

# Hitsaamon layout ja menetelmäkehitys

Juho Haapala

OPINNÄYTETYÖ  
Toukokuu 2020

Konetekniikka  
Tuotantotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Konetekniikka  
Tuotantotekniikka

HAAPALA, JUHO:  
Hitsaamon layout ja menetelmäkehitys

Opinnäytetyö 36 sivua, joista liitteitä 2 sivua  
Toukokuu 2020

---

Opinnäytetyön tavoitteena on parantaa hitsaustuotannon tuottavuutta HT Laser Oy:n Tampereen toimipisteellä. Työn tarkoituksena on tehdä uusi layout-suunnitelma hitsaamolle tuotantoketjun kannalta parempaan paikkaan. Layout-suunnittelussa on pyritty hyödyntämään lean-työkaluja ja työssä suoritettujen menetelmätutkimuksen tuloksia. Menetelmätutkimuksen perusteella on suunniteltu myös tuotannon kehitysideoita.

Työnmittausmenetelmänä menetelmätutkimuksessa käytettiin jatkuvaa ajankäyttötutkimusta ja samalla havainnointiin työmenetelmiä, tiedonkulkua, työympäristöä ja häiriötekijöitä. Suoritettu tutkimus on epävirallinen ilman työntutkijan koulutusta, eikä sen tuloksia saa käyttää esimerkiksi palkkaukseen. Apuna mitauksessa käytettiin videokameraa, jolla kuvattiin työskentelyä hitsaajina työskentelevien työntekijöiden valmistaessa erilaisia tuotteita. Videosta saadut aikatiedot kirjattiin Excel-ohjelmaan tietojen saamiseksi käytettävämpään muotoon.

Tutkimustuloksena saatiin keskimääräinen työnkoostumus hitsaustyöskentelyssä. Analysoituja tuloksia pystyttiin hyödyntämään hitsaamon suunnittelussa sekä kehityskohteiden havaitsemisessa. Mallinnetusta layout-piirroksesta varmistui, että hitsaamo mahtuu haluttuun tilaan. Lisäksi aikatietojen perusteella nykyisen hitsaamon työpisteissä otettiin käyttöön 5S-menetelmä.

Johtopäätöksinä opinnäytetyössä todettiin, että pelkkä layout-muutos ei lyhennä tuotannon läpimenoaikaa ja pienennä kustannuksia. Uudella layoutilla saavutettavat hyödyt ovat työvaiheiden lyhentyvät etäisyydet, jotka johtavat yrityksen helpompaan sisäiseen tiedonkulkuun. Saavutetut hyödyt antavat hyvän pohjan tuotannon virtauksen tehostamiseen, millä saavutetaan lyhyempi läpimenoaika ja pienemmät kustannukset. Tulevaisuudessa tutkimustuloksia voidaan käyttää uusien kehityskohteiden suunnittelussa ja investointilaskennassa.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Mechanical Engineering  
Production Engineering

HAAPALA, JUHO:  
Layout and Method Development of Welding Production

Bachelor's thesis 36 pages, appendices 2 pages  
May 2020

---

The objective of this study was to improve the productivity of welding production in HT Laser Oy Tampere office. The purpose of this study was to build a new layout plan for the welding space to a better place. New layout plan utilizes lean production and the results of the method study performed during the study. The performed method study is also used to create other ideas to improve production.

The method study was performed by measuring time used by the employees for each task. At the same time working methods, communication, working space and distractions were observed. The study is not official, and its results should not be used for example amount of salary. A video camera was used to help capturing the results. The results from the research were written down to an Excel document for further investigation.

The result of the research was an allocation of time used by the employees during the welding process. The results were used in the study for example in planning of the welding plant and implementation of the 5S method.

The findings request that the change of the layout plan does not shorten the lead time of the production or lower the expenses alone. Instead of that the benefits of the new layout plan are shorter distances between the work phases which improves the communication inside the company. The benefits of this study are also a good base for improving the material flow which can help to achieve shorter lead time and lower expenses in the future.

---

Key words: layout, lean, method study

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	TYÖNTUTKIMUS.....	6
	2.1 Menetelmätutkimus .....	7
	2.2 Työn vakiinnuttaminen .....	7
	2.3 Työnopastus.....	7
	2.4 Työnmittausmenetelmät.....	8
	2.4.1 Kelloaikatutkimus.....	8
	2.5 Aikalajit.....	8
3	TUTKIMUKSEN SUORITTAMINEN.....	11
	3.1 Suunnittelu ja valmistelu.....	11
	3.2 Datan käsittely.....	11
	3.3 Tulokset.....	12
	3.4 Analysointi.....	14
4	TEORIA .....	16
	4.1 Layout .....	16
	4.1.1 Tuotannon eri layoutit .....	16
	4.1.2 Layoutin valinta.....	19
	4.2 Lean .....	20
	4.2.1 Historiaa .....	20
	4.2.2 Virtaus .....	21
	4.2.3 7+1 hukan muotoa.....	22
	4.2.4 5S-menetelmä .....	23
5	HITSAAMON SUUNNITTELU.....	26
	5.1 Layout-suunnittelu.....	26
	5.2 Nostokapasiteetin suunnittelu .....	30
	5.3 5S:n käyttöönotto .....	30
	5.4 Hinta-arvio.....	32
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	33
	LÄHTEET .....	34
	LIITTEET.....	35
	Liite 1. Ajankäyttötutkimuksen mittausdataa .....	35
	Liite 2. Tutkimuksen tulokset.....	36

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantaja on HT Laser Oy ja suorituspaikka on Tampereen toimipiste. Yritys on perustettu vuonna 1989 ja se on metalliteollisuuden järjestelmätoimittaja, jonka erikoisosaamista ovat kokoonpanot ja komponenttivalmistus sekä tarpeiden mukaan optimoidut ja jalostetut leikkeet. HT Laser palvelee kahdeksalla paikkakunnalla Suomessa (Jyväskylä, Kaarina, Keuruu, Lappeenranta, Tampere, Tornio, Vaasa, Vieremä) sekä Puolan Poznanissa. Vuonna 2018 yrityksen liikevaihto oli 65 miljoonaa euroa. Yritys työllistää tällä hetkellä yli 400 teknologiateollisuuden ammattilaista. (HT Laser Oy n.d.)

Toimeksiantaja on havainnut ongelmia hitsausvaiheen tuottavuudessa ja tämänhetkisen hitsaamon sijainnissa tuotantoketjussa. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia yrityksen hitsausvaiheen sisältöä menetelmätutkimuksen avulla ja luoda uusi layout-suunnitelma hitsaamosta sovittuun tilaan. Tavoitteena on kehittää hitsaustuotantoa tuottavammaksi ja luoda henkilöstölle mieluisat olosuhteet työskentelyä varten.

Työssä suoritettussa tarkkailututkimuksessa havaittiin, että jos hitsausvaiheen kesto on 10 tuntia, tästä ajasta hitsauksen valokaariaika on keskimäärin alle tunti. Yli 90% hitsausvaiheen toiminnoista koostuu siis muusta kuin hitsaamisesta. Asiakkaalle arvoa tuottavan ajan osuus on alle tunti ja loput yhdeksän tuntia ovat ei arvoa tuottavaa aikaa.

Tämä opinnäytetyö koostuu kuudesta luvusta. Johdannon jälkeen siirrytään tutkimusmenetelmän esittelyyn, minkä jälkeen kolmannessa luvussa esitellään tutkimuksen suorittamisen vaiheet. Neljännessä luvussa esitellään layout-suunnittelun ja lean periaatteen käsitteet. Viidennessä luvussa esitellään valmis layout-suunnitelma, joka on pyritty toteuttamaan leanin periaatteiden mukaan. Pohdinnassa esitetään opinnäytetyössä todetut johtopäätökset ja kehitysajat.

## 2 TYÖNTUTKIMUS

Työntutkimuksen tavoitteena on kehittää tuotannon toimintaa ja täten parantaa toiminnan tuottavuutta. Työntutkimusta voidaan soveltaa nykypäivänä huomattavasti laajemmin kuin perinteistä työarvon mittausta urakkapalkkauksen pohjana. Työntutkimuksessa selvitetään työn menetelmät, ergonomia ja ajankäyttö. Käytettävät menetelmät kartoitetaan, kehitetään ja toimivaksi todetut toimintatavat vakiinnutetaan. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 4-6.)

Työntutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää tuotteiden hinnoittelussa, tavoitteiden asettamisessa, tuotannon suunnittelussa ja tasapainottamisessa sekä resurssien suunnittelussa ja kuormituksen selvittämisessä. Työntutkimuksen avulla voidaan kehittää erilaisia työkohteita, työmenetelmiä ja laitteita niin, että ne soveltuisivat mahdollisimman hyvin tehtävään työhön. (Ahokas ym. 2011, 6.) Virallisen työntutkimuksen suorittamiseen vaaditaan työntutkimus- ja mittauskoulutus. Koulutus antaa pätevyyden tehdä työntutkimusta ja soveltaa sen yhteydessä saatuja mittaustuloksia muun muassa palkkauksessa. (Teknologiateollisuus ry 2020, 27-28.)

Työntutkimuksessa työtä tarkastellaan taloudellisesta, teknologisesta ja työntekijänäkökulmasta. Taloudellisesta näkökulmasta voidaan selvittää arvoa tuottavan työajan osuutta, tuotannon pullokauloja ja niiden syntymissyitä, sekä lisäarvoa tuottavat ja toisaalta myös kustannuksia ja laatuongelmia aiheuttavat työt. Teknologisesta näkökulmasta selvitetään saatavilla olevan tekniikan hyödyntämismahdollisuudet, sekä uusien välineiden ja prosessien tuomat mahdollisuudet. Työntekijänäkökulmasta selvitetään työergonomia ja -turvallisuus, sekä onko työssä väsyttäviä, vaarallisia tai epäkäytännöllisiä vaihteita. (Ahokas ym. 2011, 6.)

Työntutkimukseen katsotaan kuuluvan neljä osa-aluetta, joilla on erilaiset tavoitteet. Alueet ovat menetelmätutkimus, työn vakiinnuttaminen, työnopastus ja työnmittaus. (Ahokas ym. 2011, 6.)

## **2.1 Menetelmätutkimus**

Menetelmätutkimus on tietyn työvaiheen järjestelmällistä taloudellisen, turvallisen ja tehokkaan työmenetelmän kehittämistä. Menetelmätutkimuksen tavoitteena ovat mahdollisimman alhaiset tuotantokustannukset, aikaisempaa korkeampi tuottavuus, sekä työntekijän parampi ergonomia ja turvallisuus. Taloudellisten tavoitteiden lisäksi tavoitteena on myös työolojen, työympäristön, työhyvinvoinnin ja työn sisällön kehittäminen. Menetelmätutkimusta kutsutaan myös nimellä menetelmäkehitys. (Haverila ym. 2009, 488-489; Ahokas ym. 2011, 6.)

