

Eetu Pääkkölä

## **KOKOONPANO- JA PAKKAUSLINJASTON LAYOUTIN SUUNNITTELU**

# **KOKOONPANO- JA PAKKAUSLINJASTON LAYOUTIN SUUNNITTELU**

Eetu Pääkkölä  
Opinnäytetyö  
Kevät 2019  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Konetekniikka, tuotantotekniikka

---

Tekijä: Eetu Pääkkölä

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Kokoonpano- ja pakkauslinjaston layoutin suunnittelu

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Layout Design for Assembly and Packaging Line

Työn ohjaaja: Tauno Jokinen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2019

Sivumäärä: 38 + 0 liitettä

---

Opinnäytetyön aiheena oli kokoonpano- ja pakkauslinjaston layoutin suunnittelu tilaajayrityksen nykyisiin tuotantotiloihin. Tilaajayritys haluaa laajentaa toimintaansa ja aloittaa alumiiniprofiilin valmistuksen ja kokoonpanemisen itse. Työn tavoitteena oli luoda toimiva layout-ratkaisu, joka auttaa viemään tilaajan suunnitelmia eteenpäin.

Layout-suunnittelun tavoitteita ovat esimerkiksi tehokas tuotannon materiaalivirta, tilojen tehokas käyttö ja joustavasti muunneltava layout. Tavoitteisiin päästään, kun layout-suunnitteluun vaikuttavat tekijät ovat huomioitu ja analysoitu tarkasti. Suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi tuotantomäärää, tuotevariaatioiden määrää ja toimipisteiden lukumäärä. Layoutin suunnitteluun on käytettävissä paljon erilaisia menetelmiä. Richard Mutherin kehittämä layout-suunnittelumenetelmä on yksi perinteisimmistä suunnittelumenetelmistä, joka keskittyy toimintojen välisten suhteiden analysointiin ja suhteiden tärkeyden määrittämiseen.

Työn toteutusosassa tutustuttiin ensin yrityksen nykyiseen alumiiniprofiilin muokkausprosessiin ja tuotantotilojen geometrisiin mittoihin. Muokkausprosessista saatujen tietojen ja tilaajan kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta luotiin kokoonpano- ja pakkauslinjaston prosessikaavio. Kokoonpano- ja pakkauslinjasto koostui viidestä eri toimipisteestä eli varastosta, työstökeskuksesta, kokoonpanopisteestä, leikkauspisteestä ja pakkauslinjastosta. Seuraavassa vaiheessa aloitettiin layoutin suunnittelu ja luotiin kolme vaihtoehtoista suunnitelmaa. Layout-suunnitelmissa 1 ja 3 toimipisteet sijoitettiin kahteen tuotantotilaan ja materiaalin siirto tuotantotilojen välillä tapahtui rullakuljettimen avulla. Layout-suunnitelmassa 2 kokoonpano- ja pakkauslinjaston toimipisteet keskitettiin isoimpaan tuotantotilaan. Suunnitelmia vertailtiin keskenään ja vertailussa käytettiin apuna hyötyarvomatriisia. Layout-suunnitelma 2 oli paras kokonaisratkaisu, jossa työskentely oli muita suunnitelmia tehokkaammin toteutettavissa.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin toteutuskelpoinen ja toimiva layout-suunnitelma, joka vastasi tilaajan asettamia vaatimuksia. Suunnitelman pohjalta on hyvä jatkaa kokoonpano- ja pakkauslinjaston suunnittelemista.

---

Asiasanat: layout, suunnittelu, valmistusprosessi

# ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Programme of Mechanical Engineering, Production Technology

---

Author: Eetu Pääkkölä  
Title of thesis: Layout Design for Assembly and Packaging Line  
Supervisor: Tauno Jokinen  
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2019  
Pages: 38 + 0 appendices

---

The purpose of this thesis was to design a layout for an assembly and packaging line in the commissioning company's existing facilities. The company wants to expand its operations and start manufacturing of aluminium profiles. The objective of this thesis is to create a functional layout plan which helps the company develop its plans further.

The objectives of the layout design are effective material flow, efficient use of space and flexibly convertible layout. The objectives will be reached when all the factors affecting the layout design are acknowledged and analyzed accurately. Factors affecting the design are for example production volume, product range and number of work stations. There are many different methods for layout design. Systematic Layout Planning developed by Richard Muther is one traditional design method that focuses on analysing the relationships between workstations and determining the importance of the relationships.

In the implementation part of the thesis, the first step was to get acquainted with the company's current aluminium profile forming process and the geometric dimensions of the production floors. Based on the information received from the forming process and discussions with the company, a process flow chart of the assembly and packaging line was created. The assembly and packaging line contained five work stations which were: warehouse, machining centre, assembly station, cutting station and packaging line. In the next step, the planning of the layout was started, and three versions of alternative layout plans were created. In layout plans 1 and 3 the work stations were placed in both manufacturing facilities and the material flow between them was carried out by a roll conveyor. In layout plan 2 all workstations were placed in the largest facility. The plans were compared with each other and the value matrix was used in comparison. Layout plan 2 was the best overall solution where the working was implemented in the most efficient manner.

As a result of this thesis a functional and workable layout plan was made, which met all the requirements set by the company. The plans of this thesis give the company good possibilities to continue the planning of the assembly and packaging line.

---

Keywords: layout, planning, manufacturing process

## **ALKULAUSE**

Tässä opinnäytetyössä luotiin kokoonpano- ja pakkauslinjaston layout-suunnitelma. Työn tavoitteena oli auttaa viemään toimeksiantajan suunnitelmia eteenpäin.

Haluan lämpimästi kiittää toimeksiantajaa ja sen työntekijöitä, jotka mahdollistivat opinnäytetyön toteutumisen. Työn ohjaajaa yliopettaja Tauno Jokista haluan kiittää hyvistä neuvoista ja asiantuntevasta ohjauksesta työn aikana. Tekstinohjauksesta haluan kiittää lehtori Tuija Juntusta.

Lisäksi haluan vielä kiittää avopuolisoani ja opiskelutovereitani tuesta opiskelujen ja opinnäytetyön aikana.

Oulussa 28.4.2019

Eetu Pääkkölä

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Työn tavoitteet	7
1.2 Tutkimuskysymykset	7
1.3 Työn toteuttaminen	7
2 LAYOUT-SUUNNITTELU	9
2.1 Layout	9
2.2 Layoutin valinta	12
2.3 Layout-suunnitteluun vaikuttavat asiat	13
2.3.1 Materiaalivirta	13
2.3.2 Aktiivisuussuhteet	16
2.3.3 Tilan rajoitukset ja vaatimukset	16
2.3.4 Varastot	17
2.4 Layoutin suunnittelumenetelmä	18
3 LAYOUT-SUUNNITTELUN TOTEUTUS	24
3.1 Alumiiniprofiili	24
3.2 Nykytilan kartoitus	24
3.3 Toimintojen väliset suhteet	27
3.4 Vaatimukset ja rajaukset	28
3.5 Palikkamallinnus	29
3.6 Layout-suunnitelmien vertailu	33
3.7 Valittu layout-suunnitelma	34
4 YHTEENVETO	36
4.1 Työn toteutus	36
4.2 Toteutuksen arviointi	37
LÄHTEET	38

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä suunnitellaan alumiiniprofiilin kokoonpano- ja pakkauslinjaston layout-suunnitelma. Tilaajayritys haluaa laajentaa toimintaansa ja aloittaa alumiiniprofiilin valmistamisen ja kokoonpanemisen itse. Tämän työn tarkoituksena on luoda layout-suunnitelma tulevalle kokoonpano- ja pakkauslinjastolle. Layout-suunnitelma tehdään yrityksen nykyisiin tuotantotiloihin

## 1.1 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena on laatia alumiiniprofiilin kokoonpano- ja pakkauslinjaston layout-suunnitelma tilaajan nykyisiin tuotantotiloihin. Työn tarkoituksena on toimia pohjana tulevalle kokoonpano- ja pakkauslinjastolle ja auttaa viemään suunnitelmia eteenpäin. Tilaajalla ei ole aikaisemmin ollut kokoonpano- ja pakkauslinjastoa, joten suunnitelmasta halutaan toimiva ja tehokas ratkaisu, jossa käytetään apuna automatiikkaa. Suunnitelmassa tulee ottaa myös huomioon tulevaisuuden investoinnit ja jättää tilaa laajentumiselle.

## 1.2 Tutkimuskysymykset

Tilaajayrityksellä ei aikaisemmin ole ollut kokoonpano- ja pakkauslinjastoa, joten opinnäytetyössä olennaisinta on selvittää kokoonpanolinjalla tarvittavat laitteistot sekä layout-suunnittelussa käytettävät menetelmät ja vaiheet. Opinnäytetyön tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

1. Minkälainen on valmistusprosessi?
2. Mitä laitteistoja kokoonpano- ja pakkauslinjalla tarvitaan?
3. Mitkä ovat layout-suunnittelun vaiheet ja käytettävät menetelmät?

## 1.3 Työn toteuttaminen

Työn toteuttaminen aloitetaan tutustumalla yrityksen tiloihin ja nykyiseen alumiiniprofiilin muokausprosessiin. Samalla etsitään tietoa alumiiniprofiilin valmistusprosesseista. Lisäksi tutustutaan layout-suunnittelun kirjallisuuteen ja teoriaan. Layout-suunnittelu tehdään vaiheittain, teoriaosuudessa esitettyjä menetelmiä apuna käyttäen. Layout-suunnitelmien suunnittelutyökaluina käytetään Microsoft Office Visio 2016- sekä Autodeskin

AutoCAD 2019 -ohjelmaa. Visio 2016 -ohjelmaa käytetään palikkamallien mallintamiseen ja layoutin karkeaan suunnitteluun. Autodeskin AutoCAD 2019 -ohjelmalla tehdään lopullinen layout-suunnitelma. Suunnitelmaan ei oteta huomioon tulevan kokoonpanolinjaston tuotantomääriä.

## **2 LAYOUT-SUUNNITTELU**

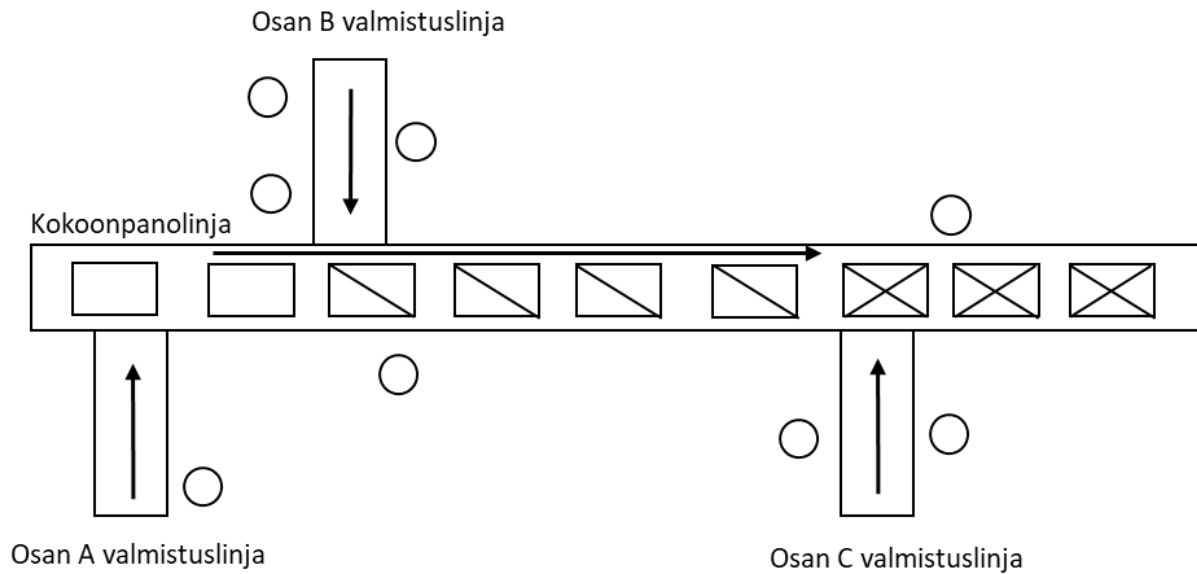
Layout-suunnittelua käsittelevien aineistojen etsiminen aloitettiin tutustumalla aiheeseen liittyviin opinnäytetöihin. Opinnäytetöistä löytyi runsaasti layout-suunnittelua käsitteleviä teorialähteitä ja aineistoja. Kattavimmat aineistot löytyivät Arto Kuusiniemen (2017) opinnäytetyöstä ja samoja aineistoja on hyödynnetty myös tässä työssä.

