
4	Ergonomia	10	5	3	3	3	4	6	6	4
5	Virtaus	6	5	7	7	6	7	7	7	7
6	Tilan käyttö	5	5	4	5	5	4	6	6	5
7	Varastointi	7	5	5	5	5	5	5	5	5
8	Logistiikka	5	5	4	5	4	3	7	7	7

Taulukossa kaksi on näkyvissä vertailun tulokset. Solun nykyinen layout sai pisteitä 285 ja uusista layout-vaihtoehdoista neljä sai sitä huonommat pisteet ja kolme paremmat. Vertailun voittajaksi osoittautui layout-vaihtoehto kuusi, joka on merkitty keltaisella värillä. Vaihtoehto kuusi sai jokaisessa kohdassa paremmat tai yhtä hyvät pisteet kuin nykyinen layout.

TAULUKKO 2. Vertailun tulokset

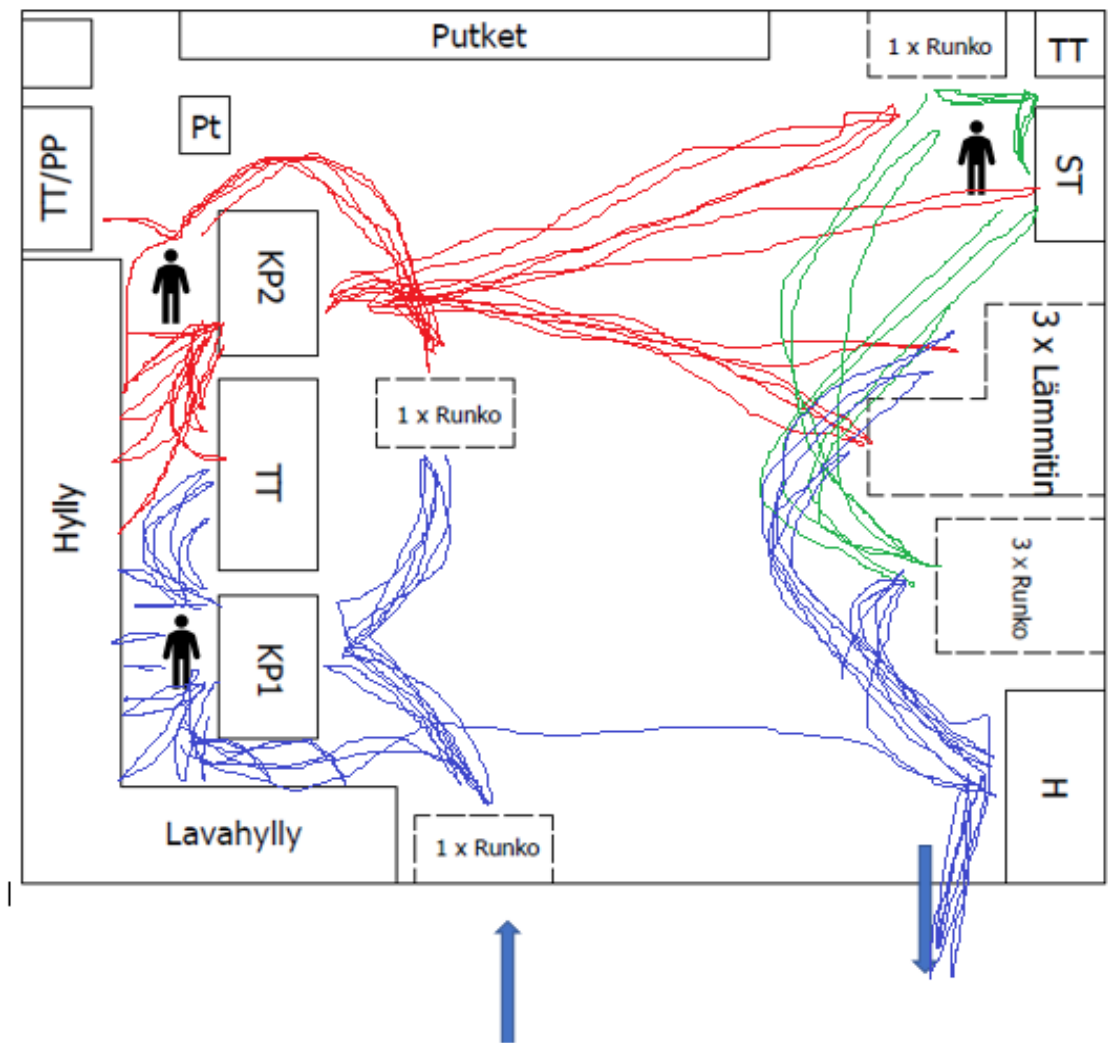
0	1	2	3	4	5	6	7
50	50	60	50	50	60	60	60
25	35	30	30	40	40	35	35
45	18	36	36	27	36	45	36
50	30	30	30	40	60	60	40
30	42	42	36	42	42	42	42
25	20	25	25	20	30	30	25
35	35	35	35	35	35	35	35
25	20	25	20	15	35	35	35
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
<b>285</b>	<b>250</b>	<b>283</b>	<b>262</b>	<b>269</b>	<b>338</b>	<b>342</b>	<b>308</b>