## **2.2 Työn vakiinnuttaminen**

Työn vakiinnuttaminen eli standardointi tarkoittaa sitä, että kehitettyä menetelmää käytetään ja ylläpidetään. Vakiinnuttaminen ei tarkoita kehittämisen vähentämistä, vaan kehitystä jatketaan jatkuvan parantamisen menetelmillä. Vakiinnuttamisessa voidaan hyödyntää työohjeita ja työpaikkakuvauksia. Työn vakiinnuttamisella pyritään siihen, että eri henkilöillä ja eri suorituskerroilla työn suoritus-tapa eli työmenetelmä olisi samanlainen. Vaihtelut työmenetelmissä voivat johtua muun muassa eri työtavoista, työkaluista, suorituspaikasta tai raaka-aineista. Työhön tarvittava aika on aina sidonnainen käytettävään menetelmään. Menetelmävaihtelusta aiheutuu ylimääräisiä kustannuksia, jos kesken työn huomataan, että käytettävä menetelmä ei ole optimaalinen. Työn vakiinnuttamisen jälkeen voidaan luoda toimivat olosuhteet systemaattiselle kehitykselle. (Ahokas ym. 2011, 6.)

## **2.3 Työnopastus**

Työnopastuksella varmistetaan työntekijöiden osaavan oikeat työmenetelmät. Työnopastukseen kuuluvat työntekijöiden perehdyttäminen sekä opastus työhön, työmenetelmiin ja työvaiheisiin. (Ahokas ym. 2011, 7.)

## 2.4 Työnmittausmenetelmät

Työnmittaus tarkoittaa tiettyyn työhön kuluvan ajan määrittämistä tietyillä valmistusmenetelmillä. Valmistusaikaa käytetään työmenetelmien vertailussa, tuotteiden hinnoittelussa, kuormitussuunnittelussa, palkkauksen perustana ja menetelmäkehityksessä. Valmistusaika on riippuvainen valmistusmenetelmistä, joten ennen työnmittausta tulisi aina suorittaa menetelmätutkimus. Työnmittaustekniikoita ovat kelloaikatutkimus eli normaaliajantutkimus ja jatkuva ajankäyttötutkimus, havainnointitutkimus, liikeaikatutkimus, aikalaskelmat ja standardiaikajärjestelmät. Käytettävä tutkimusmenetelmä on oltava riittävän tarkka luotettavan tutkimustuloksen saamiseksi. (Haverila ym. 2009, 492-493; Ahokas ym. 2011, 7.)

### 2.4.1 Kelloaikatutkimus

Kelloaikatutkimus voidaan jakaa kahteen osa-alueeseen, normaaliaikatutkimukseen ja jatkuvaan ajankäyttötutkimukseen. Normaaliaikatutkimuksessa tarkastellaan tietyn työn työvaiheita ja niihin kuluvaan työaikaan. Työ eritellään pienempiin osiin, joiden suorittaminen mitataan erikseen. Normaaliaikatutkimusta voidaan hyödyntää esimerkiksi tietyn kappaleen koneistusaikaa tutkittaessa, jolloin työvaiheiden tulisi toistua aina samassa järjestyksessä. Jatkuva ajankäyttötutkimusta käytetään, kun jalostetaan vaihtuvia kappaleita, eivätkä samat työvaihteet toistu tietyssä järjestyksessä. Jatkuvan ajankäyttötutkimuksen mittausaika on huomattavasti pidempi ja laajempi kuin normaaliaikatutkimuksen. Jatkuva ajankäyttötutkimus soveltuu hyvin esimerkiksi hitsauksen toiminnan mittaukseen, jossa kappaleet voivat olla vaihtuvia ja halutaan mitata hitsaamon työajan kokonaisuutta. (Haverila ym. 2009, 492-493; Ahokas ym. 2011, 24-25.) Suoritettavassa tutkimuksessa tullaan käyttämään jatkuva ajankäyttötutkimusta.

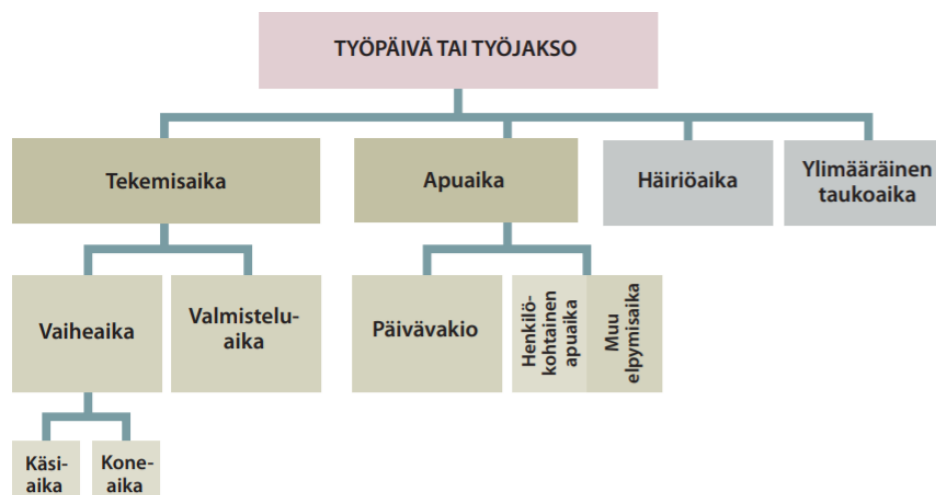
## 2.5 Aikalajit

Työnmittauksessa aikajakso tai työpäivä jaetaan erilaisiin aikalajeihin. Jakamisen tarkoituksena on edesauttaa mittaustulosten käsittelyä, tulkitsemista ja hyö-



dyntämistä. Erityisesti ajankäytön ja jalostavan työn osuuden selvittämisessä tapahtumien jako riittävän tarkkoihin aikalajeihin on tärkeää. (Ahokas ym. 2011, 11.)

Kuvio 1 esittää työajan sisältämiä aikalajeja. Tavanomaisesti työjakso jaetaan tekemisaikaan, apu-aikaan ja häiriöaikaan. Tekemisaika sisältää jalostusarvoa lisäävien ja tuotteen valmistumista edistävien työtehtävien suorittamisen. Teke- misajan vaiheet voidaan kohdistaa jollekin tuotteelle tai valmistuserälle. Apuai- kaan kuuluvat ne työn osat, jotka eivät lisää varsinaisesti jalostusarvoa, mutta ovat välttämättömiä työn suorittamisen kannalta. Häiriöaikaa ovat esimerkiksi odottamattomat työn keskeytykset, aputyöt, konerikot, työkalujen ja komponent- tien etsiminen sekä ylimääräiset tauot. (Ahokas ym. 2011, 11.)



KUVIO 1. Henkilötyön aikalajit (Ahokas ym. 2011, 13).

Tekemisaika voidaan jakaa kahteen erilaiseen osaan, valmistelu-aikaan ja vaihe-aikaan. valmistelu-aika sisältää sellaiset työn osat, jotka suoritetaan vain kerran työtehtävää kohden, kuten esimerkiksi työkoneneen asetusten teko ja valmiin työkappaleen siirtäminen työpisteeltä eteenpäin. Vaihe-aikaan kuuluvat sellaiset työosat, joiden esiintymisen lukumäärä on riippuvainen valmistettavasta kappalemäärästä. (Ahokas ym. 2011, 11.)

Osa työnjaksosta kuuluu työn edistymisen kannalta välttämättömien aputehtävien suorittamiseen, henkilökohtaisiin tarpeisiin ja muuhun elpymiseen. Aputehtävät eivät välittömästi edistä työn valmistumista, mutta aputehtävien suorittami-

nen on kuitenkin välttämätöntä, jotta varsinainen työ voi jatkua. Apuaikaan huomioidaan kolme osaa: päiväväkio, henkilökohtainen apuaika sisältäen sovitut tauot ja muu elpymisaika, jos työ on niin kuormittavaa, ettei henkilökohtainen apuaika riitä elpymiseen. (Ahokas ym. 2011, 11.)

Päiväväkioon kuuluvat työn välttämättömät osat, jotka ovat tarpeen työn tekemisen edellytysten ylläpitämiseksi. Päiväväkioon kuuluvat työt eivät suoranaisesti liity tuotteen tai tuotesarjan valmistumiseen. Päiväväkio sisältää esimerkiksi työpaikan siivous päivän alkaessa tai päättyessä, koneen säännöllinen huolto, tuntikortin täyttäminen. Päiväväkion suuruus määritetään tavallisesti ajankäyttötutkimuksen tai havainnointitutkimuksen avulla. (Ahokas ym. 2011, 12.)

Henkilökohtaisen apuajan puitteissa henkilölle varataan aikaa henkilökohtaisia tarpeita ja työstä johtuvasta kuormituksesta elpymistä varten. Ajan suuruus perustuu sovittuun käytäntöön ja siihen vaikuttavat työn luonne sekä erilaisiin huolto- ja palvelu kohteisiin. Sovitut tauot ovat osa henkilökohtaista apuaikaa. (Ahokas ym. 2011, 12.)

Työn kuormittavuudesta palautumista varten on varattava aikaa elpymiseen. Erillistä muuta elpymisaikaa tarvitaan silloin, kun työ on niin kuormittavaa, ettei henkilökohtainen apuaika riitä elpymiseen. (Ahokas ym. 2011, 12.)

Häiriöaikaan kuuluvat odottamattomat keskeytykset, aputyöt ja odotukset, joiden esiintymistiheyttä ei etukäteen tiedetä. Häiriöaikaan kuuluvat myös turha työ, kuten laatuvirheiden korjaukset. Häiriöiden kestoajat ovat usein epämääräisiä esimerkiksi osapuutteesta johtuvat odotukset, työkalujen etsiminen tai koneen toimintahäiriöt ovat häiriöaikaa. Osa häiriöajasta saattaa olla työvaiheiden epätasapainosta johtuvaa odotusta. (Ahokas ym. 2011, 12.)

Ylimääräistä taukoaikaa on sellainen taukoon käytetty aika, joka ylittää apuaikaan sisältyvän henkilökohtaisen apuajan ja elpymiseen tarvittavan ajan. Ylimääräinen tauko aika johtuu esimerkiksi työn tekemisen aikaisesta lopettamisesta ennen työajan päättymistä. Häiriöaikoihin kuuluvat työn keskeytykset on erotettava taukoajoista. Työntutkimuksen yhteydessä ylimääräisiä taukoajoja on usein hankala eritellä henkilökohtaiseen apuaikaan. (Ahokas ym. 2011, 12.)

### **3 TUTKIMUKSEN SUORITTAMINEN**

Opinnäytetyön yhteydessä suoritettiin menetelmätutkimus HT Laser Oy:n Tampereen toimipisteelle. Tutkimuksen kohteena oli hitsausvaihe, joka on tuotannon pitkäkestoisin prosessi. Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää tärkeimmät ja ensisijaiset kehityskohteet.

#### **3.1 Suunnittelu ja valmistelu**

Työnmittausmenetelmänä päädyttiin käyttämään jatkuvaa ajankäytön tutkimusta, koska sen koettiin soveltuvan parhaiten hitsaamon keskimääräisen ajankäytön selvittämiseen. Työntekijät perehdytettiin tutkimuksen sisältöön ja tavoitteisiin. Perehdytyksen tarkoitus oli estää väärinkäsityksien syntyminen tulosten käyttö-tarkoituksesta. Työntekijät ohjeistettiin työskentelemään normaalilla työtahdilla ja työmenetelmillä. Apuvälineenä tutkimuksessa käytettiin videokameraa, mistä tiedotettiin työntekijöille etukäteen. Lisäksi työntekijöiltä pyydettiin suostumus videon taltioinnista ennen kuvaamista. Kaikki työntekijät eivät halunneet, että heidän työskentelyään kuvataan. Videokameran käyttöön saatiin kuitenkin suostumus kolmelta hitsaamon työntekijältä.