### **2.1 Layout**

Layoutilla tarkoitetaan tuotantojärjestelmän fyysisten osien, kuten koneiden, laitteiden, varastopaikkojen ja kulkureittien sijoittelua tehtaassa. Layoutit jaetaan prosessinkulun ja tuotantolaitteiden sijoittelun perusteella neljään päätyyppiin: tuotantolinja-layoutiin, funktionaaliseen layoutiin, solu-layoutiin ja kiinteään tuotantopaikkaan. (Haverila – Uusi-Rauva – Kouri – Miettinen 2009, 475.)

#### **Tuotantolinja-layout**

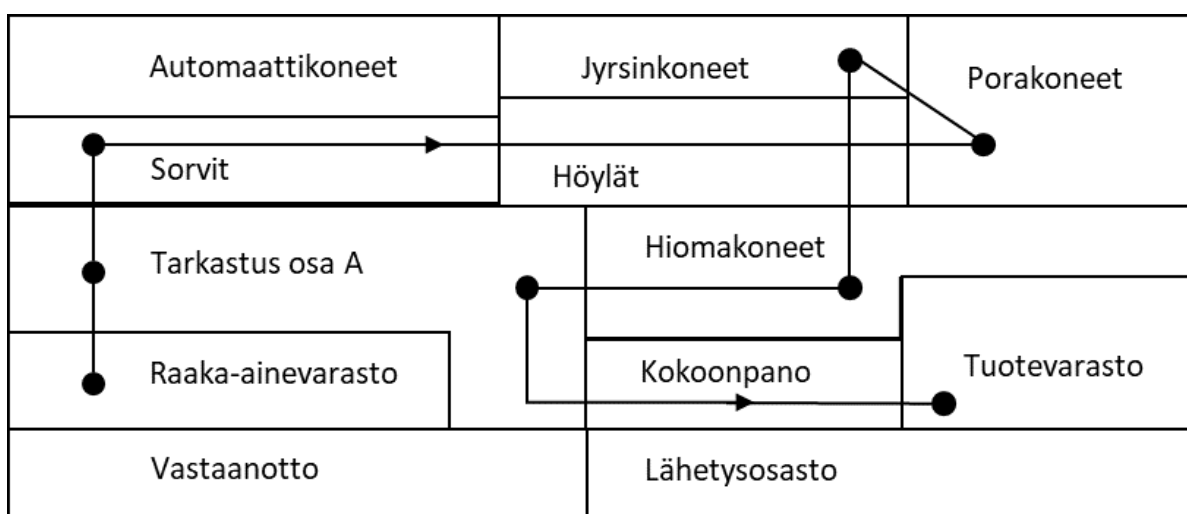
Tuotantolinja (kuva 1) on erikoistunut tietyn tuotteen valmistamiseen, jossa koneet ja laitteet ovat valmistettavan tuotteen työnkulun mukaisessa järjestyksessä. Valmistaminen on tehokasta ja yleensä automatisoitua. Työnkulku on selkeää ja työpisteiden välillä voidaan käyttää mekaanisia kuljettimia. Esimerkiksi autojen kokoonpano tapahtuu tuotantolinjoilla. (Haverila ym. 2009, 475.)



KUVA 1. Tuotantolinja-layout (Haverila ym. 2009, 476)

### Funktionaalinen layout

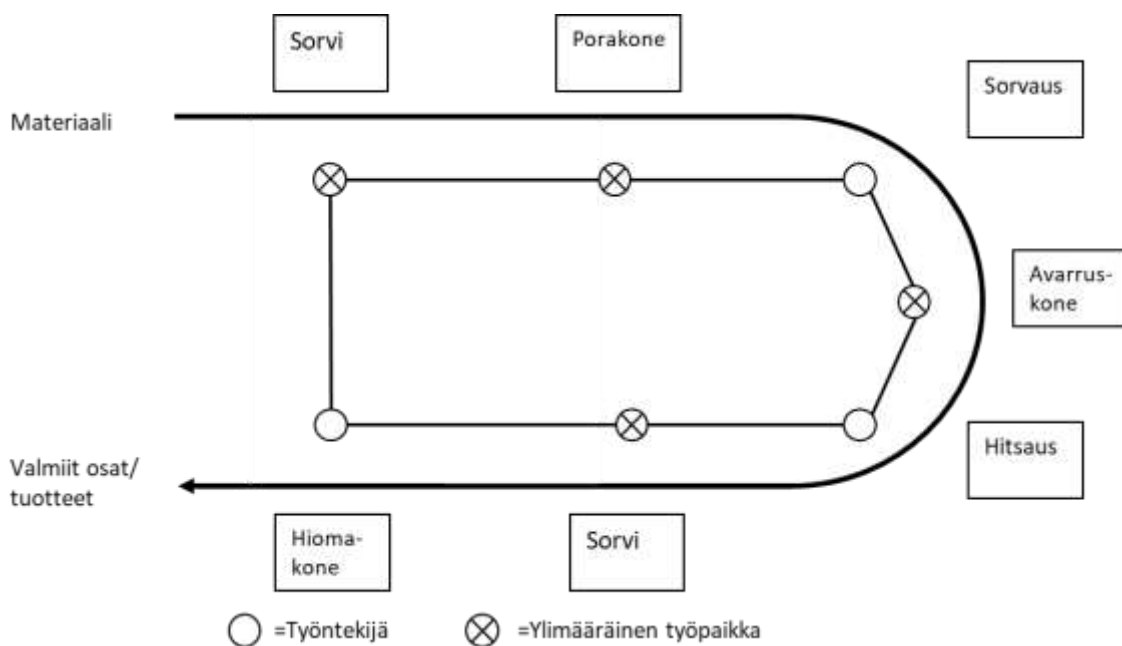
Funktionaalisessa layoutissa (kuva 2) samankaltaiset prosessit ja koneet on ryhmitelty työtehtävän samankaltaisuuden perusteella. Esimerkiksi kaikki sorvit ovat sorvaamossa ja höylät höyläämössä. Tuotantolinjaan verrattuna funktionaalisessa layoutissa tuotteiden kulku poikkeaa toisistaan. Eri tuotteilla on erilaiset valmistustarpeet, joten tuotteiden virtauskaaviot voivat olla hyvin monimutkaisia. Tämän takia tuotteet pyritään valmistamaan joko yksittäiskappaleina tai sarjoina. (Haverila ym. 2009, 476.)



KUVA 2. Funktionaalinen layout (Haverila, ym. 2009, 477)

## Solu-layout

Solu-layout (kuva 3) on eräänlainen välimuoto tuotantolinjasta ja funktionaalisesta layoutista. Solu-layout on itsenäinen ryhmä, joka koostuu eri koneista ja työpisteistä. Solut ovat erikoistuneet tietyn osan tai työvaiheen valmistamiseen. Funktioonlaisen layoutin tapaan solu-layoutissa valmistetaan tuotteita yksittäiskappaleina tai sarjoina. Poikkeuksena solun tuotteiden virtauskaavio on funktionaalista paljon selkeämpi, koska tuotteet kulkevat samaa ennalta määrättyä polkua pitkin. (Haverila ym. 2009, 478.)



KUVA 3. Solu-layout (Haverila ym. 2009, 478)

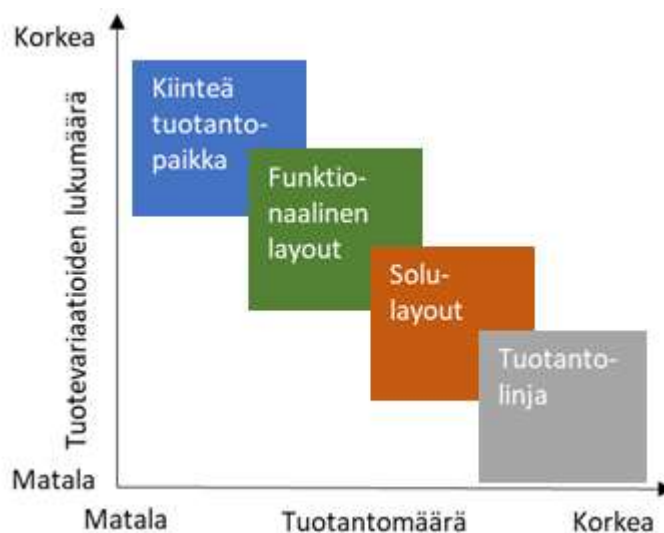
## Kiinteä tuotantopaikka

Kiinteää tuotantopaikkaa käytetään projektinomaiseen tuotantoon. Valmistettava tuote on joko liian iso tai liian herkkä siirrettäväksi, joten valmistuksen tulee tapahtua samassa pisteessä. Esimerkiksi suurten risteilyalusten rakentaminen tapahtuu kiinteällä tuotantopaikalla. (Slack – Chambers – Johnston 2001, 187.)

## 2.2 Layoutin valinta

Layoutin valintaan vaikuttavat tuotteiden valmistusmäärä ja tuotevariaatioiden lukumäärä. Sopivin layout valitaan harvoin kaikkien neljän layout-tyyppin väliltä. Valmistettavan tuotteen tarpeet rajaavat yleensä vaihtoehdot kahteen tai yhteen. Lopulliseen valintaan päästään vertailemalla layout-tyyppien vahvuuksia ja heikkouksia keskenään. Esimerkiksi tuotantolinjalla päästään korkeisiin tuotantomääriin, mutta tuotevariaatioiden määrä on minimaalinen. Funktionaalisessa layoutissa ei päästä tuotantolinjan tuotantomääriin, mutta funktionaalisessa tuotevariaatioiden määrä on selvästi laajempi. Solu-layoutilla taas päästään tuotantomäärissä ja tuotevariaatioiden lukumäärässä edellä mainittujen layout-tyyppien välimaastoon. (Slack ym. 2001, 198.)