Vertailussa parhaaksi osoittautunut layout näkyy kuvassa 7. Piirrokseseen on laitettu paksut siniset nuolet havainnollistamaan tuotteiden sisään- ja ulostuloa. Ohuilla sinisillä viivoilla tarkoitetaan tuotteen kiertoa solun sisällä ja ruskeat nuolet viittaavat, mistä kokoonpanija hakee tavarat. Solu koostuu kahdesta kokoonpanopaikasta, sähkötyöpisteestä ja huuhtelupaikasta. Layout on kokoonpanolle tyypillisesti U-mallinen. Kokoonpanopisteiden taakse on sijoitettu varastointitilaa ja putkihylly löytyy solun takaseinältä.



KUVA 7. Voittajalayout

Kuvassa 8 on piirrettyä voittajalayoutin spagettidiagrammi, johon on merkittyä solussa työskentelevät henkilöt ja heidän arvioitu liikkeensä solun sisällä. Kokoonpanopisteellä 1 työskentelevän henkilön liikkeet on merkitty sinisellä, pisteellä 2 työskentelevän henkilön punaisella ja sähkömiehen liike vihreällä. Huuhtelukoneikkaa tulisi käyttämään sama henkilö joka toimii kokoonpanopisteellä 1, jolloin myös hänen liikkeensä on merkitty sinisellä.



KUVA 8. Spagettidiagrammi

Spagettidiagrammista huomataan, että solun sisällä liikettä tulee paljon, mutta matkat pysyvät pieninä, jolloin turha liike saadaan minimoitua. Liikeradat eivät myöskään risteä, joten solussa liikkuminen on sujuvaa.