Työnmittaus suoritettiin joulukuussa 2019. Mittauskohteeksi ei valittu mitään tiettyä tuotetta, vaan haluttiin tietää yleisesti, mistä työpäivä koostuu ja kuinka hitsausa toimintaa voidaan kehittää.

#### **3.2 Datan käsittely**

Videolta kerättiin aikatiedot Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelmaan tulosten käyttökelpoisen muodon aikaansaamiseksi. Käytössä oli SMED-tutkimukseen suunniteltu pohja, jota muokkaamalla saatiin käyttökelpoinen työkalu tutkimusdatan käsittelyyn (liite 1). Excel -ohjelmaan kirjattujen tietojen perusteella määritettiin ajankäytön jakautuminen tarkasti hitsaus-, tauko-, hionta-, asetus-, mittaus,

valmistelu-, nosturi-, siivous-, kappaleen kääntö- sekä roiskeen poistoon kuluvaan aikaan. Lisäksi kirjattiin ylös, milloin työntekijä on poissa työpisteeltä sekä luotiin oma osio ajalle, jota ei pystytty määrittelemään. Samalla työvaiheet jaettiin vaihe-, asetus-, apu-, häiriö- ja ylimääräiseen tauko aikaan. Toimenpiteet kirjattiin ylös 10 sekunnin tarkkuudella.

### 3.3 Tulokset

Tutkimus sisälsi yli 500 riviä aikadataa 17 tunnin ajalta. Aikajakaumat esitetään ympyräkaavioina, joista voidaan havaita aikalajien ja työmenetelmien suhteellinen osuus toisiinsa nähden.

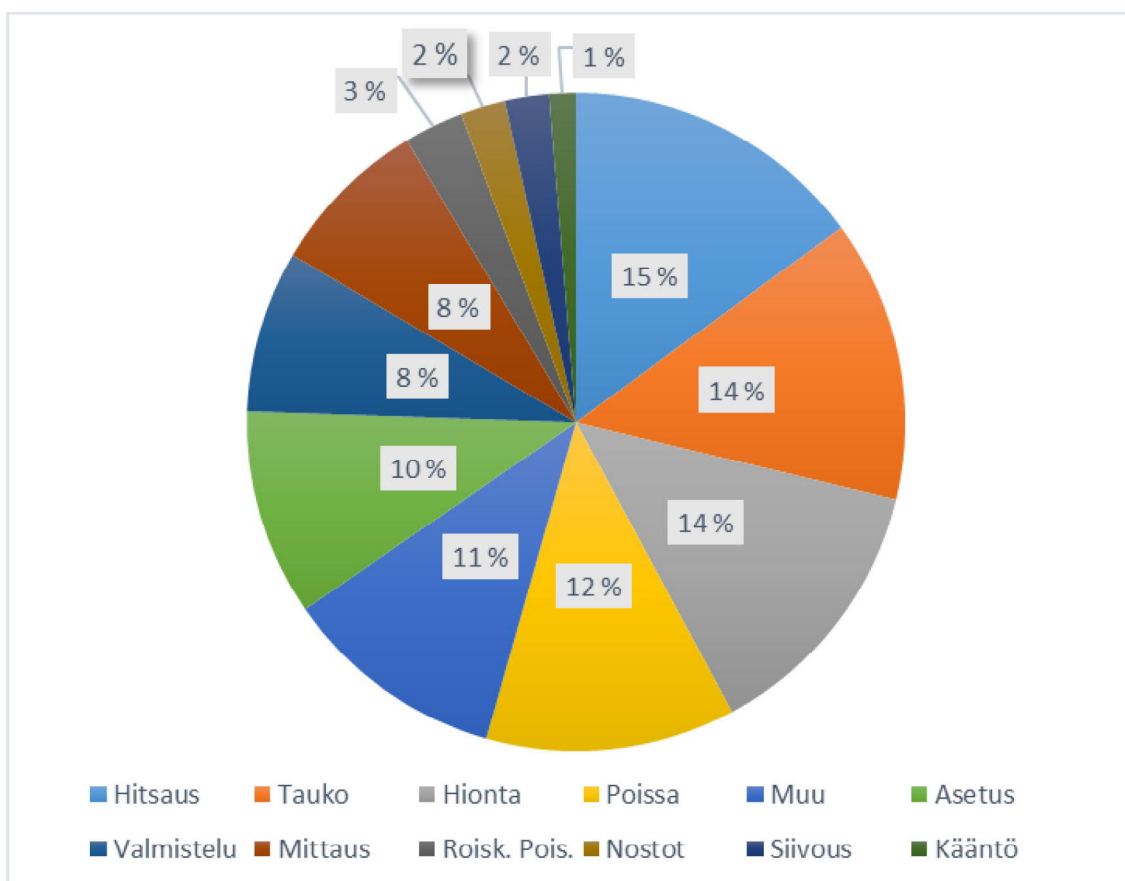
Taulukko 1 sisältää selityksen prosessin sisäisistä vaihteista. Prosessiin on määritetty, mihin aikalajiin vaihe kuuluu ja tarkempi selitys aikajakson mittauspisteistä.

Taulukko 1. Aikajaksojen selitteet

<i>Aikajakso</i>	<i>Aikalaji</i>	<i>Selite</i>
Hitsaus	Vaiheaika	Aikaa, jolloin hitsauskolvi on kädessä.
Hionta	Vaiheaika	Aikaa, jolloin hiomakone on kädessä.
Asetus	Vaiheaika	Osien silloitus tai osien sovittaminen toisiinsa.
Mittaus	Vaiheaika	Mitataan tai tarkastellaan kappaletta.
Nostot	Vaiheaika	Nosturin käyttö.
Kääntö	Vaiheaika	Kappaleiden kääntö sopivampaan hitsausasentoon.
Valmistelu	Valmistelu aika	Kappaleiden siirto työpisteelle ja työkorttien leimaus.
Siivous	Apu aika	Työpisteen tai hallin siivous.
Tauko	Apu aika, taukoilytys	Taukoajat, sisältää ruokatauot.
Roiskeen poisto	Häiriö aika	Hitsausroiskeiden poisto
Poissa	Häiriö aika	Työntekijä poissa työpisteeltä.
Muu	Häiriö aika	Muu määrittelemätön aika.

Kuvio 2 sisältää tarkat aikatiedot työprosessin sisäisistä vaihteista. Haastellista tutkimuksessa oli mitata käsin todellista langan palo aikaa, joten hitsausajaksi on mitattu se aika, kun hitsauskolvi on operaattorin kädessä. Mitattu hitsausaika oli 15 % työajasta, mutta todellinen hitsauskoneen virtalähteestä saatu

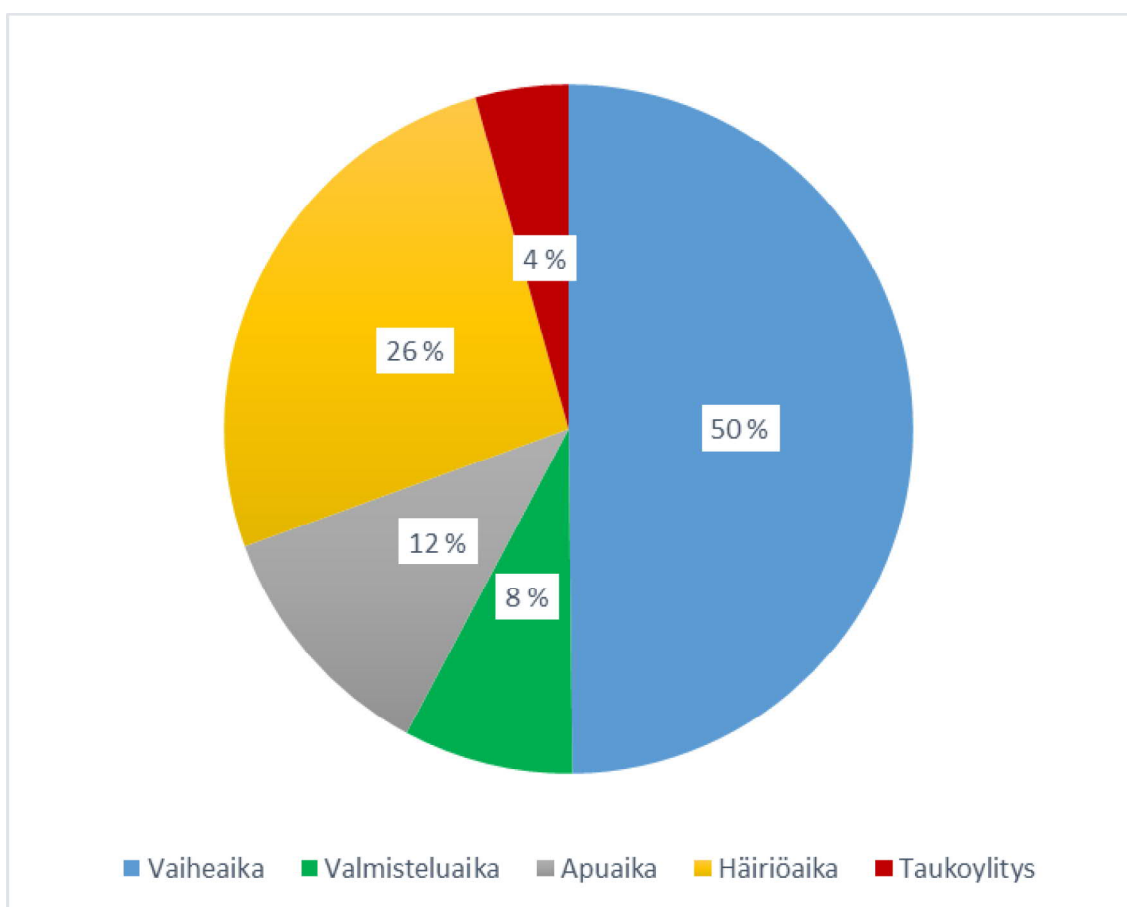
keskimääräinen palo-aika oli noin 7.5 %, eli puolet mitatusta työajasta. Hionta vei 14 % kokonaisajasta. Suuri osa hionta-ajasta koostui laserleikattujen kappaleiden leikkauspintaan jäävän terävän reunan, eli purseen poistosta. 12 % ajasta kului siihen, kun operaattori ei ollut työpisteellä. Yleisimmät syyt tähän olivat, että työntekijä oli auttamassa toista työntekijää tai hakemassa tarvittavia työkaluja tai tarvikkeita. Muuta aikaa oli 11 %, mikä koostui pienistä vaiheiden välisistä aikajaksoista, esimerkiksi työpisteellä liikkumisesta tai miettimisestä. Asetusaikaa oli 10 %, mikä koostui osien nostamisesta pöydälle, osien sovittamisesta ja niiden kiinnittämisestä, eli silloituksesta paikoilleen. Valmisteluun kului 8 %, mikä sisälsi työkorttien leimauksen, osien hakemisen työpisteelle ja valmiiden kappaleiden siirtämisen ovelle. Mittaukseen aikaa kului 8 %, mikä sisälsi mittavälineiden käytön ja kappaleen tarkistuksen. Loput 8 % kului roiskeiden poistoon, nosturin käyttöön, siivoukseen ja kappaleiden kääntämiseen parempaan asentoon hitsaamista varten.