Kuvassa 4 on esitetty layout-tyyppien vahvuudet, kun on otettu huomioon tuotevariaatioiden lukumäärä sekä tuotantomäärä. Layout-tyyppien väliset rajat ovat häilyvät, koska kyseisillä alueilla voidaan käyttää kumpaa tahansa layout-tyyppiä. Lopulliseen valintaa vaikuttaa se, halutaanko laskea tuotteen valmistuskustannuksia pitämällä tuotantomäärä korkeana vai pitää tuotevariaatioiden määrä suurempana. Valinta on aina tapauskohtainen. (Slack ym. 2001, 198.)



*KUVA 4. Tuotantomäärän ja tuotevariaatioiden lukumäärän suhteen sopivuus kullekin layout-tyypille (Slack ym. 2001, 198)*

## 2.3 Layout-suunnitteluun vaikuttavat asiat

Layout-suunnittelun yksi päätavoitteista on materiaalivirtojen tehokas suunnittelu. Materiaalien siirtämiset ja matkat pyritään minimoimaan työpisteiden ja osastojen järkevällä sijoittelulla. Layoutin huolellinen suunnitteleminen edesauttaa tuotannon ohjauksen ja toiminnan kehittämistä tulevaisuudessa. (Haverila ym. 2009, 482.)

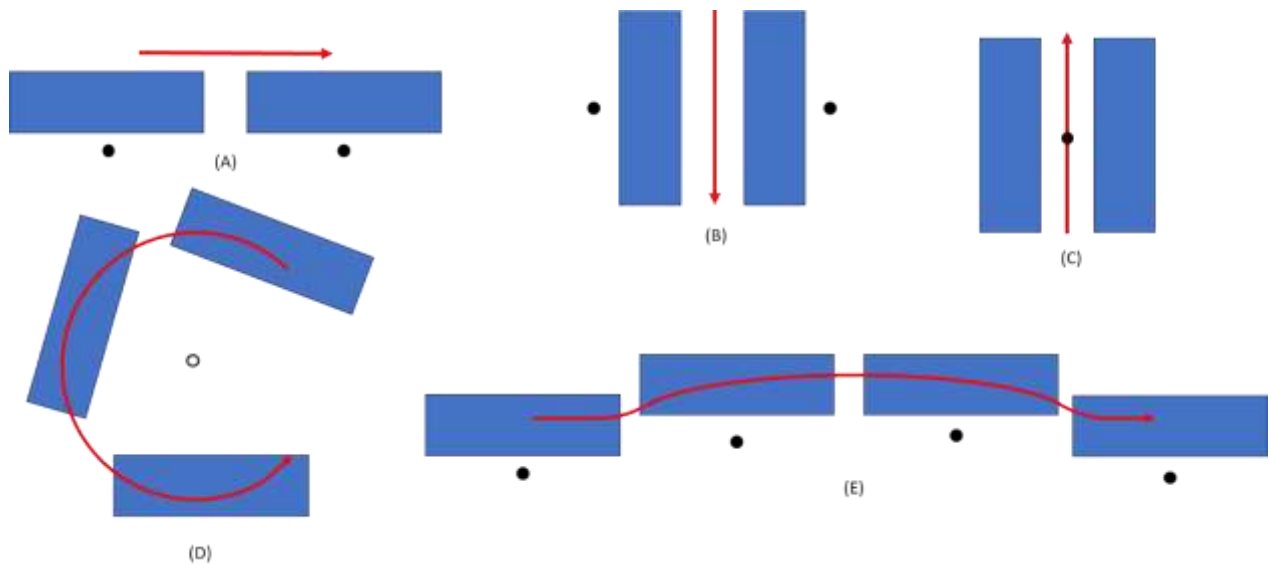
Hyvin suunnitellussa layoutissa

- materiaalivirrat ovat selkeät
- materiaalin siirtotarve on pieni
- layout on helposti ja joustavasti muunneltavissa
- materiaalien vastaanotto ja jakelu on tehokasta
- kaikki tilat on tehokkaasti käytetty
- työskentely ja liikkuminen on turvallista
- tulevaisuuden investoinnit ja laajennustarpeet on otettu huomioon. (Haverila ym. 2009, 482.)

### 2.3.1 Materiaalivirta

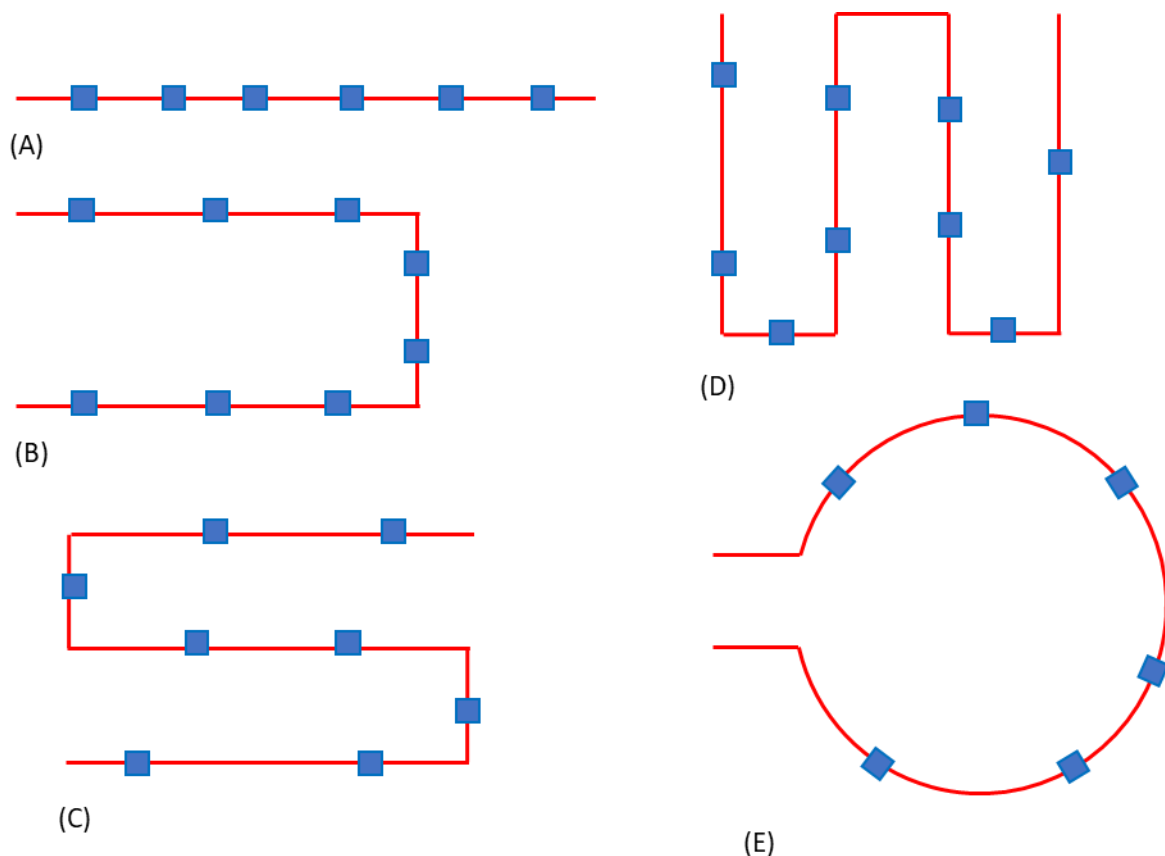
Materiaalivirran analyysi luo pohjan layout-suunnittelulle. Materiaalivirta on kappaleiden ja tuotteiden kulkema polku tehtaassa. Materiaalivirran analyysissä kartoitetaan materiaalien kulkema polku, jonka tarkoituksena on selvittää, miten vähentää materiaalin kulkemaa matkaa, toistuvia liikkeitä ja vähentää ylimääräisiä materiaalien käsittelyjä. Analyysin avulla nähdään tehokkain osastojen, toimipisteiden ja koneiden sijoittelu, mikä auttaa layout-suunnitelmaa tehdessä. (Tompkins – White – Bozer – Tanchoco 2010, 89.)

Materiaalivirta toimipisteiden välillä riippuu toimipisteellä työskentelevien työntekijöiden sijainnista ja toimipisteistä koostuvan osaston muodosta. Erilaiset materiaalivirrat on esitetty kuvassa 5. A-, B- ja E-virtauksissa materiaali kulkee toimipisteeltä toiselle ja työntekijät työskentelevät omilla toimipisteillään. C-virtauksessa työntekijä työskentelee kahdella toimipisteellä ja D-virtauksessa useammalla kuin kahdella toimipisteellä. (Tompkins ym. 2010, 89.)



KUVA 5. Toimipisteiden välinen virtaus: (A) suoraan edestä, (B) toimipisteiden välistä takaa, (C) toimipisteiden välistä edestä, (D) kiertävä ja (E) mutkikas (Tompkins ym. 2010, 90)

Osastojen välinen virtaus määrittää yleensä koko tehtaan virtauksen. Yleisimmät osastojen väliset virtausmallit on esitetty kuvassa 6. I- ja S-virtauksissa materiaali tulee tehtaan toisesta päästä sisään ja toisesta päästä ulos. U-, W- ja O-virtauksissa materiaalit lähtevät ja saapuvat samasta päästä tehdasta. Lastaus- ja purkualueet ovat tehtaassa usein kiinteitä paikkoja, joten ne määrittävät yleensä virtauksen alku- ja loppupään. (Tompkins ym. 2010, 90.)



KUVA 6. Osastojen välinen virtaus: (A) Suora virtaus, (B) U-virtaus, (C) S-virtaus, (D) W-virtaus ja (E) O-virtaus (Tompkins ym. 2010, 91)

Suoraa virtausta käytetään yleensä kokoonpano- tai tuotantolinjatyyppisessä tuotannossa. Osastot ja toimipisteet ovat suorassa linjassa toisiinsa nähden. Suorassa linjassa materiaalivirtaus on yksinkertainen, mutta tuotteen palauttaminen edellisiin osastoihin on vaikeaa. Suora linja ei ole myöskään tilan käytön kannalta tehokkain ratkaisu. (Tompkins ym. 2010, 91.)

U- ja O-virtauksissa toiminnot saadaan sijoitettua pienempään tilaan. Tuotteiden palautuminen edelliseen toimipisteeseen on myös helpompaa. U- ja O-virtauksissa purku- ja lastausalueet sijaitsevat samassa päässä tehdasta, joten logistiikkatoimintoja pystytään yhdistämään. (Tompkins ym. 2010, 91.)

S- ja W-virtauksia käytetään, kun tuotteiden valmistustarpeet poikkeavat toisistaan. Tällöin tuotteiden virtauskaaviot voivat olla monimutkaisia. Monimutkaisen virtauksen takia

samaa toimintoa tarvitsevat tuotteet pyritään keskittämään tiettyyn paikkaan, jolloin toimintoa ei tarvitse tehdä muualla. (Tompkins ym. 2010, 91.)

### **2.3.2 Aktiivisuussuhteet**

Osastojen ja toimipisteiden välisten suhteiden analysointi on yksi layout-suunnittelun tärkeimmistä vaiheista. Suhteet tulee määrittää, jotta vaihtoehtoisia suunnitelmia voidaan vertailla keskenään. Toimintojen väliset suhteet voidaan määrittää analysoimalla ne määrällisesti tai laadullisesti. (Tompkins ym. 2010, 113.)