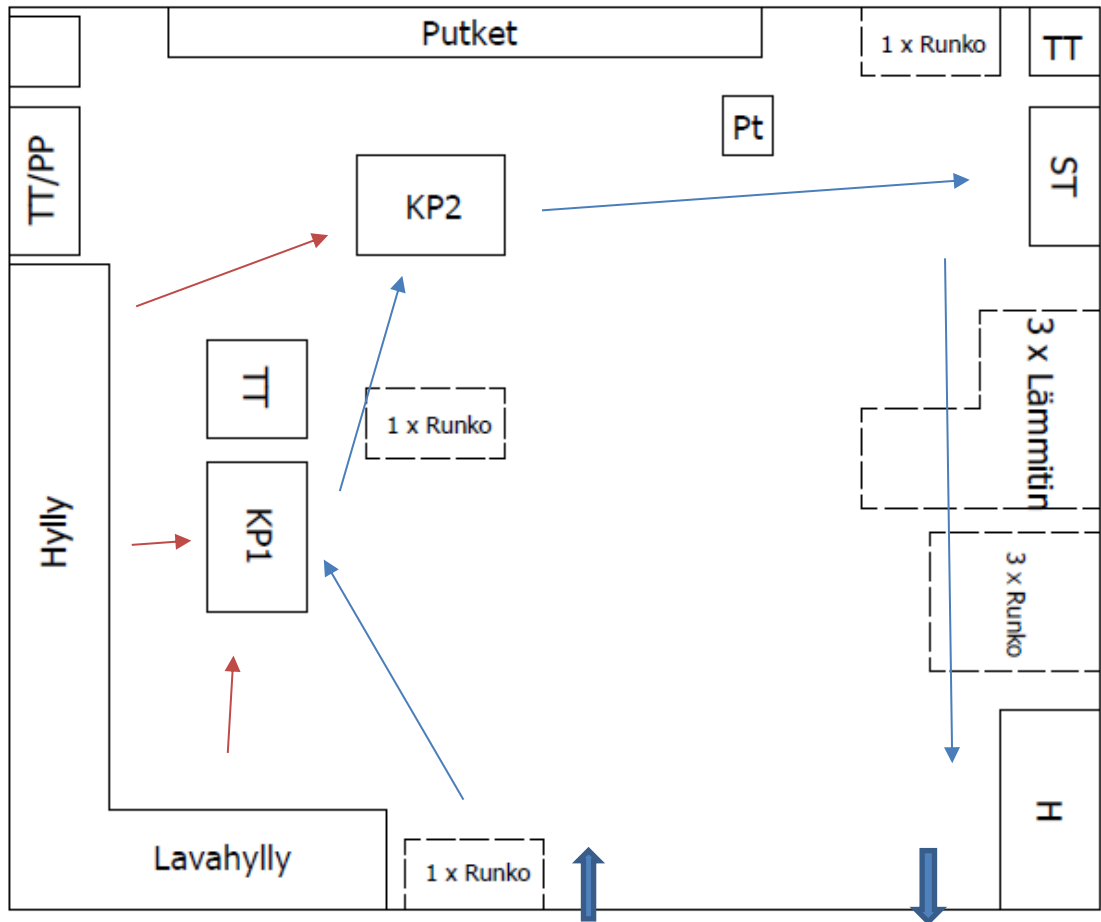
## 8 SIMULOINTI

Layout-vaihtoehtoista vertailun perusteella parhaasta päätettiin tehdä täysikokoinen simulointi tehtaan lattialle (kuva 9). Simuloinnissa käytettiin hyväksi tyhjiä lavoja, turvaitoja sekä pöytiä. Simuloinnin avulla solusta saatiin hyvä kuva ja layout vaikutti toimivalta. Simulointiin otettiin mukaan solussa käytettävä lavansiirtovaunu, jolla kokeiltiin sen käytettävyyttä ja toimivuutta uudessa solussa. Simulointi ennen käytännön muutoksia soluun on erittäin tärkeä. Sen avulla on mahdollista huomata layoutissa olevia mahdollisia puutteita ja tehdä niiden mukaisia muutoksia.



KUVA 9. Simulointi

Layout vaikutti kokonaisuudessaan toimivalta ja lupaavalta. Soluun kuitenkin tehtiin muutama muutos, joilla haettiin hieman enemmän tilaa käsitellä lavahyllyjä ja selkeytettiin hieman solun virtausta. Layoutiin tehdyt muutokset näkyvät kuvassa 10. Muutoksena vaihdettiin kokoonpanopisteen kaksi paikkaa ja putkentaivutin siirrettiin putkihyllyn toiseen päähän.



KUVA 10. Simuloinnissa tehdyt muutokset



## 9 MUTA KEHITYSEHDOTUKSIA

### 9.1 Tuotannon seuranta

Tuotantotyön kehityksessä ja tuotannon arvioinnissa on yksi tärkeimpiä ominaisuuksia tuotannon seuraaminen. Tuotannon seurannan avulla, voidaan määrittää tuotannon tehokkuus ja ennustaa tuotteiden valmistumisaika. Opinnäytteen kohteena olevassa solussa ei tällä hetkellä ole kunnollista tuotannon seuranta. Kuviossa 3 näkyy suunniteltu seuraustaulu, joka tullaan sijoittamaan soluun keskeiselle paikalle.

	1	2	3	4	5	6
KP 1	X	X	X	X		
KP 2	X	X	X			
S	X	X				
H						

KUVIO 3. Tuotannonseuranta

Seurantataulun periaatteena on, että taulusta löytyy solun jokainen tuotantopiste ja valmistettavien tuotteiden määrä. Työntekijän on tarkoitus merkata tauluun rasti, aina kun hän saa yhden tuotteen pisteellään valmiiksi, kuten kuviossa 3 näkyy. Näin työnjohdon on helppo nähdä missä vaiheessa tuotanto menee.

### 9.2 Piirustukset

Tuotteiden kokoonpanossa ovat piirustukset tärkeässä osassa, jotta kokoonpano suoritetaan oikealla tavalla. Tällä hetkellä piirustukset ovat paperilla ja niitä joudutaan tutkimaan suurennuslasin kanssa, jotta saadaan selvää pienimmistäkin merkkauksista. Tämä tapa on aikaa kuluttavaa ja virheiden tapahtuminen on mahdollista.