KUVIO 2. Työn jakautuminen

Kuviossa 3 työaika on jaettu vaihe-ajkaan, jota oli 50 %, valmisteluajkaan, jota oli 8 %, apuaikaan, jota oli 12 %, häiriöajkaan, jota oli 26 % ja tauko-ajaksiin, joita

oli 4 % kokonaisajasta. Vaiheaika sisältää hitsaus-, hionta-, asetus-, mittaus-, nosto- ja kääntöajan. Todellisuudessa hionta-aika on osittain häiriöaikaa, koska osa hionnasta johtui asetusvirheestä tai siitä etteivät osat sovi kunnolla toisiinsa. Myös osa hitsausroiskeista poistettiin hiomalla, mutta videomateriaalista sitä on hankala havaita. Valmistelu-aika sisältää ainoastaan valmisteluun kuluneen ajan, eli työkappaleiden siirtelyn. Apuaika sisältää sovitut tauot ja siivoukseen kuluneen ajan. Häiriöaika sisältää poissaolon työpisteeltä, roiskeiden poiston ja muun määrittelemättömän ajan. Taukoilytykseen on laskettu sovittujen taukojen ulkopuolella vietetty tauko-aika.



KUVIO 3. Työn jakautuminen aikalajeihin

### 3.4 Analysointi

Mittauksen tuloksia tarkasteltiin opinnäytetyön ohjaajan yksikönpäällikkö Janne Tuomisen kanssa. Toteamus oli, että kehitystyössä keskitytään erityisesti suu-

rimpiin arvoa tuottamattomiin työn sisäisiin vaiheisiin, joita ovat hionta ja poissaolo työpisteeltä. Kaikkiin hitsauksen työvaiheisiin tullaan keskittymään layoutin suunnittelussa.

Videomateriaalia tarkastellessa huomiota herätti työpisteen työkalujen etsimiseen kulutettu aika. Etsimiseen kulutettu 20 minuuttia on yli 4 % työpäivästä. Tämän ajan pienentämiseksi on tarkoituksena ottaa käyttöön 5S, jonka tavoite on pienentää myös poissaoloaikaa työpisteeltä.

Tutkimuksen tuloksia käytetään hitsaamon suunnittelun vaatimusten ja tarpeiden täyttämiseen. Hitsauspisteiden ja laitteiden vaatimaan tilantarvetta on analysoitu havainnoimalla nykytilannetta.

## 4 TEORIA

### 4.1 Layout

Layout tarkoittaa tuotantojärjestelmän fyysisten osien, kuten koneiden, varastopaikkojen, työpisteiden ja kulkureittien sijoittelua tehtaassa. Sijoittelun perusteella layoutit voidaan jakaa neljään eri päätyyppiin: tuotantolinja-, funktionaaliseen-, solu- ja kiinteän aseman layouttiin. (Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I & Miettinen, A. 2009, 475.)

Yrityksen sisäisten siirtojen kehittämisen tavoitteena on suunnitella jalostettaville materiaaleille mahdollisimman suoraviivainen kulkureitti siten, ettei materiaali leikkaa muiden materiaalien virtausreittiä. Suoraviivainen materiaalivirtaus ei sisällä edestakaista liikettä, joka lisää materiaalien kuljetusmatkaa alkupisteestä loppupisteeseen ja voi myös aiheuttaa solmukohtia.

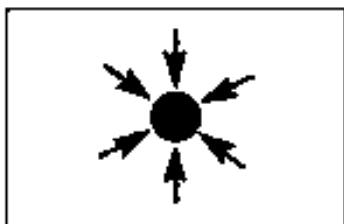
Hyvän Layoutin ominaispiirteitä ovat (Haverila ym. 2009, 479-480):

- selkeät materiaalivirrat
- vähäiset materiaalien siirtotarpeet ja lyhyet kuljetusmatkat
- sisäisen kommunikaation helppous
- materiaalien vastaanoton ja jakelun tehokkuus
- tilan tehokas käyttö
- huomioitu työturvallisuus ja -tyytyväisyys

#### 4.1.1 Tuotannon eri layoutit

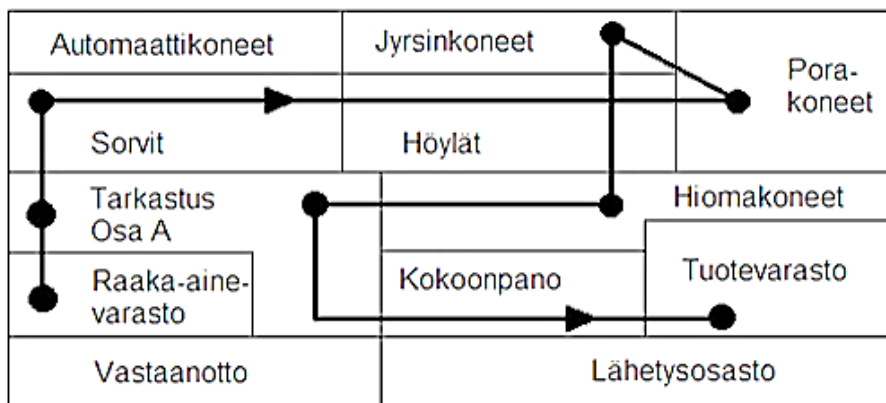
Kuviossa 4 on kiinteä asemainen, tuotelähtöinen layout, joka perustuu tarvittavien työvoima- ja raaka-aineresurssien siirtämiseen kiinteälle työpisteelle valmistettavan tuotteen pysyessä paikallaan. Valmistettava tuote on yleensä kookas, jolloin sen siirtämisestä aiheutuu huomattavia kuluja tai riskejä. Tyypillisesti laivoja tai moottoritiesilloja rakennetaan kiinteäasemaisesti. (Slack, Brandon-Jones & Johnston 2016, 220.)





KUVIO 4. Kiinteä asemainen layout (Slack ym. 2016, 229).

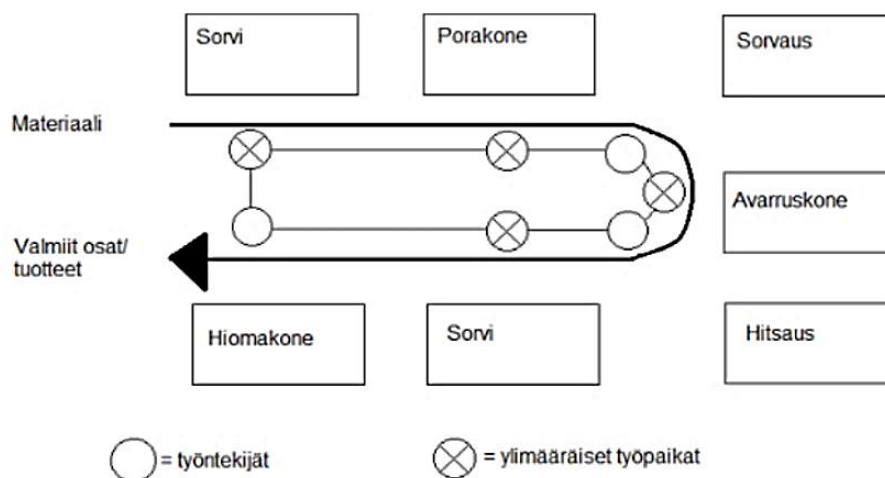
Prosessilähtöisessä eli funktionaalisissa layouteissa samat toiminnot on ryhmitelty yhteen tiettyyn paikkaan (kuvio 5). Esimerkiksi koneistus, hitsaus, kokoonpano ja pakkaus ovat omia osastojaan. Funktionaalisessa layoutissa tuotetyypit ja tuotantomäärät voivat vaihdella huomattavasti. Tuotteita voidaan valmistaa sarjoina tai yksittäiskappaleina. Funktionaalisen layoutin tuotannonohjaus ei ole helppoa ja perustuu työvaiheelle tai koneelle jonottavien töiden järjestelyyn. Työjonot lisäävät keskeneräistä tuotantoa ja näin pidentävät läpimenoaikaa. Työpis- teiden suuri etäisyys toisistaan lisää materiaalin sisäisiä siirtoja, jolloin käsittely- kustannukset voivat muodostua helposti suuriksi. Laadunhallinta funktionaali- sessa layoutissa on hankalaa, johtuen juurikin työvaiheiden välisen etäisyyden ja välivarastojen takia. (Haverila ym. 2009, 476-477; Logistiikan Maailma n.d.)



KUVIO 5. Funktionaalinen layout (Haverila ym. 2009, 477).

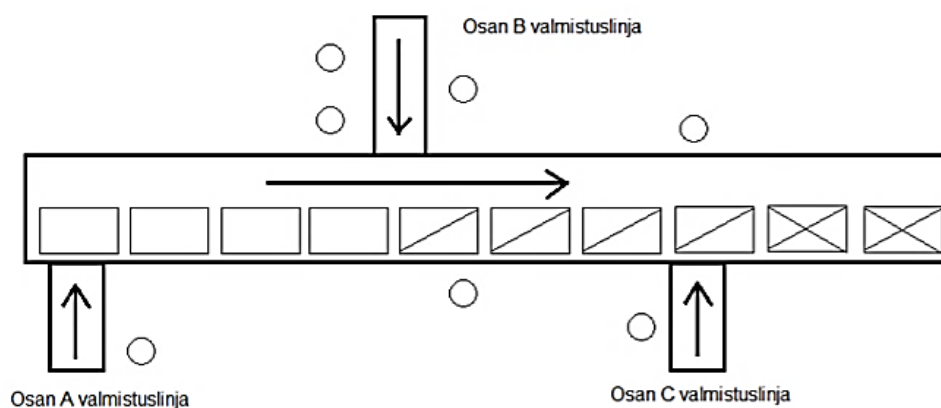
Kuviossa 6 solu-layout. Solu-layout on tuotelähtöinen layoutin muoto, joka muodostaa eri koneista ja työpisteistä kootun ketjun. Solu-layout soveltuu erityisen hyvin pienivolyymiseen tuotantoon, jossa solujen läpäisyajat ovat huomattavasti nopeammat kuin funktionaalisessa layoutissa. Solu on huomattavasti joustavampi kuin tuotantolinja ja tehokkaampi kuin funktionaalinen järjestelmä sen

oman tuoteryhmänsä puitteissa. Solu-layout on eräänlainen välimuoto tuotantolinjasta ja funktionaalisesta layoutista. (Haverila ym. 2009, 477-478; Logistiikan Maailma n.d.)



KUVIO 6. Solu-layout (Haverila ym. 2009, 478).

Tuotantolinja on tuotelähtöinen layout (kuvio 7). Linjatyyppi voi olla joko pakko-tahtinen tai vapaatahtinen. Pakkوتاhtista linjatyyppiä käytetään esimerkiksi auto-tehtaissa, koska se soveltuu hyvin suurille volyymeille ja se on mahdollista kehittää hyvin tehokkaaksi. Se on kuitenkin joustamaton erilaisille tuotteille. Vapaa-tahtisessa linjassa tuotanto on järjestetty linjamaisesti, mutta materiaalin siirtäminen seuraavaan vaiheeseen ei tapahdu pakko-tahtisesti, mikä mahdollistaa suuremman vaihtelun tuotteissa. Suurien valmistusmäärien ansiosta tuotteen yksiköhintä jää alhaiseksi, vaikka linjan rakentamiskustannukset ovat suuret. (Haverila ym. 2009, 475-476; Logistiikan Maailma n.d.)