Määrällisessä analyysissä mitataan kappaleiden liikkeiden määrää toimipisteiden ja osastojen välillä. Kappaleiden liikkeiden määriä voidaan mitata esimerkiksi tunneissa, päivissä tai viikoissa. Laadullisen suhteen analysoinnissa analysoidaan osastojen välisen läheisyyden tärkeyttä. Mitattava asteikko alkaa ehdottoman tärkeästä läheisyydestä ja loppuu sietämättömään läheisyyteen. (Tompkins ym. 2010, 113.)

Määrällinen analyysi sopii tehtaisiin, joissa tuotantomäärät ovat suuret ja materiaalia liikkuu toimintojen välillä jatkuvasti. Laadullinen analysointi sopii taas tehtaisiin, joissa materiaalin liikkuminen on vähäistä, mutta toimintojen välinen kommunikointi ja tiedon siirto on tärkeää. Usein tehdas tarvitsee kuitenkin molempia analysointitapoja toimintojen suhteiden määrittämiseen ja molempia tapoja suositellaan käytettävän. (Tompkins ym. 2010, 113.)

### **2.3.3 Tilan rajoitukset ja vaatimukset**

Tehdyn layout-suunnitelman käyttöikä on yleensä viidestä kymmeneen vuotta. Tämä tuo haasteita suunniteltaessa layoutin tarvitsemaa tilaa. Teknologian kehittyminen, tuotemäärien ja -variaatioiden muutos ja organisaation muutokset aiheuttavat epävarmuutta suunnitelmia tehdessä. Layout-suunnitelmissa tila tulisi käyttää tehokkaasti, mutta samalla tulisi huomioida tilan joustettavuus ja tulevaisuuden investoinnit. (Tompkins ym. 2010, 120.)

Layoutin tarvitseman tilan suunnittelu aloitetaan toimipisteistä. Toimipiste on kuin tehdas pienoiskoossa. Toimipisteellä on omat tilan vaatimukset koneille, materiaaleille ja työntekijöille. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon myös kunnossapito, että koneita päästään

huoltamaan. Koneiden tarvitseman tilan suuruus on helposti nähtävillä piirustuksista, joista yleensä nähdään myös liikeratojen tarvitsema tila, kun huomioidaan kunnossapito, saadaan koneen tarvitseman tilan laajuus. (Tompkins ym. 2010, 120.)

Materiaalin tarvitseman tilan suunnittelussa otetaan huomioon materiaalin koko ja materiaalin virtauksen määrä. Tämän jälkeen voidaan suunnitella materiaalin vastaanotto-, varastointi- ja lähetyspaikat. Lopuksi suunnitellaan tilat työtasoille sekä työkaluille. Kun nämä kaikki on otettu huomioon, saadaan toimipisteen tarvitsema kokonaistila. (Tompkins ym. 2010, 120.)

Osastojen tarvitsema tila voidaan määrittää, kun yksittäisten toimipisteiden tilan vaatimukset on määritetty. Osastojen tilan tarpeeseen ei oteta huomioon toimipisteen tavoin kaikkia tekijöitä, koska osa tekijöistä voidaan jakaa osastojen kesken. Esimerkiksi varastointipaikat, informaatiotaulut ja kunnossapitovälineet voivat olla osastojen yhteisessä käytössä. Näin saadaan säästettyä tilaa ja resursseja. Jokaiselle osastolle suunnitellaan kuitenkin tarvittava tila materiaalien siirroille osastojen sisällä. Osastojen lopullinen tilan tarve suunnitellaan layout-suunnittelun loppuvaiheessa, kun tiedetään osastojen ja toimipisteiden lopullinen kokoonpano. (Tompkins ym. 2010, 124.)

#### **2.3.4 Varastot**

Tuote- ja materiaalivarastoja on lähes kaikilla yrityksillä. Varastoja käytetään toimituskyvyn turvaamiseen sekä tuotannon prosessien eri vaiheissa. Raaka-aine- ja lopputuotevarastot vievät eniten tilaa tuotantolaitoksien kokonaispinta-alasta, joten niiden huomioon ottaminen on tärkeää layoutin tilaa suunniteltaessa. (Haverila ym. 2009, 446.)

Raaka-aine- ja lopputuotevarstojen lisäksi on välivarastoja. Välivarastoja on kolmea tyyppiä: puskuri-, puolivalmiste- ja prosessivarasto. Puskurivarastolla tavoitellaan joustavaa tuotantovirtaa poistamalla tuotannon tiukka tahtisuus. Tällöin osastot ja toimipisteet pystyvät toimimaan omassa rytmissään. (Lapinleimu – Kauppinen – Torvinen 1997, 101.)

Puolivalmisteverastot sisältävät lopputuotteen valmistamiseen tarvittavat puolivalmisteet sekä keskeneräiset lopputuotteet. Puolivalmisteverastoilla pyritään lyhentämään toimitusaikaa, jotta pystytään vastaamaan markkinoiden vaatimuksiin. Prosessivarastot ovat

yleensä jäähtymistä tai kuivumista tarvitsevien tuotteiden säilytyspaikkoja. (Lapinleimu ym. 1997, 102.)

Varaston suunnittelun tärkeimmät tavoitteet ovat: kuutiotilan maksimointi, helppo ja esteetön kulku ja turvallisuus. Ensimmäinen vaihe varastojen suunnittelussa on varastoitavan materiaalin koon ja ominaisuuksien selvittäminen. Kuutiotilan maksimointiin päästään oikeilla työvälillä sekä osaavilla työntekijöillä. Varasto tulee suunnitella niin, että kaikialle varastossa on esteetön pääsy ja työskentely voidaan hoitaa tehokkaasti ja turvallisesti. Käytävien ja kulkuväylien koko tulee minimoida, jotta tila saadaan käytettyä tehokkaasti. Toimiva varastohallintajärjestelmä edesauttaa materiaalin liikkumista varastosta tuotantoon ja toisin päin. (Tompkins ym. 2010, 416.)

## **2.4 Layoutin suunnittelumenetelmä**

Richard Mutherin kehittämä Systematic Layout Planning (SLP) on yksi layout-suunnittelua varten kehitetty menetelmä. Menetelmässä layoutin suunnittelu on jaettu neljään eri vaiheeseen:

- vaihe 1: sijainnin ja alueen määrittäminen
- vaihe 2: alueen perusmallin suunnittelu
- vaihe 3: layoutin tarkka suunnittelu
- vaihe 4: layoutin asennus. (Muther – Hales 2015, 22.)

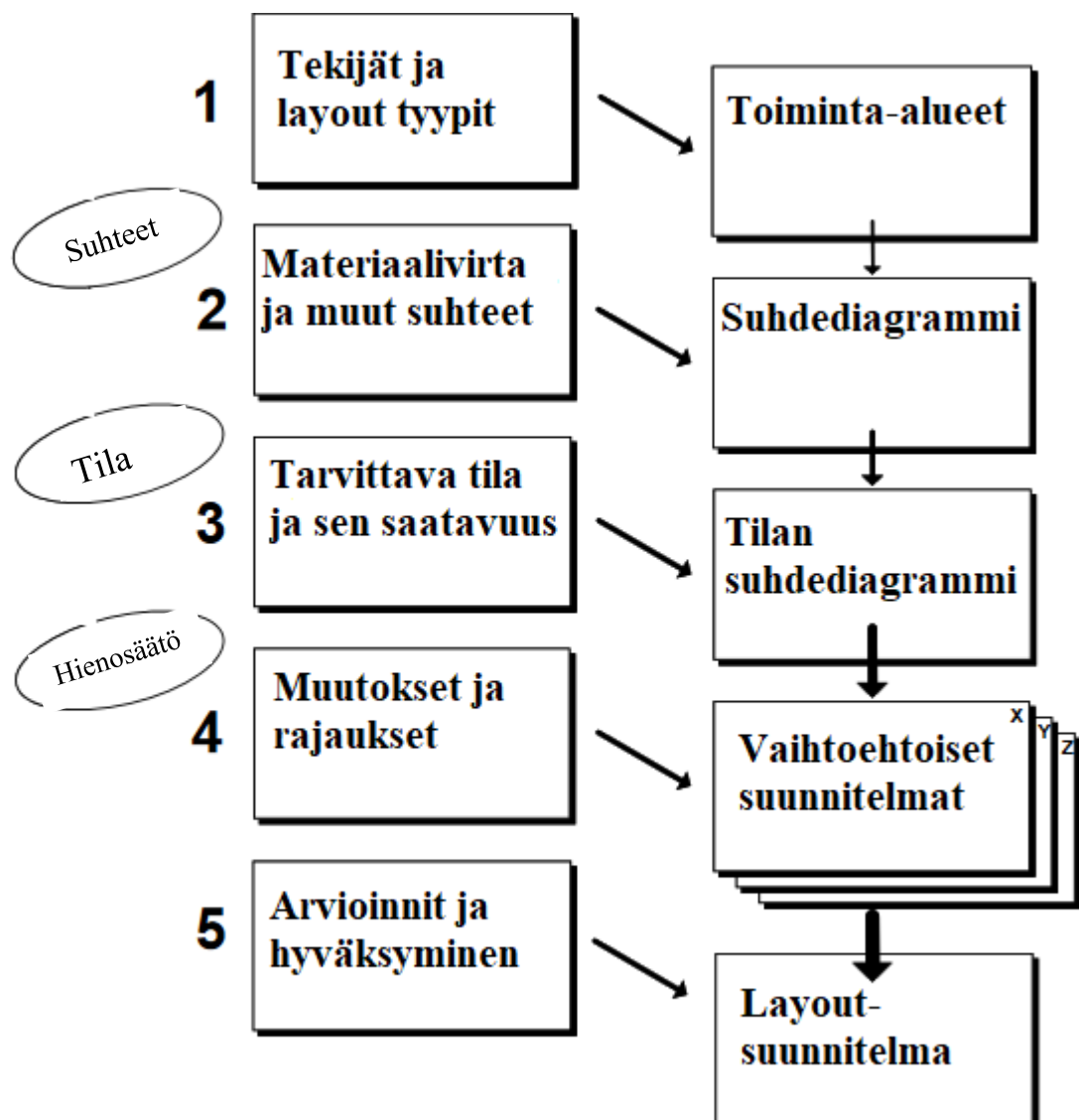
Ensimmäisessä vaiheessa määritetään sijainti ja rajataan alue, mihin layout suunnitellaan. Toisessa vaiheessa tehdään layoutin perusmallin suunnittelua, jossa alue ja käytettävät laitteistot suunnitellaan karkeasti. Kolmannessa vaiheessa tehdään layoutin tarkka suunnitelma, josta käy ilmi alueen jokaisen fyysisen osan tarkka sijainti. Neljännessä vaiheessa hyväksytään layout-suunnitelma sekä tehdään tarvittavat muutokset. (Muther – Hales 2015, 22.)

Muther (2015, 27) esittää, että jokainen layout-suunnitelma nojaa kolmeen perustekijään:

1. suhteet eli asioiden halutut tai vaaditut läheisyysuhteet
2. tila eli asioiden suunnittelu niiden määrän, muodon ja kokoonpanon mukaan
3. hienosäätö eli asioiden järjestely parhaaseen mahdolliseen malliin.

Nämä kolme perustekijää ovat jokaisen layout-suunnitelman ydin, riippumatta tuotteesta, prosessista tai projektin koosta. Mutherin kehittämä SLP-suunnittelumalli perustuu näihin edellä mainittuihin perustekijöihin. (Muther – Hales 2015, 27.)