Kehitysehdotuksena on piirustusten digitalisoiminen. Soluun olisi mahdollista sijoittaa näyttö tai näyttöjä, jolta piirustuksia voisi selata ja lähentää. Tämä tekisi solusta modernimman ja helpottaisi piirustusten lukemista. Tuotteiden monipuolistuessa ja lisääntyessä olisi uusien piirustusten lataaminen myös helpompaa tietokoneelle.

## 10 POHDINTA

### 10.1 Työn onnistuminen

Työn tavoitteena oli parantaa nykyisen solun tuottavuutta, ergonomiaa ja tehdä layout-muutoksia solun selkeyttämiseksi. Layout-muutokset ovat tyypillisesti kompromisseja ja täydellisen layoutin aikaansaaminen on lähes mahdotonta. Aina löytyy jotain parannettavaa ja kehitys jatkuu koko ajan. Työn tulokseen olen tyytyväinen, layout osoittautui vertailussa alkuperäistä layoutia paljon paremmaksi ja simulaatio osoitti myös solun toimivuuden. Solusta tuli myös paljon selkeämpi ja ergonomiaa saadaan parannettua nousevien työpöytien avulla.

Työn onnistumiseen vaikutti moni asia, yksi niistä oli yrityksen järjestämä lean-koulutus, jonka aikana sain kattavan pohjan lean-toimintamallista ja sen hyödyntämisestä opinnäytetyössäni. Opinnäytetyön onnistumiseen vaikutti myös yritykseltä saamani tuki ja tietotaito, erityisesti opinnäytetyöni ohjaajan Mikko Järvisen opastus ja neuvot olivat erittäin tärkeitä. Kokonaisuudessaan työn tekeminen oli todella opettavainen kokemus ja varmasti opin asioita, joita voin hyödyntää tulevaisuudessakin.

### 10.2 Jatkotoimenpiteet

Jatkotoimenpiteenä solussa on vanhan solun siivous ja tarvittavien varastopaikkojen määrittäminen. Solussa säilytetään tällä hetkellä paljon osia, joita ei ole käytetty pitkään aikaan tuotteiden kokoonpanossa. Tarvittavat varastopaikat tulee määrittää ja päättää mitä osia säilytetään solussa ja mitä osia isommassa varastossa.

Seuraavana vaiheena olisi solussa tehtävät käytännönmuutokset, kuten layoutin muutos ja määritettyjen kehityskohteiden käytäntöön tuominen. Solun tuotantoa on myös seurattava, jotta saadaan selville, kuinka paljon solun tuottavuus parantui muutoksien jälkeen. Kokoonpanopisteiden välinen työnjako on osittain jo määritetty, mutta viimeiset määrittäykset huomataan vasta tuotannon alkaessa, jotta pisteiden työkuorma on mahdollisimman tasainen.

## LÄHTEET

Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I & Miettinen, A. 2005. Teollisuustalous. 5. painos. Tampere: Infacs Oy.

Logistiikan Maailma. 2017. Tuotannon layout. Luettu 4.12.2017.

<http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/tuotannon-layout/>

Lapinleimu, I., Kauppinen, V., Torvinen, S. 1997. Kone ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. 1. painos. Porvoo: WSOY.

Ortiz, C. 2008. Lessons from a lean consultant, avoiding lean implementation failures on the shop floor. 2 painos. Indiana: Pearson Education Inc.

Parker. 2018. Tietoja yrityksestä. Luettu 10.1.2018.

<http://www.parker.com/portal/site/PARKER/menuitem.c17ed99692643c6315731910237ad1ca/?vgnextoid=b6a87f71ad65e210Vgn-VCM10000048021dacRCRD&vgnextfmt=FI>

Rekiek, B., Delchambre, A. 2006. Assembly line design: The balancing of mixed-model hybrid assembly lines with genetic algorithms. 1. painos. Germany: Springer-Verlag

Stephens, M. & Meyers, F. 2010. Manufacturing Facilities Design and Material Handling, 4. painos. New Jersey: Pearson Education Inc.