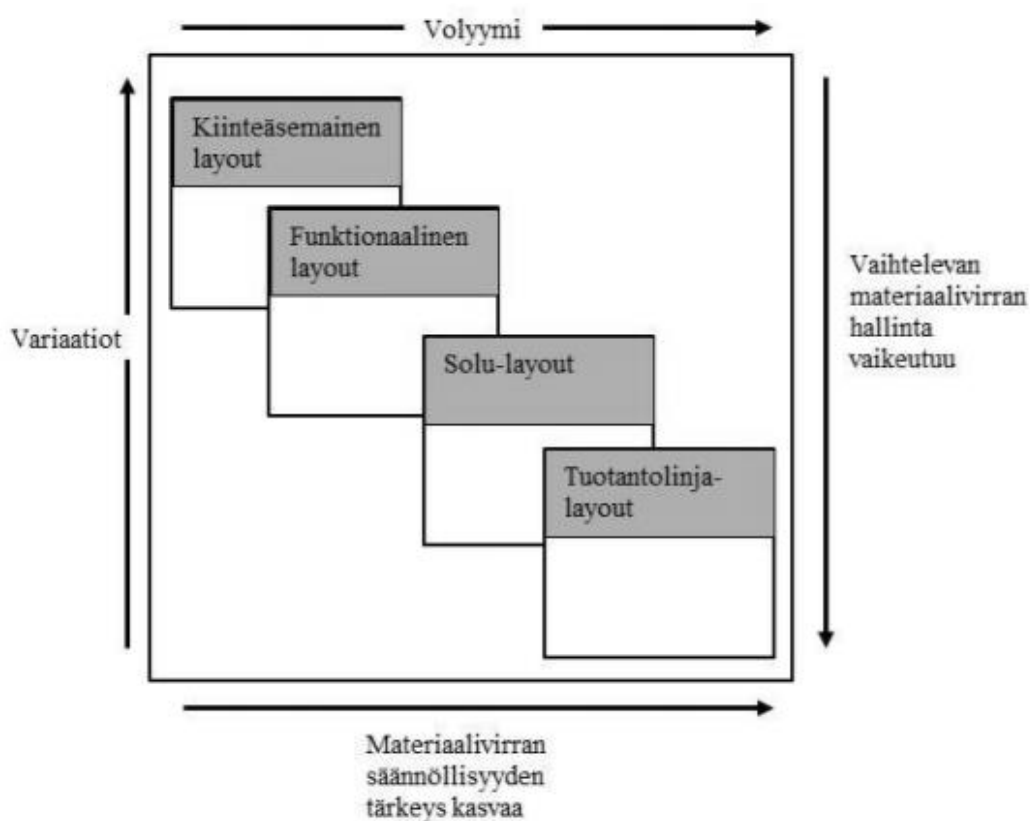


KUVIO 7. Tuotantolinja (Haverila ym. 2009, 476).

Valmistavassa tuotannossa esiintyy usein layout-tyyppien yhdistelmiä niin kutsutuina hybridi-layouteina. Esimerkiksi tuotteet voidaan kokoonpanna linjassa ja osat valmistetaan funktionaalisessa layoutissa. (Haverila ym. 2009, 479-480; Slack ym. 2016, 226.)

#### 4.1.2 Layoutin valinta

Layout tyyppi valitaan tuotevalikoiman eri variaatioiden määrän ja volyymin perusteella. Funktionaalinen layout on parhaimmillaan, kun eri variaatioiden määrä on suuri, mutta volyyymi on pieni. Tuotantolinjassa toiminta on päinvastaista eli volyyymi on suuri ja variaatioiden määrä pieni. Solulayoutia käytetään, kun valmistetaan eri tuotteita toistuvasti, mutta ei kuitenkaan niin paljoa, että kannattaisi muodostaa oma tuotantolinja. (Slack ym. 2016, 228.) Kuvio 8 osoittaa layoutin rakenteeseen vaikuttavan volyymin, tuotteiden variaatioiden ja materiaaliavirran hallittavuuden sekä säännöllisyyden.



KUVIO 8. Variaatio-volyymi-materiaaliavirta -analyysi (Slack ym. 2016, 228).

Kuvion 8 perusteella voidaan todeta, että funktionaalinen layout soveltuu parhaiten useille eri tuotteiden variaatioille. Mikäli volyymiä haluttaisiin nostaa kannattaa miettiä hybridi-layoutia mahdollisuuksien mukaan, eli rakentaa esim. tuotantolinjan yhteen tai useampaan työvaiheeseen.

## 4.2 Lean

Lean on asiakaslähtöinen prosessijohtamisen malli. Se perustuu hukkan poistamiseen ja virtaustehokkuuden maksimointiin. Lean on ajattelutapa ja toimintamalli, jossa virtausta ja arvoa tuottavaa aikaa maksimoidaan poistamalla hukkaa. Yleensä ajatellaan, että Lean on hukkan poistamiseen käytettävä toimintamalli, mutta sen perimmäinen päätavoite on läpimenoajan lyhentäminen. (Tätä on Lean n.d.)

Leaniin on aikojen kuluessa syntynyt useita eri työkaluja, joilla voidaan tunnistaa ja vähentää prosesseissa syntyvää hukkaa. Esimerkiksi 5s, VSM, imuohjaus ja SMED ovat tällaisia työkaluja. Työkalujen käyttö ymmärretään usein väärin. Luullaan usein, että leaniin liitetyt työkalut ratkaisisivat itsessään ongelman. Päinvastoin työkalujen tarkoituksena on nostaa prosessin ongelmat esiin. Myös henkilöstön tehtävänä on nostaa työssä kohtaamansa ongelmat esiin ja esimiesten tehtävänä on ratkaista ongelmat työkalujen ja konseptien avulla. Ongelmanratkaisu vaatii esimieheltä tietotaitoa ja hyvää prosessituntemusta. (Tätä on Lean n.d.)

### 4.2.1 Historiaa

Alkujaan Fordin tuotantoideasta lähtenyt ja kehittynyt Toyota Production System (TPS) on pohja Leanille. Jo 1900-luvun kehityskulku Fordin tehtaalla mahdollisti katkeamattoman virtauksen ja 1930-luvulla saksalainen lentokoneiteollisuus käytti tahtiaikaa lentokoneaihioiden yhtäaikaista liikuttamista varten tuotantolinjalla. Saksalaiset tekivät tuolloin yhteistyötä Mitsubishin kanssa ja tätä kautta periaatteet siirtyivät Japaniin. (Yleistä Leanista n.d.)

Amerikkalaisten laatuopettajien W. E. Deming ja J. M. Juran avulla japanilaiset tekivät laadusta ominaisuuden, jonka avulla vallattiin maailma. Japanilaiset kehittivät laatujohtamisen toimintamalliksi, joka on ainakin toistaiseksi osoittautunut lyömättömäksi. (Yleistä Leanista n.d.)

Lean -tuotanto (Lean production) termi on tullut tutuksi professorien J. P. Womack, D. T. Jones ja D. Roos vuonna 1990 kirjoittamasta *The Machine that Changed The World* kirjasta, jossa professorit kuvailivat japanilaisten autotehtaiden huimaa tuottavuuden parannusta Yhdysvalloissa. (Leanin Historiaa n.d.)

#### **4.2.2 Virtaus**

Virtaus on Lean-organisaation tärkein periaate, joka tarkoittaa prosessissa keskeytymätöntä materiaalien, komponenttien, tuotteiden ja tiedon virtausta ilman turhaa odottelua tai välivarastoja. Virtauksen alkupiste on asiakkaan tilaus, joka käynnistää valmistuksen ja loppupiste siinä, kun tuote on toimitettu asiakkaalle. Usein valmistusprosessi alkaa tilauksen käsittelyllä, jonka jälkeen alkaa tuotteen valmistusprosessi. Tuotannossa tilaus valmistetaan vaadituista materiaaleista ja jalostetaan asiakkaan haluamalla tavalla. Kun tuote on toimitettu asiakkaalle, virtaus päättyy. Tuotantovaihe sisältää useita eri prosessivaiheita ja tuotetta valmistaa monia eri työntekijöitä. Jokainen vaihe tulisi suorittaa viipymättä korkean virtaustehokkuuden aikaansaamiseksi. (Tuominen 2010, 72.)

Ihanteellinen erä koko jatkuvassa virtauksessa on yksi. Valmistavassa tuotannossa yksittäistuotanto ei kuitenkaan aina ole mahdollista, joten on pyrittävä mahdollisimman pieneen eräkoko. Lisäksi virtaavan tuotannon vaatimus on prosessien sijoittaminen lähelle toisiaan, että materiaalit pysyvät liikkeessä keskeytyksettä vaiheiden ja prosessien välillä. (Tuominen 2010, 72.)

### 4.2.3 7+1 hukan muotoa

Hukka (muda, waste) on alkujaan jaettu seitsemään eri muotoon. Näitä ovat yli-tuotanto, odotus, kuljetus, ylikäsittely, varastot, liike ja laatuongelmat. Myöhemmin tähän joukkoon on tullut mukaan kahdeksas hukka, mikä on työntekijöiden hyödyntämätön potentiaali. Tuomisen (2010, 86) mukaan ”Hukkaa ovat kaikki toiminnot, jotka lisäävät kustannuksia, mutta eivät luo lisäarvoa.”

- 1. Yli tuotantoa** syntyy, kun tuotetaan tarpeetonta, enemmän tai ennen kuin on tarpeen, eli tuotteita valmistetaan ilman tilausta tai varmuuden vuoksi varastoon. Yli tuotanto on keskeisin hukan aiheuttaja, koska sen seurauksena syntyy muita hukan muotoja, kuten varastotilaa, pääomaa ja henkilöistöä. (ARROW Engineering Oy 2016; Ceriffi Oy n.d.)
- 2. Odottelu ja viivästykset** tuotannossa aiheuttavat hukkaa, koska ne eivät tuo lisäarvoa asiakkaalle. Odottamista aiheutuu, kun työntekijä odottaa koneen suoriutumista tai kone henkilön suoritusta. Suuri osa odottelusta johtuu siitä, kun edellinen vaihe ei ole valmis, kun seuraavan pitäisi alkaa, kuljetusta pitää odottaa tai henkilö ei ole tullut paikalle. (ARROW Engineering Oy 2016; Ceriffi Oy n.d.)
- 3. Kuljetukset** ovat pakollisia ja niitä tarvitaan materiaalien, osien, komponenttien ja valmiiden tuotteiden saamiseksi työpisteelle ja -paikoille. Kuitenkaan materiaalin kuljettaminen ei tuo lisäarvoa asiakkaalle, joten kuljetukset tulisi minimoida. Hyvällä layout-suunnittelulla, joka tuo prosessit lähemmäksi toisiaan, voidaan vähentää kuljetuksesta aiheutuvaa hukkaa. (ARROW Engineering Oy 2016; Ceriffi Oy n.d.)
- 4. Ylikäsittelyllä** tarkoitetaan asiakkaan kannalta ylilaatuisia tuotteita, joista asiakas ei ole valmis maksamaan. Ylikäsittelyä on kaikki tarpeeton työstäminen, hiomine ja muut työvaiheet, joita ei ole vaadittu. Ylikäsittely voi myös johtua vääristä työmenetelmistä, jotka voitaisiin korvata tehokkaammilla menetelmillä. (ARROW Engineering Oy 2016; Ceriffi Oy n.d.)