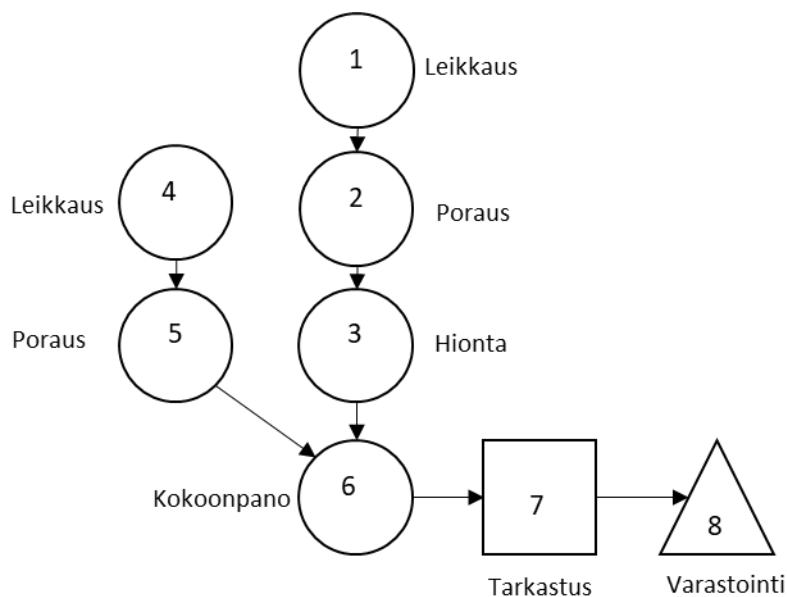
Mutherin SLP-suunnittelumalli on esitetty kuvassa 7, ja se koostuu kahdesta osiosta ja kummassakin osiossa on viisi osa-aluetta. Vasemman puoleiset osa-alueet edustavat tiedon keruuta ja sen analysoimista. Oikeanpuoleiset osa-alueet edustavat tietojen yhdistelemistä ja saatuja tuloksia. Mallissa edetään askel kerrallaan kohti lopullista layout-suunnitelmaa. (Muther – Hales 2015, 27.)



KUVA 7. Mutherin SLP-suunnittelumalli (Muther – Hales 2015, 28)

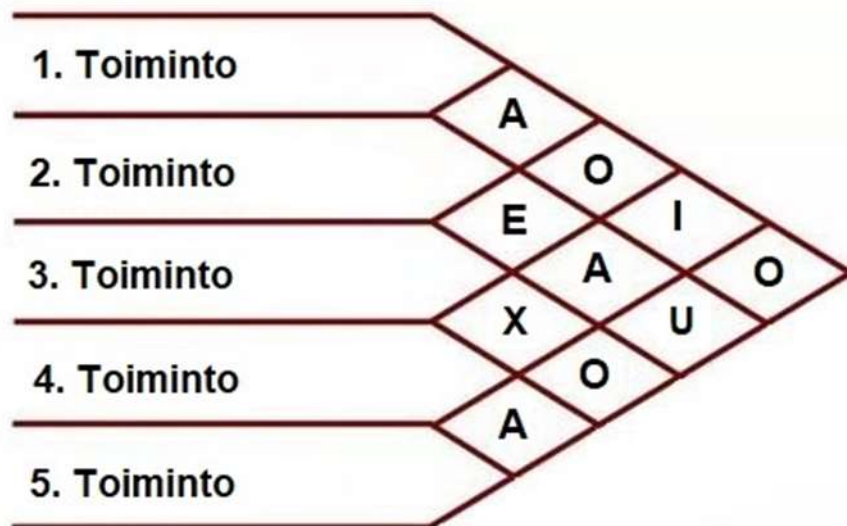
Ensimmäisessä osassa selvitetään tekijät ja niiden ominaisuudet. Jokaisella toiminta-alueella selvitetään, mikä on tuote, kuinka paljon tuotetaan, minkälainen prosessi, mitä tukitoimintoja tarvitaan ja kuinka paljon se vie aikaa. Kun selvitys on tehty, kartoitetaan mahdolliset layout-tyypit. Selvityksen lopputulemana on saada lista toiminta-alueista eli osastot, toimipisteet, varastot, sisäänkäynnit, lastausalueet ja toimistot. (Muther – Hales 2015, 27.)

Seuraavassa osassa tutkitaan ja analysoidaan materiaalivirtaa. Materiaalivirran analysointi on layout-suunnittelun tärkeimpiä vaiheita, joten suunnittelija tulee ymmärtää ja tietää, kuinka se tehdään. Materiaalivirran analysoimiseen on erilaisia keinoja. Tuotantomäärä ja tuotevariaatioiden määrä määrittää sopivimman analyysityökalun käytön. Kuvassa 8 on esitetty prosessikaavio, jonka avulla analysoidaan prosessin materiaalivirtaa, kun tuotevariaatioiden määrä on vähäinen. (Muther – Hales 2015, 60.)



KUVA 8. Tuotteen prosessikaavio (Muther – Hales 2015, 62.)

Materiaalivirran prosessikaavion tueksi tehdään toimintojen välinen suhdekaavio. Suhdekaavio osoittaa, mitkä toiminnot ovat yhteydessä toisiinsa. Lisäksi se osoittaa toimintojen välisten suhteiden etäisyyksien tärkeyden. Suhdekaavio on esitetty kuvassa 9. Suhdekaaviosta nähdään selkeästi, mitkä toiminnot tulisi sijoittaa lähelle toisiaan.



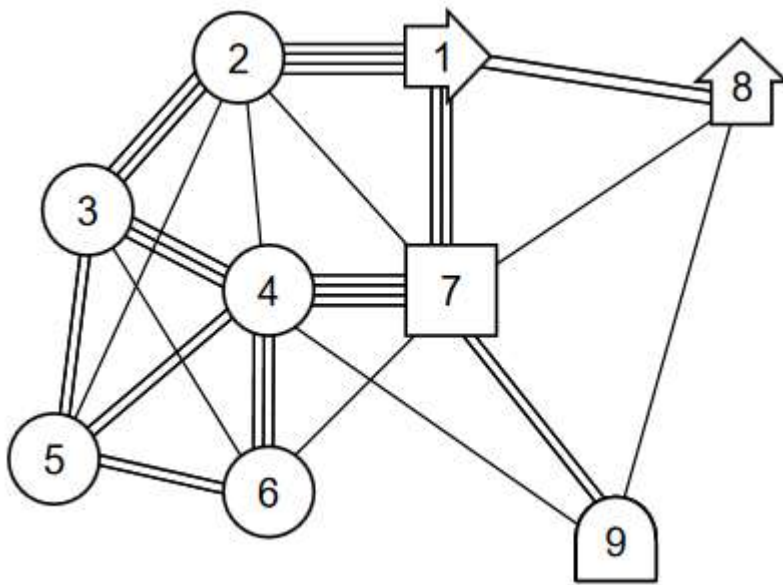
KUVA 9. Toimintojen välinen suhdekaavio (Simplified Systematic Layout Planning. 2006)

Taulukossa 1 näkyvät Mutherin esittämät arvot toimintojen välisille suhteille, joille annetaan myös pisteytysarvot. Ehdottoman tärkeä pisteytetään 16 pisteen arvoiseksi, erityisen tärkeä 8 pisteen, tärkeä 4 pisteen ja hyvä yhden pisteen arvoiseksi. Mitättömän arvoksi annetaan nolla ja sietämättömän miinus 80 pistettä. Pisteytyksen tarkoituksena on auttaa layout-suunnitelmien vertailussa keskenään. (Muther – Hales 2015, 84.)

TAULUKKO 1. Arvot toimintojen välisille suhteille (Muther – Hales 2015, 85)

Arvo	Suhde	Pisteytys
A	Ehdottoman tärkeä	16
E	Erityisen tärkeä	8
I	Tärkeä	4
O	Hyvä	1
U	Merkityksetön	0
X	Sietämätön	-80

Suhdekaavion pohjalta luodaan suhdediagrammi. Suhdediagrammissa toimintojen etäisyydet esittävät toimintojen suhteen arvoa toisiinsa nähden. Suhdediagrammi on esitetty kuvassa 10. Ensimmäiseksi luodaan ehdottoman tärkeät suhteet, joiden etäisyys on mahdollisimman pieni. Seuraavaksi luodaan erittäin tärkeät suhteet, joiden etäisyys on ehdottoman tärkeää suurempi. Samalla diagrammia muokataan, jotta etäisyydet pysyvät halutunlaisena. Seuraavaksi lisätään tärkeät suhteet ja diagrammia muokataan uudestaan. Näin jatketaan, kunnes kaikki toimintojen väliset suhteet on lisätty diagrammiin. (Muther – Hales 2015, 111.)



KUVA 10. Suhdediagrammi (Muther – Hales 2015, 106)

Valmiista suhdediagrammista nähdään teoreettiset toimintojen väliset ideaalit etäisyydet. Diagrammissa ei ole kuitenkaan vielä otettu huomioon toimintojen tarvitseman tilan suuruutta. Tämä tehdään suunnittelun seuraavassa vaiheessa. (Muther – Hales 2015, 110.)

Tilan ja suhteen diagrammin tekeminen aloitetaan määrittämällä toimintojen tarvitsemien tilojen suuruudet ja huomioon otetaan kaikki toimintojen tarvitsemat tekijät. Kun kaikille toiminnoille on määritetty tilan suuruus, sijoitetaan ne aikaisemmin tehtyyn suhdediagrammiin. Tämän jälkeen sovitaan diagrammi määritettyyn layoutiin. Tässä vaiheessa suunnitelma voi näyttää valmiilta layoutilta, mutta huomioon ei ole otettu ennalta annettuja vaatimuksia eikä tilan aiheuttamia rajoituksia. Tämä on suunnittelun luovin vaihe,

jossa huomioidaan annetut rajoitukset, toimipisteet, varastointi, rakennuksen ominaisuudet ja tavarankäsittelymenetelmät. (Muther – Hales 2015, 142.)

Vaihtoehtoisia layout-suunnitelmia tehdään kahdesta viiteen. Jokainen suunnitelma voisi olla toimiva layout-ratkaisu, mutta jokaisella on omat hyötynsä ja haittansa. Suunnittelun viimeisessä vaiheessa vaihtoehtoisia suunnitelmia vertaillaan keskenään, jonka jälkeen valitaan toteutettavaksi yksi. Suunnitelmia voidaan vertailla esimerkiksi näillä menetelmillä:

1. vertaillaan hyötyjä ja haittoja keskenään
2. faktorianalyysillä
3. kustannusvertailu ja perustelut. (Muther – Hales 2015, 175.)

Kaikki layout-suunnitelmat eivät vaadi tarkkaa tutkimusta ja suunnittelua. Projektiltaan pienemmille layout-suunnitelmille sopii paremmin yksinkertaistettu versio edellä esitetystä menetelmästä. Yksinkertaistettu menetelmä on nimeltään Simplified Systematic Layout Planning, ja se koostuu kuudesta vaiheesta:

1. kartoitetaan toimintojen väliset suhteet
2. määritetään toimintojen tarvitseman tilan suuruus
3. luodaan toimintojen välinen suhdediagrammi
4. sovitetaan tilan- ja suhteendiagrammi layoutiin
5. vertaillaan suunnitelmia keskenään
6. luodaan tarkka layout-piirustus valitusta suunnitelmasta. (Muther – Hales 2015, 379.)