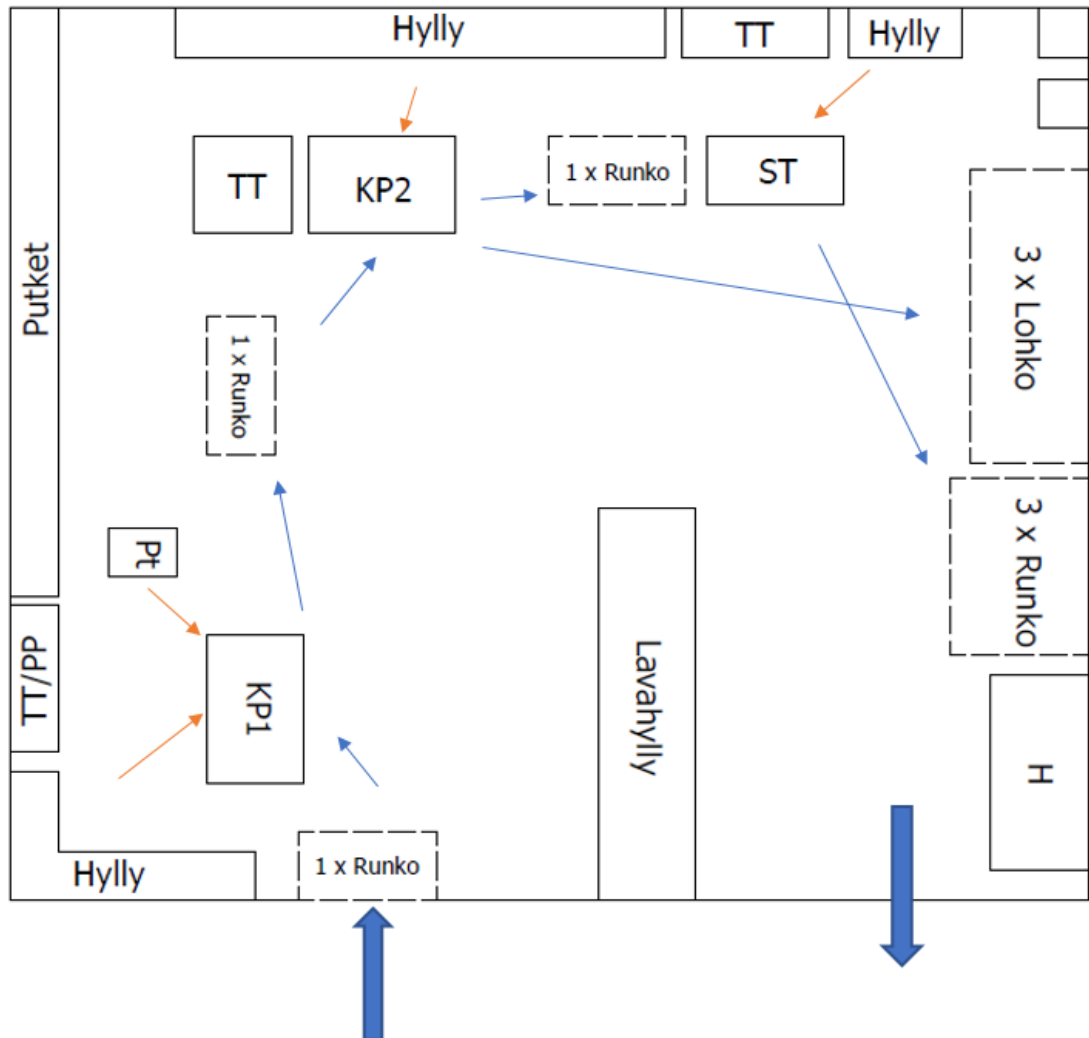
Väljä, K. Lean-toimintamalli. Koulutus 4.10.2017 & 1.11.2017. Lempäälä: Faden Oy