5. **Tarpeettomat varastot** aiheuttavat lisäkustannuksia, kasvattavat tuotannon läpimenoaikoja, sekä haittaavat ongelmien havaitsemista. Tällaisia ovat esimerkiksi ylimääräiset materiaalit, suuret eräkoot, keskeneräinen tuotanto tai valmiiden tuotteiden pitkäaikainen varastointi. (ARROW Engineering Oy 2016; Ceriffi Oy n.d.) Riskinä pitkäaikaisessa varastoinnissa on myös tuotteiden vanhentuminen varastoon uuden revisiomuutoksen takia, minkä takia tuotteet ovat käyttökelvottomia tai niitä joudutaan korjaamaan.
6. **Tarpeeton liike** työvaiheiden aikana, kuten esimerkiksi etsiminen, kurottelu sekä osien ja työkalujen keräily ovat hukkaa, koska ne eivät tuo lisäarvoa itse tuotteeseen. Myös kävely on hukkaa. (ARROW Engineering Oy 2016; Ceriffi Oy n.d.)
7. **Laatuvirheet** lisäävät tuotteen materiaalikustannuksia, kuluttavat kapasiteettia, kasvattavat läpimenoaikaa, aiheuttavat reklamaatioita ja vaikuttavat asiakastyytyväisyyteen. Näillä kaikilla on lisäävä vaikutus kustannuksiin. (ARROW Engineering Oy 2016; Ceriffi Oy n.d.)
8. **Työntekijän hyödyntämätön potentiaali.** Työntekijällä on usein kehitysideoita siitä, miten työskentelyä voitaisiin parantaa. Näitä asioita ei kuitenkaan välttämättä huomioida tai työntekijä ei uskalla niitä kertoa. (ARROW Engineering Oy 2016; Ceriffi Oy n.d.)

#### 4.2.4 5S-menetelmä

5S on Japanissa kehitetty viisiportainen työympäristön organisointimenetelmä. Menetelmän tavoite on kasvattaa työn tuottavuutta ja työturvallisuutta. Menetelmän tarkoitus on poistaa arvoa lisäämättömiä prosesseja luomalla standardeja tarvittavan työn suorittamiseksi. Tämän kehitystyökalun avulla työpiste organisoidaan työn suorittamisen kannalta mahdollisimman toimivaksi. Näiden muutoksien ansiosta on mahdollista parantaa laatua ja turvallisuutta, sekä luoda visuaalisesti miellyttävä ja tehokas työympäristö. (Visco 2016, 1; Väisänen 2013.)

Keskeistä 5S-menetelmässä on, että tuotannosta poistetaan kaikki ylimääräiset koneet, materiaalit, työkalut ja muut asiat, jotka estävät tai hidastavat virtausta. Kun tuotanto on järjestetty 5S:n mukaisesti on tällä vaikutus tuotannon läpimeinoajan lyhentymiseen ja virtauksen paranemiseen. 5S ei kuitenkaan ole siivousohjelma tai yksittäinen kehitysprojekti, vaan jokapäiväinen omaan työhön kuuluva toimintamalli. (Visco 2016, 1; Väisänen 2013.) 5S:n vaiheita ovat:

- 1. Sorteeraus (Sort, Seiri).** Lajitellaan tarpeelliset ja luovutaan kaikista tarpeettomista tarvikkeista, työkaluista, papereista, yms. työpisteiltä tai alueilta, joita ei siellä tarvita (Visco 2016, 1-2; Väisänen 2013).
- 2. Systematisointi (Store, Seiton).** Määritetään kaikille tavaroille ja materiaaleille omat paikat asianmukaisesti tunnistettuna ja merkittynä. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi lattioita maalaamalla, helposti saatavilla olevilla ja ergonomisilla säilytysjärjestelmillä, pisteille kuuluvien työkalujen merkkauksilla tai ilmoitustauluja ja roskakoreja käyttämällä. Tärkeintä tuotannon systematisoinnissa on, että työntekijät huomaavat, jos jokin esine ei ole paikallaan ja korjaavat asian välittömästi. (Visco 2016, 2; Väisänen 2013.)
- 3. Siivous (Shine, Seiso).** Siivotaan alue täydellisesti ja ylläpidetään asiat siinä järjestyksessä, mihin ne on määritetty. Tämä edellyttää sekä työvaatteiden siivousta ja puhdistusta, myös tuotannon koneiden ja laitteiden huolto-ohjelmien suunnittelua sekä ohjelman mukaisen huoltotoimenpiteiden tekoa. (Visco 2016, 2; Väisänen 2013.)
- 4. Standardointi (Standardize, Seiketsu)** liittyy kaikkiin kolmeen ensimmäiseen vaiheeseen, mutta eniten niistä se liittyy siivoukseen ja järjestyksen ylläpitoon. Standardoidaan parhaat rutiinit ja määritellään esim. päivittäiset ja viikoittaiset ylläpidon toiminnot. Tällaisia voivat olla lista työpisteisiin kuuluvista työkalusta, siivousaikataulut ja -alueet tai lattiamerkkaukset trukkilavoille. (Visco 2016, 2; Väisänen 2013.)



5. **Seuranta (Sustain, Shitsuke).** Seurataan sovittuja asioita mm. määritellyllä seurantamallilla ja puututaan, jos poikkeamia ylläpidon osalta on havaittavissa. Sitoutuminen tarkoittaa, että menetelmää harjoitetaan siten, että se varmistaa jatkuvan onnistumisen ja siitä tulee rutiini. Tämä on vaikein ja arvokkain osa 5S-menetelmästä, sillä jos tämä vaihe ei toteudu kaikki muut menetelmän osiot kaatuvat. (Visco 2016, 3; Väisänen 2013.)
  
6. **Turvallisuus (Safety, Anzen)** on 5S-menetelmään myöhemmin sisällytetty ominaisuus. Turvallinen työympäristö kuitenkin vaatii normaalin seurannan sen ylläpitämiseksi. (Väisänen 2013.)

## 5 HITSAAMON SUUNNITTELU

Tarkoituksena on siirtää hitsaamo tuotantoketjun kannalta parempiin tiloihin. Tavoitteena on parantaa materiaalin virtausta, tiedonkulkua vaiheiden välillä ja luoda hyvät edellytykset jatkuvalle tuotannon kehitykselle. Uudet tilat eivät ole hitsaustuotantoon sopivat, joten tässä osiossa käsitellään layout-suunnittelun lisäksi vaadittavia muutostöitä, jotta tilat soveltuisivat hitsaustöihin.

Hitsaamo vaatii toimiakseen useita eri varusteita, joita ei suunnitellussa tilassa vielä ole. Puutteita on nostokapasiteetissa, valaistuksessa sekä paineilma- ja kaasuverkostossa. Lisäksi uuden tilan lattia on asfalttia, mikä ei sovellu hitsaus-työhön.

### 5.1 Layout-suunnittelu

Hitsaamo on yksi osasto funktionaalisesta layoutista. Funktionaalisen layoutin suunnittelu perustuu kuljetusmatkojen ja -kustannusten minimoimiseen (Haverila ym. 2009, 482). Layoutin suunnittelussa tulee usein eteen haasteita, joista täytyy löytää sopiva kompromissi.

Suunnittelun ensimmäinen vaihe oli hitsaamon tilantarpeen suunnittelu. Hitsaamoon halutaan 10 hitsauspistettä, joista osa on isompia ja osa pienempiä. Lisäksi hitsausosien ”setitys” sijoitetaan hitsaamoon. Eurolavoilla säilytettäviä hitsausjigejä varten tarvitaan kolme kappaletta neljä metriä leveitä ja noin neljä metriä korkeita eurolavahyllyjä. Saman verran hyllytilaa tarvitsevat hitsaamoon varastoitavat ulkopuolelta tilatut osat, eli hyllyjä tarvitaan yhteensä kuusi kappaletta. Toimita vaatii myös useita tarvikkekaappeja, tietokoneita ja roskakoreja.

Uusi hitsaustila on kooltaan 538 m<sup>2</sup>. Nykyisen hitsaushallin kokonaispinta-ala on noin 756 m<sup>2</sup>, mutta osa tästä hallista on käytössä muussa toiminnassa. Hitsaus-toiminnan käytössä hallista on noin 672 m<sup>2</sup>.

Uuteen hitsaamoon on tavoitteena sijoittaa 10 hitsauspistettä. Kaksi näistä ovat mitoiltaan 4x6 metriä, kaksi 5x6 metriä ja loput kuusi 4x4 metriä. Hitsauspisteiden kokonaispinta-ala on 184 m<sup>2</sup>. Kaksi vastakkain sijoitettua eurolavahyllyä tarvitsee minimissään kolmen metrin välin toisiinsa. 12 metristen hyllyjen tilantarve on siis noin 80 m<sup>2</sup>. Setitys vaatii tilaa noin 25 m<sup>2</sup>. Tarvikekaapeille ja roskiksille varataan noin 10 m<sup>2</sup> tilaa.

Yhteenlaskettu tilantarve on 299 m<sup>2</sup>, eli kulkureiteille ja muuhun tarpeeseen jää 239 m<sup>2</sup>. Ylitse jäävä tila kuulostaa suurelta, mutta todellisuudessa nosto-ovien edustat ja kulkureitit vievät paljon tilaa.