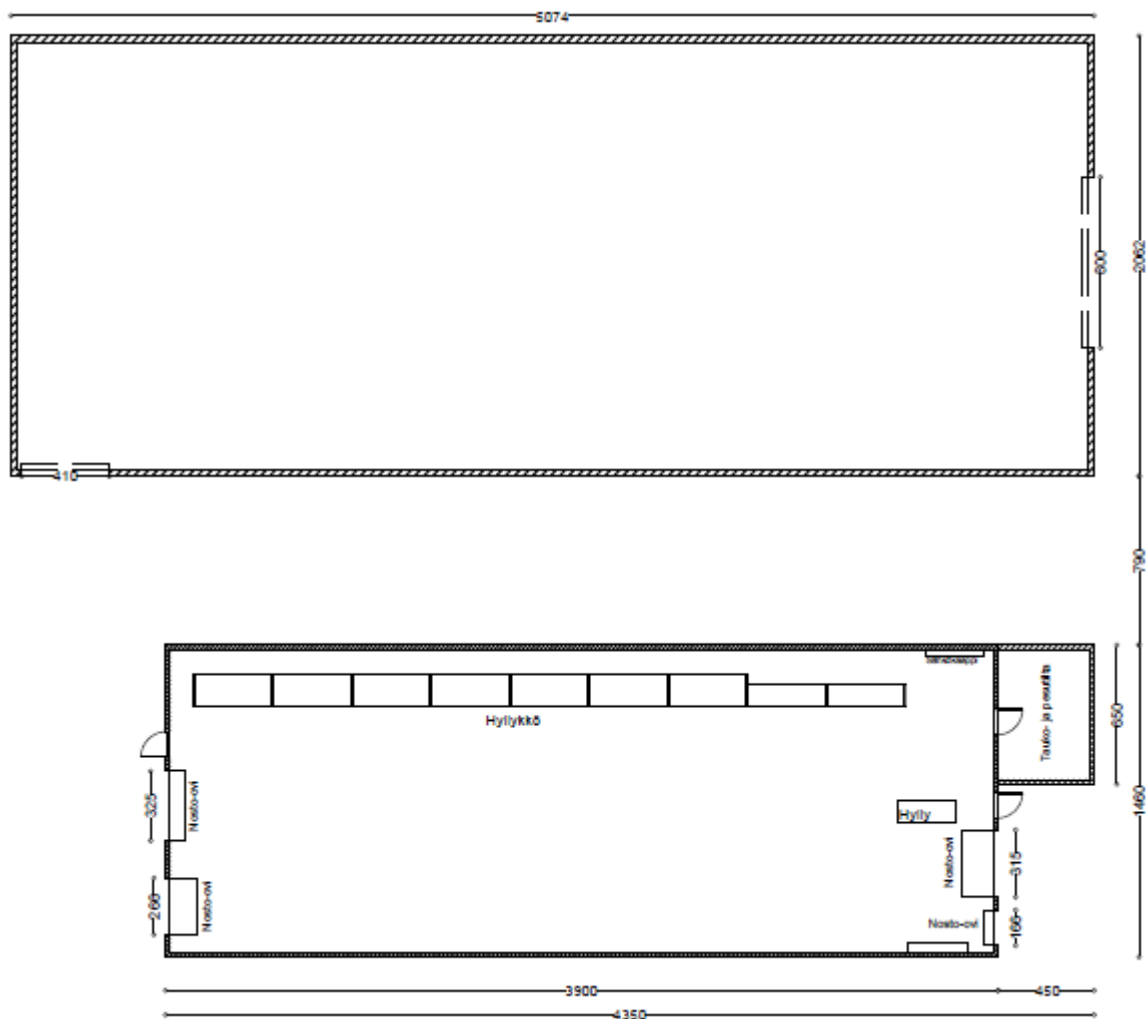
## **3 LAYOUT-SUUNNITTELUN TOTEUTUS**

### **3.1 Alumiiniprofiili**

Kokoonpano- ja pakkauslinjastolla valmistettava alumiiniprofiili on osa alumiinirakennetta, joka koostuu neljästä alumiiniprofiilista sekä erikokoisista komponenteista. Alumiinirakenteeseen tulevien alumiiniprofiilien leveys vaihtelee 200–700 cm välillä.

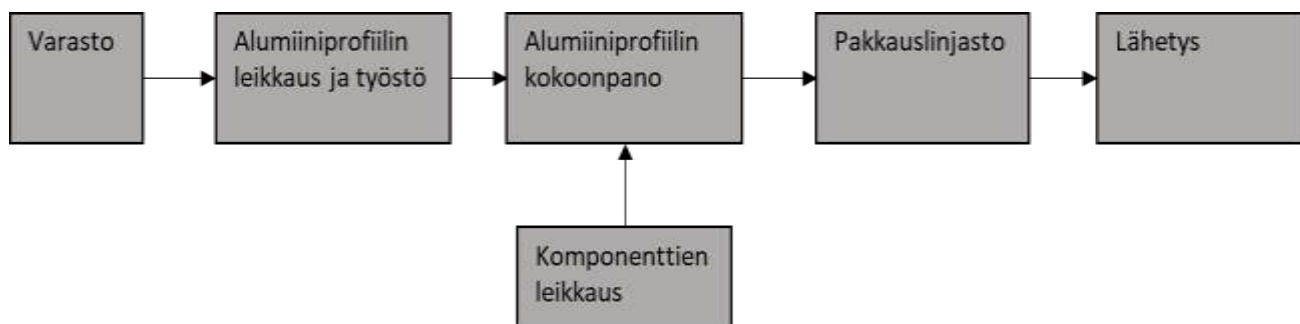
### **3.2 Nykytilan kartoitus**

Kokoonpano- ja pakkauslinjaston layoutin suunnittelu aloitettiin tutustumalla nykyiseen alumiiniprofiilin muokkausprosessiin ja tuotantotilojen geometrisiin mittoihin. Alumiiniprofiilin muokkausta seuraamalla ja työntekijöitä haastatteleamalla selvisi, mitä työstöjä profiilille oli tehty ja mitä komponentteja siihen oli kiinnitetty. Lisäksi alumiiniprofiilin valmistuksesta etsittiin tietoa. Tuotantotiloista ei ollut päivitettyä layout-piirustusta, joten se päivitettiin samalla, kun tutustuttiin tuotantotilojen geometrisiin mittoihin (kuva 11).



KUVA 11. Tuotantotilojen päivitetty layout-piirustus

Työntekijöiden haastattelu ja keskustelu tilaajan kanssa auttoivat selkeyttämään alumiiniprofiilin kokoonpano- ja pakkauslinjaston layoutin suunnittelemista. Yhdessä tilaajan kanssa päätettiin tulevat toimipisteet, jotka sisällytetään layout-suunnitelmaan. Tulevassa kokoonpano- ja pakkauslinjastossa työstetään ja kokoonpannaan alumiiniprofiileja. Alumiiniprofiili tilataan 8–13 m aihiona, joka leikataan halutun kokoiseksi. Muita alumiiniprofiilissa käytettäviä komponentteja ei valmisteta itse, vaan ne tilataan valmiina kokoonpanona ja tarvittaessa muokataan halutun mittaiseksi. Kuvassa 12 on hahmoteltuna kokoonpano- ja pakkauslinjaston prosessikaavio.



KUVA 12. Alumiiniprofiilin kokoonpano- ja pakkauslinjaston prosessikaavio

Alumiiniprofiilin aihio tuodaan varastointipaikalta kuljetinta pitkin työstökeskukselle, jossa aihio leikataan ja työstetään. Työstökeskukselta leikattu ja työstetty alumiiniprofiili siirtyy kuljetinta pitkin kokoonpanopisteelle, jossa erillisellä työpisteellä leikatut komponentit kiinnitetään profiiliin. Kokoonpantu valmis alumiiniprofiili siirretään pakkauslinjastolle, jossa se pakataan. Yli 5-metriset alumiiniprofiilit pakataan yksitellen ja alle 5-metriset pakataan useampia profiileja sisältävään pakkaukseen.

Leikatun ja työstetyn alumiiniprofiilin leveys vaihtelee 200–700 cm välillä, joten tämä pitää ottaa huomioon toimipisteitä suunnitellessa. Toimipisteillä tulee pystyä työstämään ja käsittelemään erikokoisia alumiiniprofiileja sujuvasti aina 700 cm asti. Taulukosta 2 näkyvät toimipisteiden mitat.

TAULUKKO 2. Toimipisteiden mitat

Toimipiste	x	y	m <sup>2</sup>
1	14	10	140
2	9	3	27
3	8	1	8
4	7	1	7
5	2	30	60

Pakkauslinjasto ja varasto ovat mitoiltaan suurimmat toimipisteet. Varastotilaan tulee pystyä varastoimaan 8–13-metrisiä alumiiniprofiileita useammalle varastointipaikalle. Pakkauslinjasto koostuu kolmesta pakkauslaitteesta sekä rullakuljettimista. Tämä rakenne päätettiin yhdessä tilaajan kanssa. Pakkauslinja suunniteltiin ja mitoitettiin niin, että linjalla pystytään pakkaamaan 200–700 cm pitkiä alumiiniprofiileja.

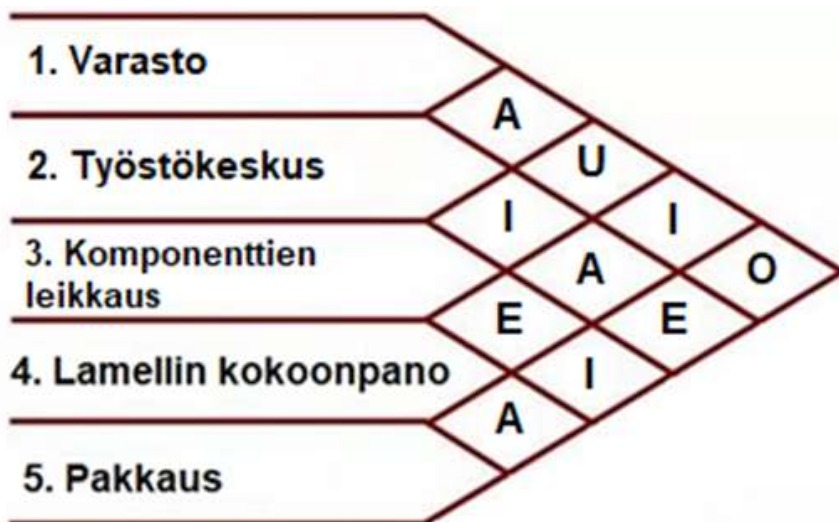
### 3.3 Toimintojen väliset suhteet

Kun kokoonpano- ja pakkauslinjaston toimipisteet oli päätetty yhdessä tilaajan kanssa, voitiin aloittaa toimipisteiden välisten suhteiden määrittäminen. Määrittämällä toimipisteiden väliset suhteet nähtiin, mitkä toimipisteet olisi hyvä sijoittaa lähelle toisiaan. Taulukossa 3 on esitetty toimipisteiden nimet ja toiminnot.