**LIITTEET**

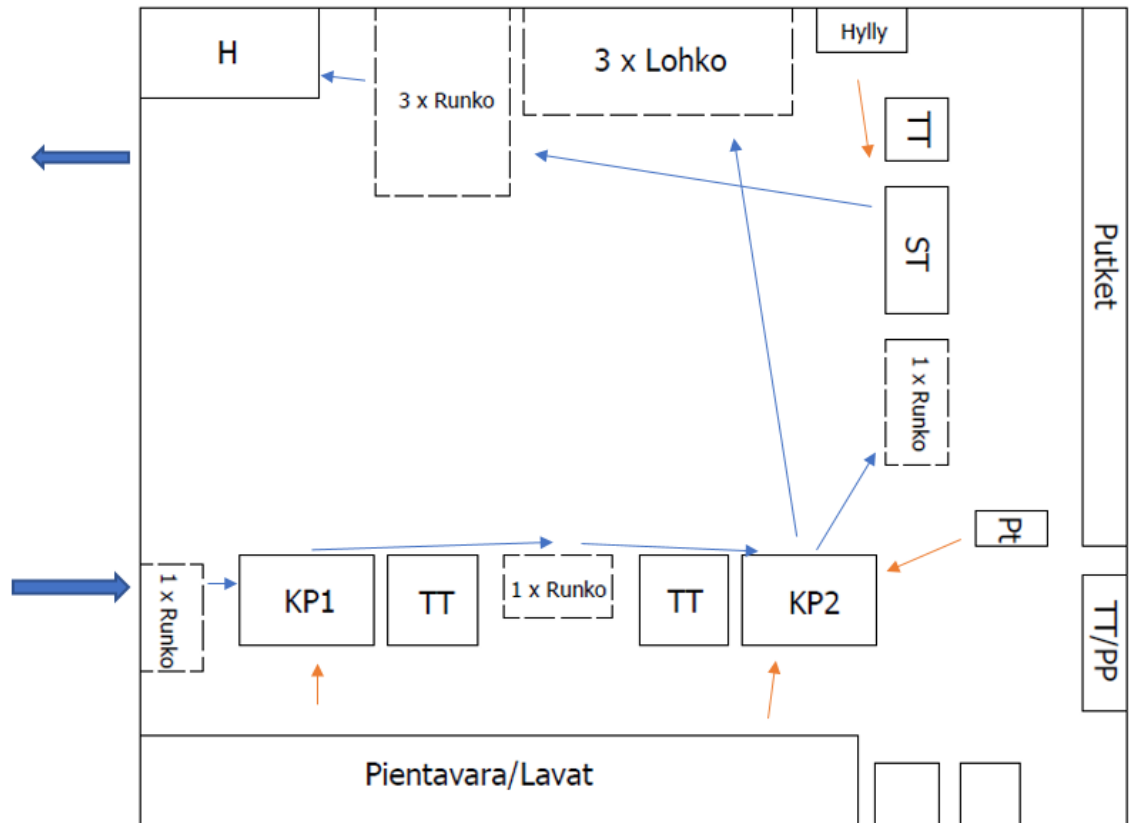
Liite 1. Tuotteen piirustukset

Vain yrityksen käytössä.