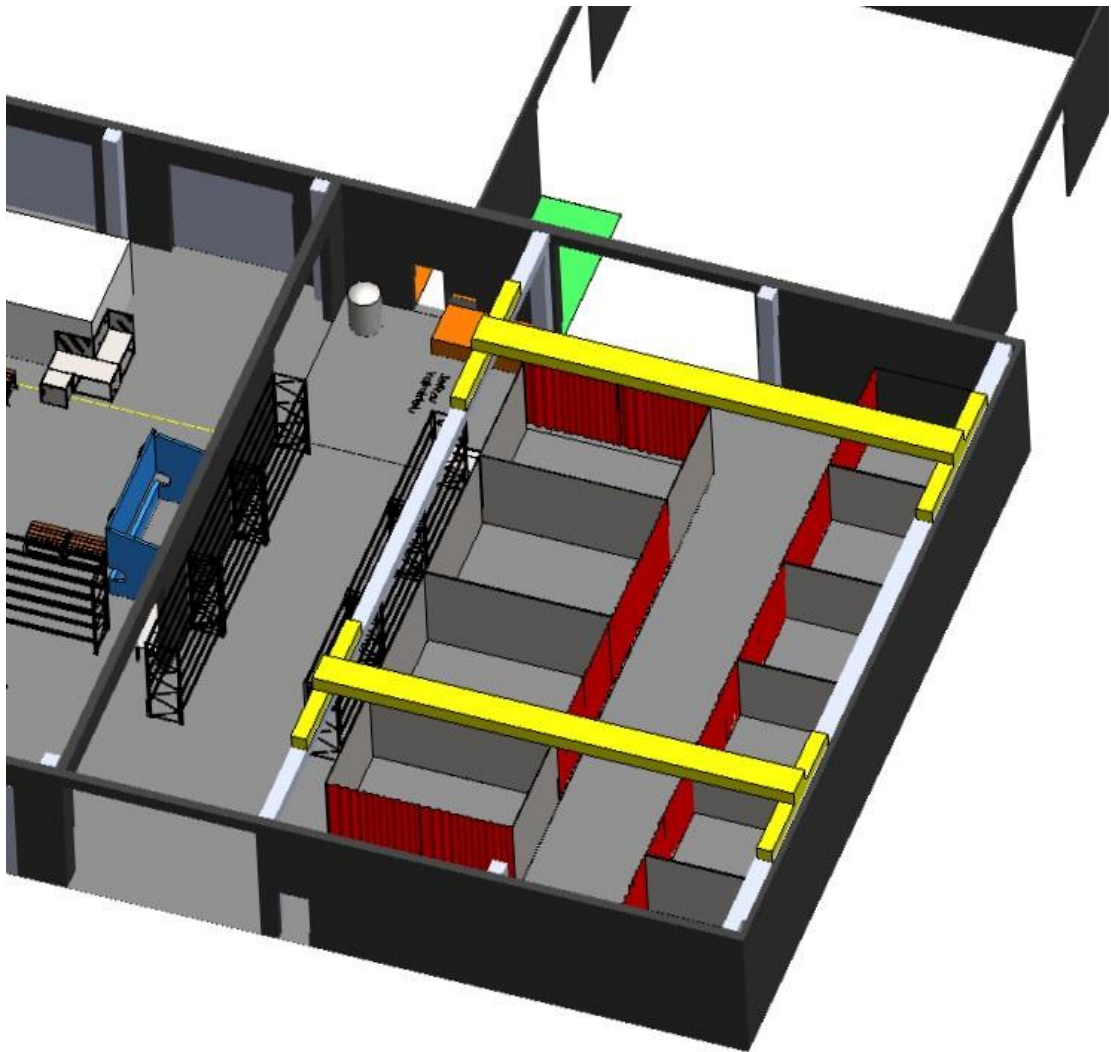
Seuraava vaihe oli vaatimukset täyttävän pohjapiirrosvaihtoehtojen luominen. Vaihtoehtojen hahmottelu suoritettiin piirtämällä paperille useita vaihtoehtoja. Näistä järkeviä vaihtoehtoja oli kuitenkin kolme. Näistä vaihtoehtoista valittiin paras käyttäen hyötyarvomatriisia (taulukko 2).

Kriteereiksi layout-vaihtoehtojen valinnalle otettiin hitsauspisteiden lukumäärä ja koko, liikkumatila, materiaalivirrat, siirtomatkat, hinta ja turvallisuus. Jokaiselle kriteerille määritettiin oma painoarvonsa tärkeyden mukaan.

TAULUKKO 2. Hyötyarvomatriisi (Haverila ym. 2009, 481)

	1. Vaihtoehto		2. Vaihtoehto		3. Vaihtoehto		
	Painoarvo	Kerroin	Pisteet	Kerroin	Pisteet	Kerroin	Pisteet
<i>Hitsauspisteiden määrä</i>	6	5	30	4	24	4	24
<i>Hitsauspisteiden koko</i>	5	3	15	4	20	3	15
<i>Liikkumatila</i>	4	5	20	3	12	2	8
<i>Selkeät materiaalivirrat</i>	6	4	24	2	12	3	18
<i>Siirtomatkat</i>	6	3	18	2	12	2	12
<i>Hinta</i>	7	3	21	3	21	2	14
<i>Turvallisuus</i>	8	5	40	5	40	5	40
<i>Yhteensä</i>			168		141		131

Parhaat pisteet vertailussa sai 1. vaihtoehto. Kuvassa 1 on vaihtoehdon valinnan jälkeen mallinnettu pohjapiirros käyttäen Solidworks 3D-mallinnusohjelmaa.



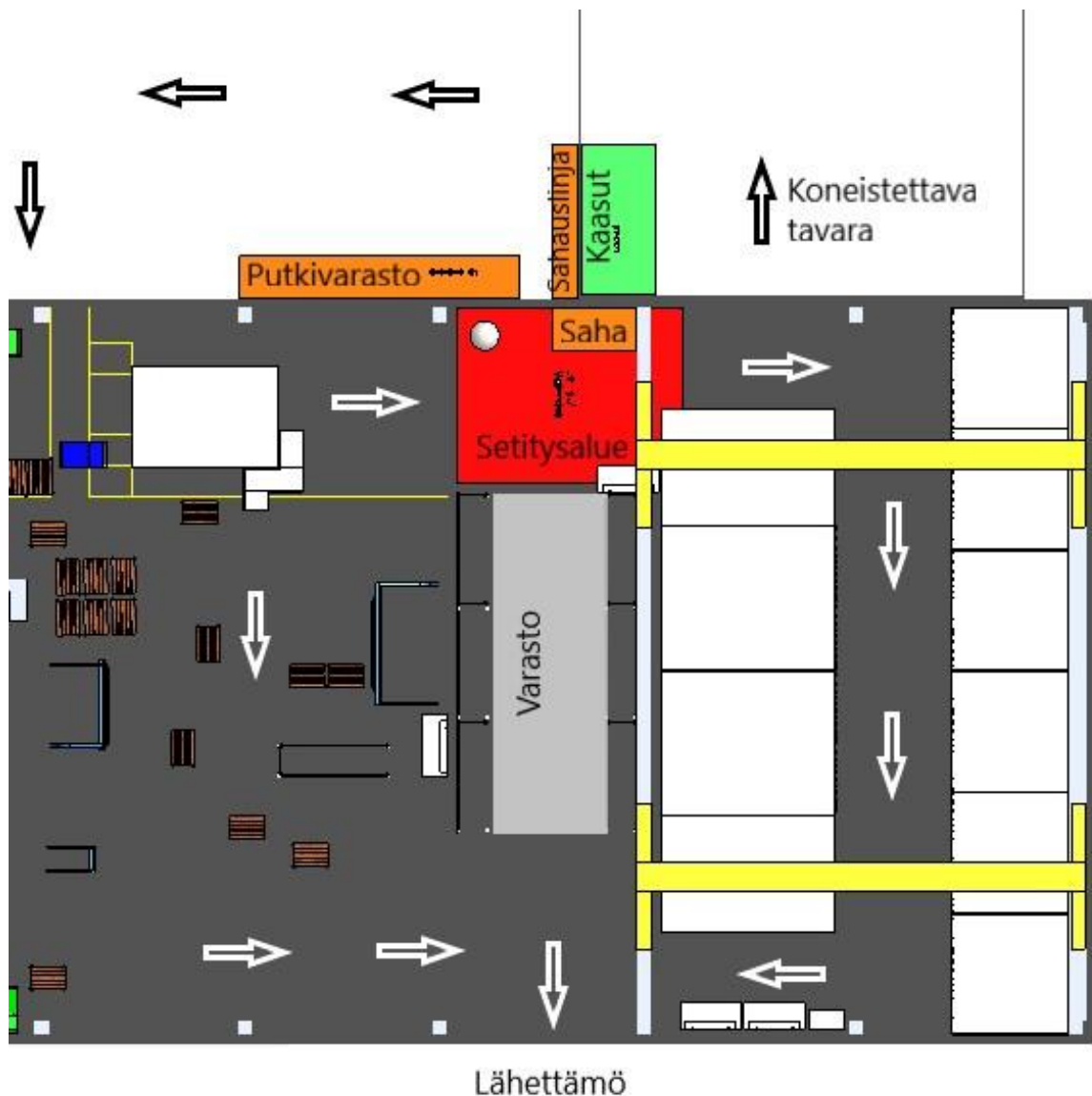
KUVA 1. layout-pohjapiirros.

Tilan vasempaan yläkulmaan on sijoitettu alue, jossa kokoonpannaan hitsareille valmiita hitsaussettejä. Samalle alueelle on myös sijoitettu saha, jonka sahauslinja ja sahatavara ovat sijoitettu ulos rakennettavan katoksen alle. Setitysalueen vieressä on varastoalue, minne säilötään hitsausjigit sekä hitsaukseen menevät osavalmisteet. Kaasupulloja ei tarvitse säilyttää lämpimässä tilassa, joten kaasuja voidaan säilyttää kylmävarastossa vihreällä merkatulla alueella. Hitsauspisteitä suunnitelmassa on 10 kappaletta, joista 6 kappaletta on kooltaan 4x4 metriä, kaksi 4x6 metriä ja kaksi 5x6 metriä alkuperäisen suunnitelman mukaisesti.

Nykyisin kokoonpanopisteitä on kahdessa eri paikassa. Isojen kappaleiden kokoonpano on hitsaamossa ja pienempien kappaleiden omassa kokoonpanotilassa. Tarkoituksena on yhdistää kokoonpanopaikat samaan paikkaan materiaalivirtauksen selkeyttämiseksi. Uudessa suunnitelmassa kokoonpanoa ei ole sijoitettu hitsaamoon, vaan kokoonpanon sijoitus suunnitellaan myöhemmin.

Kuvassa 2 on kuvaus suunnitellusta materiaalivirrasta. Hitsausta edeltävä vaihe on lähes poikkeuksetta setitys. Setityksessä valmistetut osakokonaisuudet säilötään hitsauksen suorittavan työntekijän pisteelle tai pisteen eteen mahdollisuuksien mukaan. Tavoitteena on, että settejä valmistettaisiin sopiva määrä, jotta hitsaamo ei täytyisi keskeneräisestä tuotannosta, mutta hitsaaja ei joutuisi myöskään odottamaan kappaleita edelliseltä vaiheelta.

Hitsauksesta valmiit tuotteet siirtyvät lähettämöön, mistä tuotteet lähtevät ulkoiseen vaiheeseen tai asiakkaalle. Poikkeuksena kuitenkin tuotteet, jotka koneistetaan hitsauksen jälkeen. Koneistettava tavara kulkee kylmävaraston kautta koneistuspisteelle.



KUVA 2. Materiaalin virtaus

## 5.2 Nostokapasiteetin suunnittelu

Päivittäiseen toimintaa hitsauksessa kuuluu nosturin käyttö. Nosturia käytetään jalostettavien tuotteiden siirtämiseen työpisteelle ja työpisteeltä pois. Lisäksi nosturia käytetään kappaleiden kääntämiseen hyvän hitsausasennon aikaansaamiseksi, jolla pyritään varmistamaan tasalaatuiset hitsaussaumamat.

Toistuvassa tuotannossa olevia kappaleita pystytään käsittelemään 2 000 kg:n nostimella, mutta haasteena ovat kertaluontoiset projektityöt, joiden paino voi olla yli 10 000 kg. Yli 2000 kg:n painoisia kokonaisuuksia valmistetaan vuositasolla ainoastaan yksittäisiä, joten mielestäni suurten kokonaisuuksien siirtämiseen tulee miettiä vaihtoehtoisia ratkaisuja.

Nykyisessä hitsaamossa on kaksi siltanostinta sekä kaksi pylväskääntönostinta, jotka on koettu riittäviksi toimintaan. Pylväskääntönostureita on käytetty työpisteillä missä on tarvittu jatkuvasti nosturia, mutta niiden käyttö on vähentynyt valmistettavien tuotteiden vaihtuessa. Layout-suunnitelmaan ei ole asetettu pylväskääntönostureita, koska suoritettavat työt eivät tällä hetkellä vaadi jatkuvaa nosturin käyttöä. Jos myöhemmin esiintyy tarvetta nosturin jatkuvalla käytöllä niin esimerkiksi vanhat pylväskääntönosturit voidaan siirtää tarvittaville paikoille.