TAULUKKO 3. Toimipisteet ja niiden toiminnot

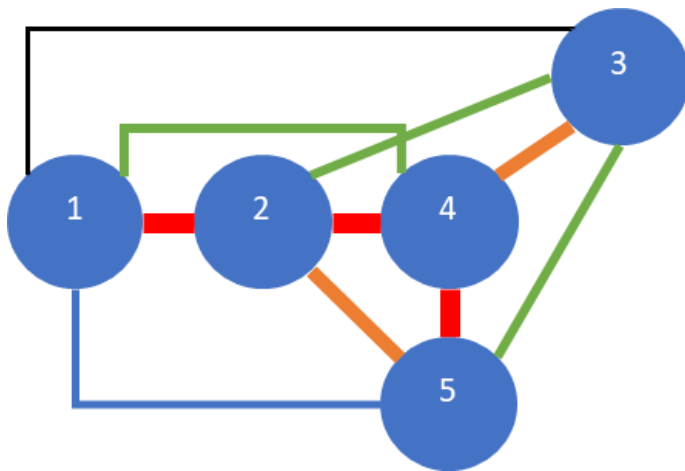
Toimipiste	Toiminto
1. Varasto	Profiilialueiden varastointi
2. Työstökeskus	Profiilin leikkaus ja työstö
3. Leikkaus	Komponenttien leikkaus
4. Kokoonpano	Alumiiniprofiilin kokoonpano
5. Pakkaus	Alumiiniprofiilin pakkaus

Kokoonpano- ja pakkauslinjastolla on tärkeää saada keskeisimmät toimipisteet lähelle toisiaan. Alumiiniprofiilin suuren koon vuoksi, materiaalin siirrot ja siirtomatkat tulisi pitää mahdollisimman pienenä. Tämä on myös yksi layout-suunnittelun tavoitteista. Kuvassa 13 on esitetty toimipisteiden välinen suhdekaavio.



KUVA 13. Toimipisteiden välinen suhdekaavio

Suhdekaaviosta nähdään, että ehdottoman tärkeitä suhteita on kolme. Toimipisteet, joiden välinen suhde on ehdottoman tärkeä, tulee sijoittaa mahdollisimman lähelle toisiaan. Nämä suhteet toimivat suhdediagrammin pohjana, jonka ympärille loput suhteet luodaan. Suhdediagrammi luotiin vaiheittain. Ensimmäiseksi luotiin ehdottoman tärkeitä suhteita ja tämän jälkeen erittäin tärkeitä. Näin edettiin, kunnes kaikki toimipisteiden väliset suhteet oli luotu suhdediagrammiin. Diagrammia muokattiin samalla, kun suhteita luotiin, että toimintojen väliset etäisyydet esittävät suhteen tärkeyttä todenmukaisesti. Kuvassa 14 on esitetty valmis suhdediagrammi.



*KUVA 14. Suhdekaavion pohjalta luotu suhdediagrammi*

Suhdediagrammissa punaiset viivat edustavat ehdottoman tärkeitä suhteita ja hieman pidemmät oranssit viivat edustavat erityisen tärkeitä suhteita. Vihreä viiva edustaa tärkeää ja sininen viiva hyvää suhdetta. Toimipisteiden 1 ja 3 välinen musta viiva edustaa merkityksetöntä suhdetta. Diagrammista nähdään, että toimipisteet 1 ja 2, 2 ja 4 sekä 4 ja 5 tulisi sijoittaa lähelle toisiaan. Tämä suhdediagrammin toimii pohjana vaihtoehtoisia layouteja suunniteltaessa.

### **3.4 Vaatimukset ja rajaukset**

Kokoonpano- ja pakkauslinjaston layoutin suunnittelun vaatimukseksi asetettiin toiminnallisuus ja tehokkuus. Koska valmistettavat kappaleet ovat kooltaan isoja, kappaleiden siirtäminen ja kääntäminen tulisi olla mahdollisimman vähäistä. Vaatimuksena oli myös

se, että työntekijä pystyisi työskentelemään usealla toimipisteellä tehokkaasti, joten toimispisteiden sijoittelu ja siirrot niiden välillä tulee huomioida.

Rakenteellisia rajoituksia layoutin suunnittelussa oli vain tuotantotilojen geometriset mitat. Nykyisiä ovien, kulkuväylien ja hyllyköiden paikkoja ei tarvinnut huomioida ja uusia kulkuväyliä sai suunnitella rakennusten välille. Lisäksi muutoksista aiheutuvia kustannuksia ei tarvinnut huomioida.

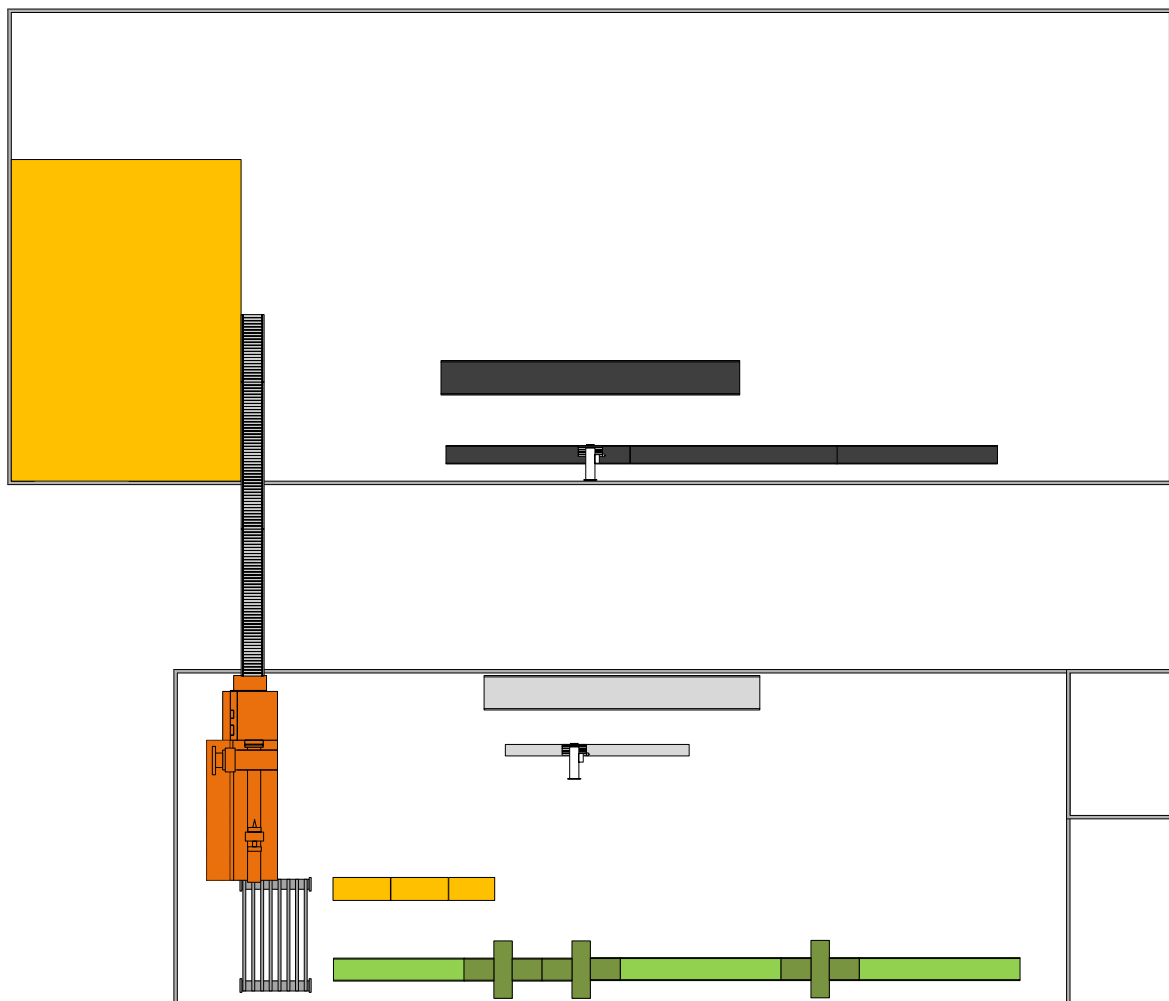
### **3.5 Palikkamallinnus**

Layout-suunnitelmien palikkamallinnus toteutettiin Microsoft Officen Visio-suunnittelutyökalulla. Ensimmäiseksi luotiin tuotantotilojen pohjapiirustus, johon suunniteltiin vaihtoehtoisia kokoonpano- ja pakkauslinjaston layouteja. Visiolla pystyttiin mitoittamaan tarkasti pohjapiirustus ja toimipisteet, mikä auttoi hahmottamaan toimipisteiden sekä käyttämättömän tilan kokoa. Koska aikaisempaa kokoonpano- ja pakkauslinjastoa ei ollut, voitiin suunnittelu aloittaa niin sanotusti puhtaalta pöydältä.

Palikkamallinnuksessa keltainen iso alue kuvaa varastoa ja vihreät suorakulmiot kuvaavat pakkauslinjaston laitteita ja rullakuljettimia. Pakkauslinjaston rakenne on ennalta määritetty, joten se sijoitetaan layout-suunnitelmiin sellaisenaan. Työstökeskus on kuvattu oranssina ja kokoonpanopiste keltaisena suorakulmiona. Komponenttien leikkauspiste koostuu hyllystä ja sahasta, ja ne esitetään vaaleanharmaina kappaleina. Suunnitelmiin on otettu huomioon myös tulevaisuudessa mahdollisesti tuleva komponenttien kokoonpanolinja. Kokoonpanolinjaa ei ole tarkemmin määritetty, ja sen koostumus voi muuttua, mutta se otetaan huomioon ja sille varataan tilaa layout-suunnitelmista. Komponenttien kokoonpanolinja on kuvattu tummanharmaina kappaleina. Toimipisteiden lisäksi suunnitelmissa on käytetty rullakuljettimia varastosta työstökeskukselle sekä työstökeskukselta kokoonpanopisteelle.