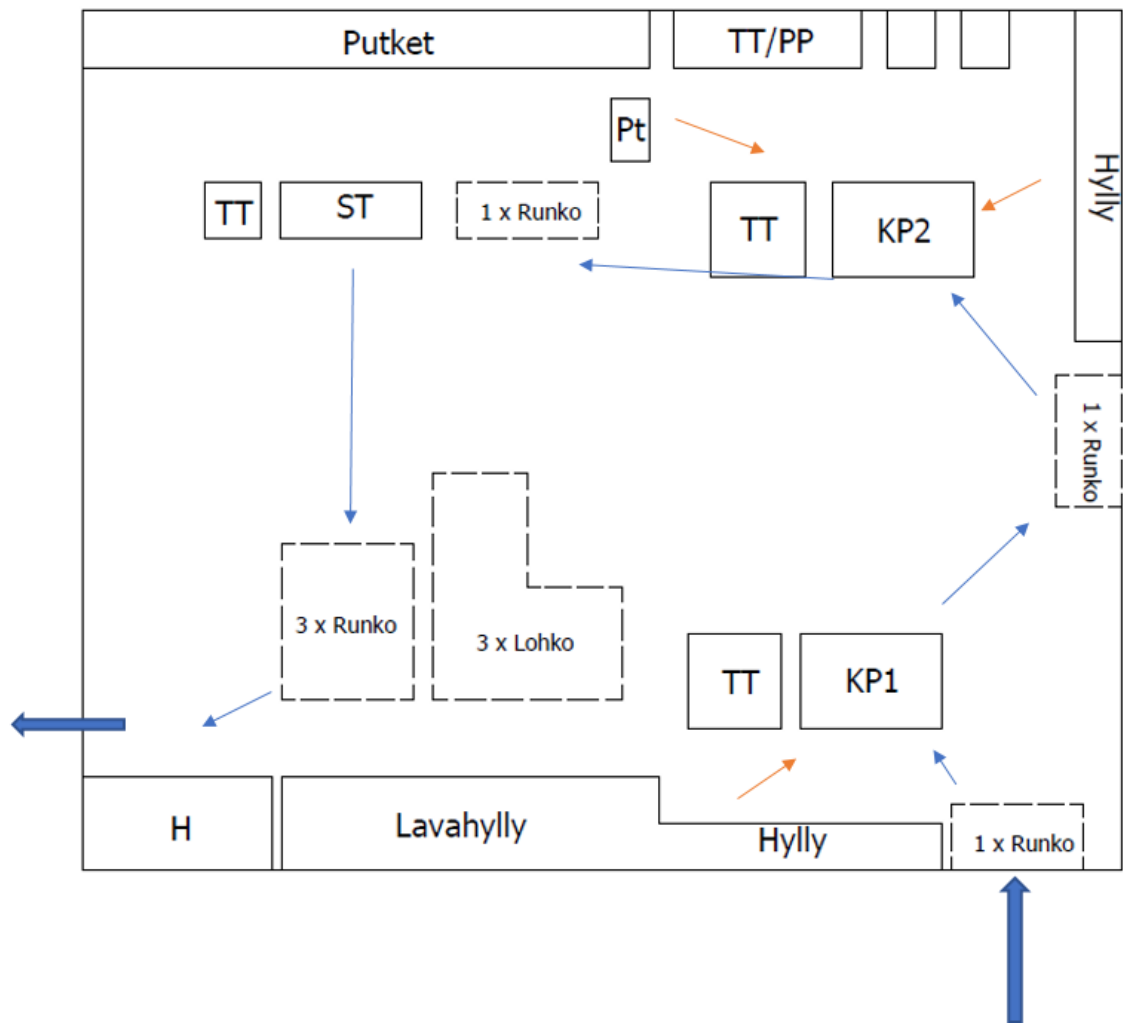
## Liite 2. Layout 1



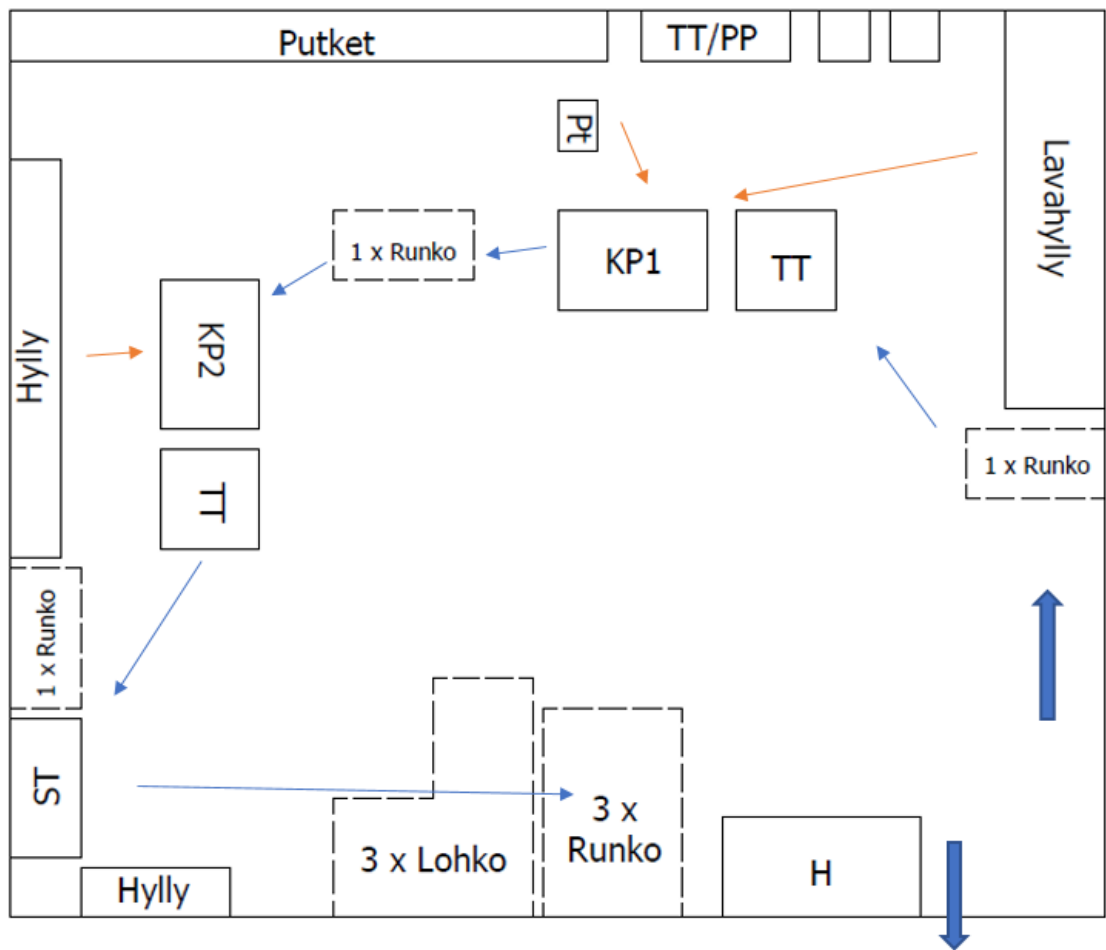
Liite 3. Layout 2