Uuden hitsaushallin nostoalueen vaadittava jänneväli on noin 14 metriä ja nosturiradan pituus 25 metriä. Nosturirata ja kaksi 2 000 kg:n siltanostinta maksaisi asennuksineen noin 60 000 euroa.

## 5.3 5S:n käyttöönotto

Leanin käyttöönotto on hyvä aloittaa 5S-menetelmällä, koska se ei vaadi kalliita investointeja. Oikein käyttöönotettuna menetelmällä voidaan saavuttaa nopeasti näkyviä tuloksia. Suurin epäonnistumisen kynnys on sitoutuminen, joka vaikuttaa muutosprojektin onnistumiseen. Menetelmä haluttiin ottaa käyttöön mahdollisimman nopeasti nykyisen hitsaamon tiloihin, jonka jälkeen menetelmän siirtäminen uusiin tiloihin ja koko tehtaaseen on helpompaa.

Lähtötilanne muutoksiin oli hyvä, koska työpisteisiin on asennettu reikälevystä valmistetut sermit, joihin on mahdollista kiinnittää työkalukoukkuja. Valaistus on hoidettu asianmukaisesti sermien päälle asennetuilla työpistevaloilla. Ongelmaksi oli muodostunut hallin lattioille ja hyllyihin kertynyt ylimääräinen tavara, jota ei tarvita tuotteiden valmistukseen tai koneiden huoltamiseen. Hitsaamossa on aikaisemmin pyritty ylläpitämään listaa hitsausjigien hyllypaikoista, mutta jigihyllyn ylläpitäminen oli jäänyt heikoksi, sillä uusia jigejä ei ollut lisätty niille tarkoitettuun listaan, eivätkä vanhat jigit olleet omilla paikoillaan.

5S:n muutostyöt aloitettiin lajittelemalla työntekijöiden kanssa työpisteiden työkalut ja tavarat tarpeellisiin ja tarpeettomiin. Tarpeettomat tavarat poistettiin käytöstä. Tarpeelliset tavarat järjesteltiin työpisteellä uudelleen.

Kuvassa 3 on esitetty työpisteen tilanne ennen ja jälkeen muutostöiden, joissa jokaiselle tavaralle on etsitty oma paikka. Järjestelyn ansiosta työntekijä huomaa mahdollisen puuttuvan työkalun välittömästi. Toinen järjestelyn hyöty on se, etteivät työkalujen paikat vaihtele, jolloin etsimiseen ei kulu aikaa. Kuvan ottamisen jälkeen jokaisen pisteen työkalut vielä maalattiin työpistekohtaisella värillä merkitsemään sitä, mille työpisteelle työkalut kuuluvat.



KUVA 3. Ennen ja jälkeen

Jigihyllyn järjestelyyn tutkimukseen käytössä ollut aika ei riittänyt, mutta toimenpiteet ovat suunnitelmissa toteuttaa portaittain 5S:n mukaisesti. Tarpeettomat jigit tullaan siis poistamaan, jokaiselle määritetään oma numeroitu paikka hyllystä, tehdään lista mille paikalle jigi kuuluu, lisätään työkorteille kunkin hitsausjigin paikka ja ylläpidetään järjestystä. Uusia jigejä valmistaessa tulee huomioida jigin oikeaoppinen lisäys.

Hallin siivouksesta on jo aikaisemmin tehty selkeä siivousohjeistus, joten opastusta ei tarvinnut muuttaa.

#### 5.4 Hinta-arvio

Nosturin lisäksi tilaan vaaditaan betonilattia ja jokaiselle pisteelle valaistus sekä liitokset paineilma- ja kaasuverkkoon. Myös sermien asennukset ja muut pienemmät muutostyöt aiheuttavat kuluja. Taulukon 3 hintatiedot perustuvat samantyyppisiin asennuksiin, jotka on suoritettu tehtaaseen viime vuosien aikana. Lisäksi tulee huomioida, että halutessa voidaan hyödyntää vanhoja valaisimia ja sermejä.

TAULUKKO 3. Hinta-arvio

<i>Tarve</i>	<i>Hinta</i>
<i>Nosturi</i>	60 000 €
<i>Betonilattia</i>	50 000 €
<i>Valaistus</i>	25 000 €
<i>Paineilmaverkosto</i>	15 000 €
<i>Kaasuverkosto</i>	20 000 €
<i>Asennukset</i>	10 000 €
<i>Yhteensä</i>	<i>180 000€</i>

Arvioon ei ole huomioitu siirtymisestä aiheutuvia kuluja, mikä johtaa tuotannon hetkelliseen keskeytymiseen. Lisäksi tulee huomioida lähettämön siirrosta aiheutuvat kulut.



## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Hyvä layout ei yksin ratkaise tuotannon tuottavuutta, mutta layout-muutos antaa vakaan pohjan tuotannon virtaukselle, mikä johtaa lyhyempiin läpimenoaikoihin. Virtauksen aikaansaamiseksi vaaditaan tarkkaa tuotannosuunnittelua ja todellista dataa vaiheajojen kestosta. Haasteina ovat funktionaalisen layoutin hankala tuotannonohjaus ja keskeneräisen tuotannon paljous. Layout-muutoksella voidaan päästä loistaviin tuloksiin, mutta se tulee vaatimaan onnistunutta läpivientiä ja tuotannon kuormituksen tasaisuutta. Tärkeimpinä asioina on sitoutua kehittämään tuotantoa jatkuvasti, seuraamaan läpimenoaikoja ja pyrkiä poistamaan arvoa tuottamattomia toimenpiteitä.

Tutkimuksessa havaittiin paljon tuottamatonta aikaa työkalujen ja tarvikkeiden etsimiseen työpisteen sisällä kuin myös työpisteen ulkopuolella. Tätä hukkaa on pyritty pienentämään 5S:n käyttöönotolla. Tutkimuksessa huomiota herätti myös korkea hionta-aika, joka koostuu suurimmaksi osaksi levyjen reunojen pyöristämisestä. Markkinoilla on tarjolla useita automaattisia koneita leikkauksesta aiheutuvan terävän reunan poistoon. Koneen tuomia hyötyjä olisi ainakin hitsausvaiheelta poistuva ylimääräinen hionta ja laadun tasaisuus.

Tehtaan haasteena on sadat erilaiset tuotevariaatio kuten myös tässä opinnäytetyössä. Samankaltaisia pitkäkestoisia toistuvia tuotteita on kuitenkin useita ja jatkokehityskohteena voisi olla näiden tuotteiden arvovirtakuvauksen luominen. Arvovirtakuvausta käytetään virtauksen esteen tunnistamiseen ja priorisointiin. Ongelmien tunnistaminen ja niiden ratkaisu on keskeinen asia tehokkuuden nostamisessa. Mahdollisena jatkokehityskohteena voisi olla investointilaskelma levyn reunanpyöristys koneesta, joka perustuisi ajankäyttötutkimuksen tuloksiin.

## LÄHTEET

- Ahokas, P., Tiihonen, J., Neuvonen, J & Suikki, M. 2011. Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita. Helsinki: Teknologiateollisuus ry. Luettu 17.12.2019 [https://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/file\\_attachments/tyomarkkinat\\_kannustava\\_palkkaus\\_palkkaustapoja\\_tyontutkimuksen\\_menettelytavat.pdf](https://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/file_attachments/tyomarkkinat_kannustava_palkkaus_palkkaustapoja_tyontutkimuksen_menettelytavat.pdf)
- ARROW Engineering Oy. 2016. Lean-filosofian 7+1 tuottamatonta toimintoa. Luettu 27.2.2020. <https://blogi.arroweng.fi/lean-filosofian-71-tuottamatonta-toimintoa>
- Ceriffi Oy. n.d. Kahdeksan hukan muotoa. Luettu 27.2.2020. <http://www.ceriffi.fi/palvelut/kahdeksan-hukan-muotoa>
- Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. 6. painos. Tampere: Infacs.
- Logistiikan Maailma. n.d. Tuotannon Layout. Luettu 17.2.2020. <http://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tuotantostrategia/tuotannon-layout/>
- Quality Knowhow Karjalainen Oy. n.d. Leanin historiaa. Luettu 25.2.2020. <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/leanin-historiaa/>
- Quality Knowhow Karjalainen Oy. n.d. Tätä on Lean. Luettu 25.2.2020. <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/lean/>
- Quality Knowhow Karjalainen Oy. n.d. Yleistä Leanista. Luettu 25.2.2020. <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/yleinen/>
- Slack, N. Brandon-Jones, A. & Johnston, R. 2016. Operations management. 8. painos. Harlow: Pearson Education.
- Teknologiateollisuus ry 2020. Työehtosopimus. Luettu 22.4.2020. [https://www.teollisuusliitto.fi/wp-content/uploads/2020/01/200107\\_Teknologiateollisuus\\_tyoehtosopimus-2020-2021.pdf](https://www.teollisuusliitto.fi/wp-content/uploads/2020/01/200107_Teknologiateollisuus_tyoehtosopimus-2020-2021.pdf)
- Tuominen, K. 2010. Lean - kohti täydellisyyttä: itsearviointin oppi- ja työkirja. 1. painos. Helsinki: Readme.fi.
- Visco, D. 2016. 5S made easy : a step-by-step guide to implementing and sustaining your 5S program . 1. painos. Portland: CRC Press.
- Väisänen, J. 2013. Viiden ässän kehitystyökalu. Luettu 2.3.2020. <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/artikkelit/viiden-aessaen-kehitystyoeckalu/>

## LIITTEET

Liite 1. Ajankäyttötutkimuksen mittausdataa.

ALKU	KESTO	SELITE	KATEGC
0.05.45	0.05.45	alku	
0.06.20	0.00.35		muu
0.07.05	0.00.45		hio
0.07.30	0.00.25		nöö
0.08.10	0.00.40		mit
0.09.30	0.01.20		muu
0.10.10	0.00.40		nöö
0.10.30	0.00.20		hio
0.12.45	0.02.15		poi
0.13.35	0.00.50		muu
0.13.50	0.00.15		hio
0.14.25	0.00.35		kää
0.15.15	0.00.50		muu
0.16.30	0.01.15		hit
0:17:00	0.00.30		kää
0.17.30	0.00.30		muu
0.19.25	0.01.55		hit
0.20.00	0.00.35		muu
0.20.45	0.00.45		hio
0.21.30	0.00.45		muu
0.24.05	0.02.35		hit
0.24.30	0.00.25		muu
0.24.45	0.00.15		hit
0.26.40	0.01.55		hio
0.27.00	0.00.20		nöö
0.27.25	0.00.25		muu
0.28.00	0.00.35		kää
0.30.00	0.02.00		hit
0.31.00	0.01.00		hio
0.32.00	0.01.00		poi
0.33.00	0.01.00		sii
0.34.50	0.01.50		poi
0.35.05	0.00.15		kää
0.35.30	0.00.25		hit
0.37.50	0.02.20		nos
0.39.00	0.01.10		hio
0.39.30	0.00.30		muu
0.40.40	0.01.10		ase
0.41.30	0.00.50		muu
0.45.00	0.03.30	auttamassa muita	poi
0.47.00	0.02.00		ase
0.49.30	0.02.30		hio
0.50.15	0.00.45		muu
0.50.50	0.00.35		hio
0.58.00	0.07.10		ase
0.58.30	0.00.30		muu
0.59.00	0.00.30		mit

## Liite 2. Tutkimuksen tulokset.