Liite 4. Layout 3

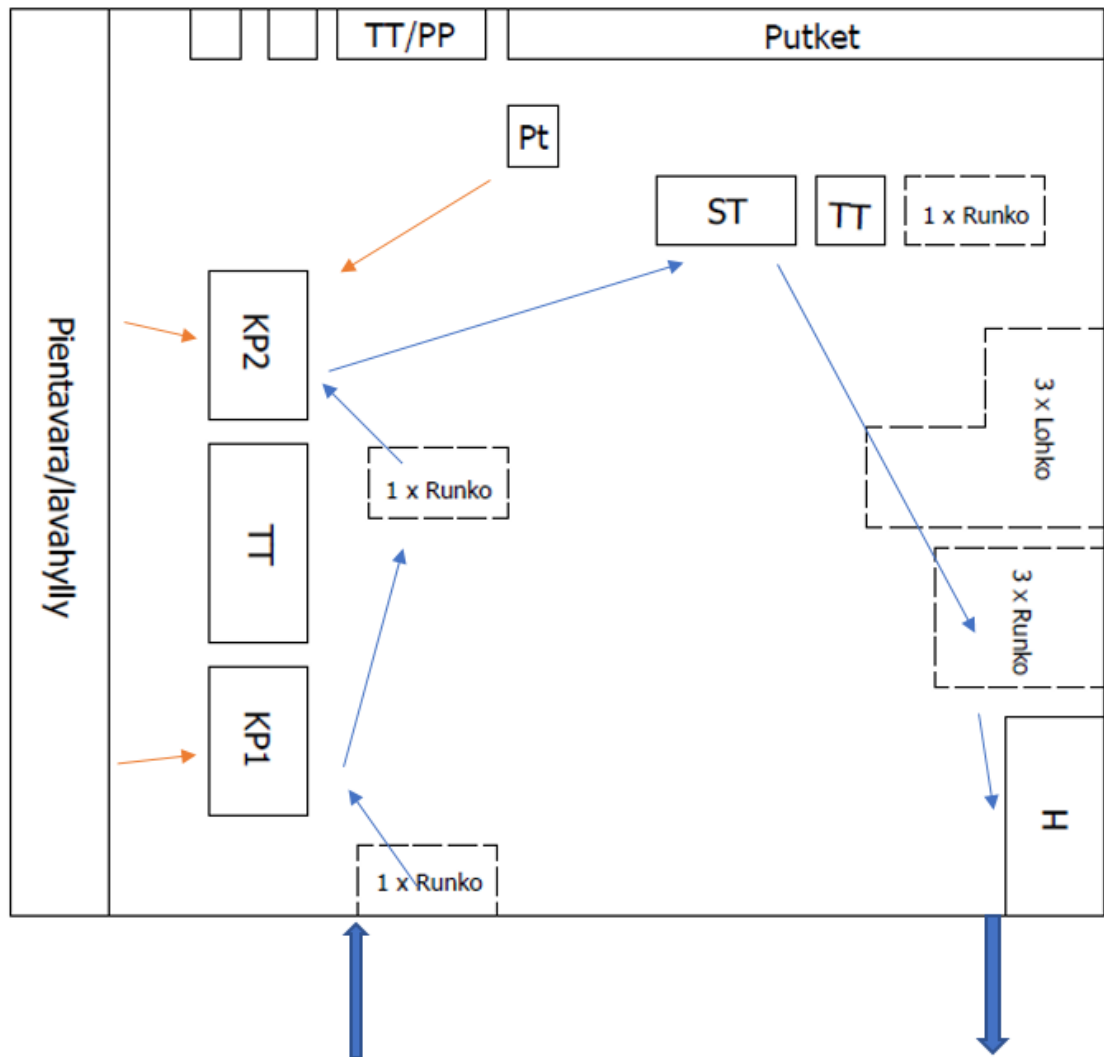


Liite 5. Layout 4





Liite 6. Layout 5





Liite 8. Layout 7