Ensimmäinen layout-suunnitelma on esitetty kuvassa 15. Suunnitelmassa suurin osa toimipisteistä on sijoitettu pienempään tuotantotilaan. Suurempaan tuotantotilaan on sijoitettuna ainoastaan varasto sekä komponenttien kokoonpanolinja. Alumiiniprofiilien kuljetus varastosta työstökeskukselle on toteutettu rullakuljettimella, joka kulkee tuotantotilo-

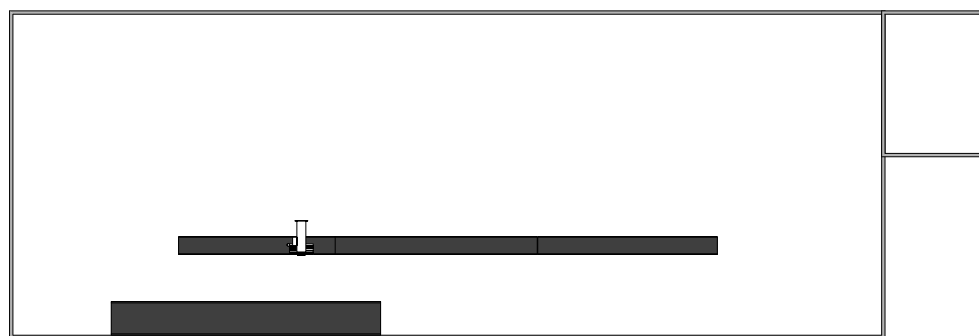
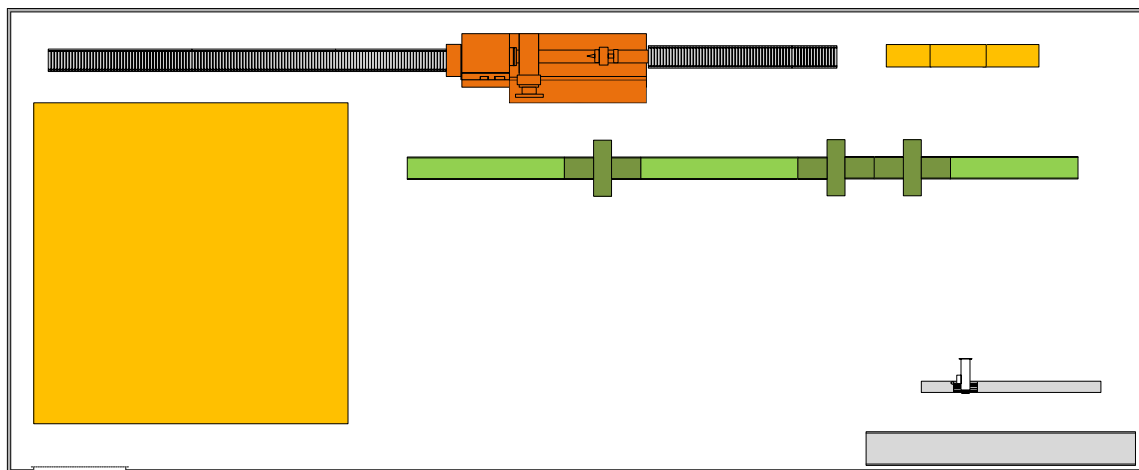
jen läpi. Tämän toteutuksen takia varaston koko on muita suunnitelmia pienempi. Pienemmässä tuotantotilassa toimipisteet ovat lähellä toisiaan ja kuljettavat matkat ovat lyhyitä. Tuotantotilan pienen koon vuoksi yli 5-metrisiä alumiiniprofiileja ei voida ohjata rullakuljettimen kautta kokoonpanopisteelle, vaan pisimmät profiilit tulee kantaa kokoonpanoon. Kannettava matka on kuitenkin lyhyt, joten sen ei nähdä hidastavan tuotantoa. Koska isompaan tuotantotilaan jäi paljon käyttämätöntä tilaa, mahdollisuudet investointeihin ja laajentumiseen ovat hyvät.



*KUVA 15. Kokoonpano- ja pakkauslinjaston ensimmäinen layout-suunnitelma*

Kuvassa 16 on esitetty toinen layout-suunnitelma. Suunnitelmassa toimipisteet ovat keskitetty isompaan tuotantotilaan. Ainoastaan komponenttien kokoonpanolinja on sijoitettu pienempään tuotantotilaan. Suunnitelmassa ei ole tehty tuotantotiloihin rakenteellisia

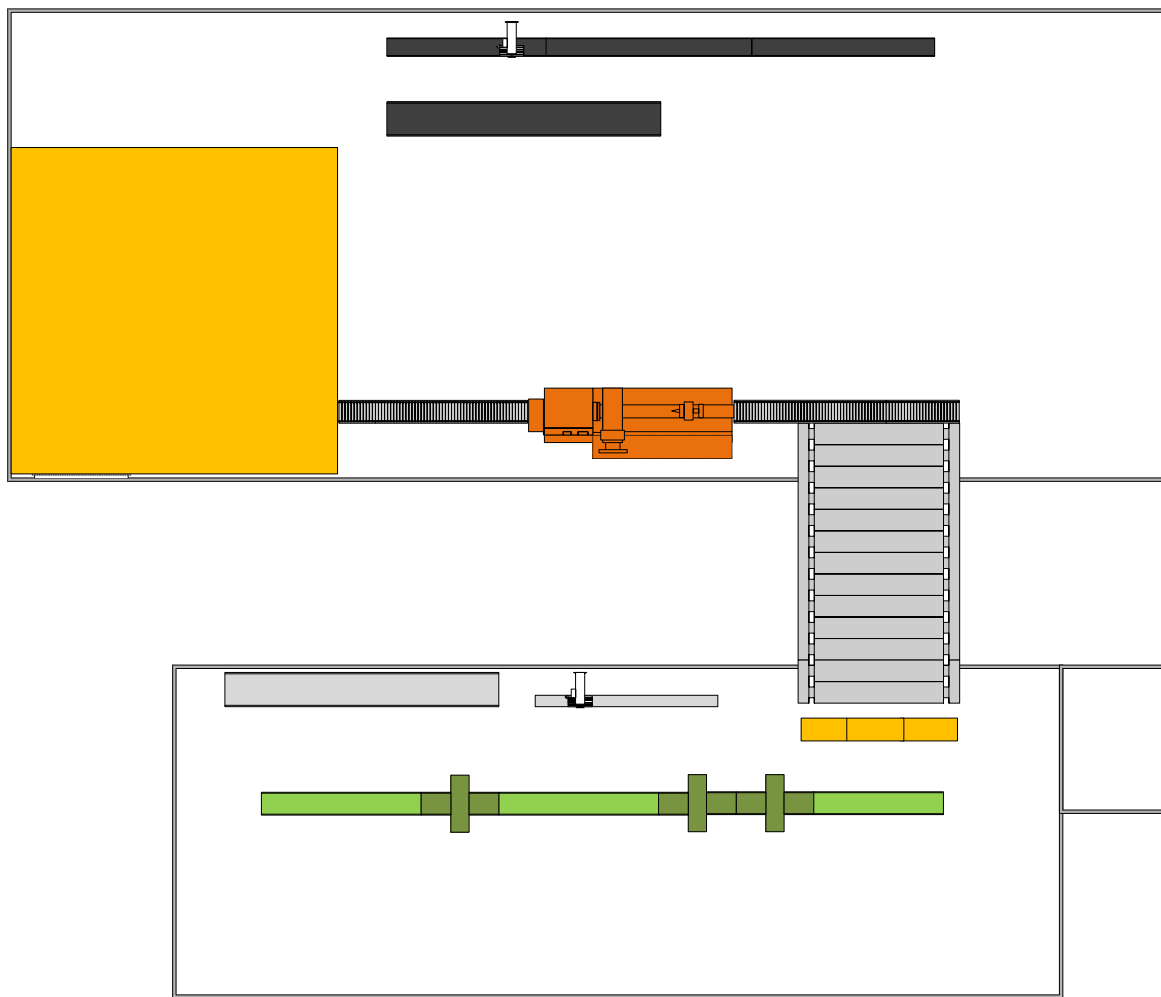
muutoksia, joten se on helposti toteutettavissa. Koska kokoonpano- ja pakkauslinjaston toimipisteet ovat keskitetty samaan tilaan, voi sama työntekijä hoitaa tehokkaasti useampaa toimipistettä. Lisäksi tuotannon seuraaminen on helppoa. Komponenttien leikkauspiste ei ole optimaalisimmalla paikalla, mutta etäisyys kokoonpanopisteeseen ei ole liian suuri, että sen nähtäisi haittaavan tuotantoa. Suunnitelmassa on otettu huomioon tulevaisuuden laajentumiset ja toimintaa voidaan laajentaa sekä pieneen että isoon tuotantotilaan.



*KUVA 16. Kokoonpano- ja pakkauslinjaston toinen layout-suunnitelma*

Kolmas layout-suunnitelma on esitetty kuvassa 17. Suunnitelmassa pakkauslinjasto ja kokoonpanopiste ovat sijoitettuna pienempään tuotantotilaan. Hyväksi havaittu varaston sijainti on toteutettu samalla tavalla kuin edellisissä suunnitelmissa. Varaston lisäksi työ-

tökeskus ja komponenttien kokoonpanolinja ovat sijoitettu isoon tuotantotilaan. Alumiini-profiilien siirto työstökeskuksesta kokoonpanopisteelle tapahtuu rullakuljetinta pitkin, joka on sijoitettu tuotantotilojen väliin. Näin rullakuljetin ei vie tilaa tuotantotiloilta. Tulevaisuudessa laajeneminen on otettu hyvin huomioon, koska toimipisteet sijaitsevat eri tuotantotiloissa, jolloin toimintoja voidaan keskittää samaan tuotantotilaan. Esimerkiksi pienemässä tuotantotilassa voitaisiin keskittyä pakkauslinjaston ja kokoonpanopisteen kehittämiseen ja suunnitella tilat näille toiminnoille sopivaksi.



*KUVA 17. Kolmas kokoonpano- ja pakkauslinjaston layout-suunnitelma*

### 3.6 Layout-suunnitelmien vertailu

Jokainen edellisessä luvussa esitetty layout-suunnitelma täyttää asetetut ehdot ja vaatimukset, jolloin jokainen edellä kuvatuista voisi toimia layout-ratkaisuna. Suunnitelmien vertailu toteutetaan vertailemalla hyötyjä ja haittoja keskenään sekä hyötyarvomatriisiin avulla. Toimipisteiden koot eivät juurikaan poikkea toisistaan johtuen alumiiniprofiilin koon asettamista vaatimuksista. Lisäksi pakkauslinjaston rakenne oli määritetty ennalta valmiiksi. Suunnitelmien suurimmat erot löytyvät toimipisteiden sijoittelussa sekä käyttämättömän tilan määrässä. Vertailussa otetaan huomioon myös kokoonpano- ja pakkauslinjalla tarvittavien työntekijöiden määrä sekä tulevaisuuden investointi- ja laajennusmahdollisuudet.

Taulukossa 4 on esitettyä varaston, rullakuljettimien ja käyttämättömän tilan pinta-alat layout-suunnitelmissa. Taulukossa ei ole esitettyä muita toimipisteitä, koska ne ovat suunnitelmissa saman kokoisia. Taulukosta nähdään, että käyttämättömää tilaa on eniten ensimmäisessä layout-suunnitelmassa. Toisessa ja kolmannessa layout-suunnitelmassa käyttämättömän tilan määrä on lähestulkoon sama. Erot eivät kuitenkaan ole merkittäviä, ja kaikissa suunnitelmissa on hyvin tilaa toiminnan laajentumiselle. Ensimmäisen suunnitelman käyttämättömän tilan suuruus selittyy varaston koolla, joka on kyseisessä suunnitelmassa muita pienempi.

*TAULUKKO 4. Varaston, rullakuljettimien ja käyttämättömän tilan pinta-alat layout-suunnitelmissa*

Layout-suunnitelmat	Layout 1	Layout 2	Layout 3
Varasto	140 m <sup>2</sup>	204 m <sup>2</sup>	204 m <sup>2</sup>
Rullakuljettimet	31 m <sup>2</sup>	26,5 m <sup>2</sup>	102 m <sup>2</sup>
Käyttämätön tila	1262 m <sup>2</sup>	1193 m <sup>2</sup>	1180 m <sup>2</sup>

Layout 3 -suunnitelmassa rullakuljettimien pinta-ala on selvästi muita suunnitelmia suurempi. Pinta-alan suuruus johtuu työstökeskuksen ja kokoonpanopisteen välisestä rullakuljettimesta, joka kuljettaa alumiiniprofiilit poikittaissuuntaisesti kokoonpanopisteelle. Rullakuljetin ei kuitenkaan vaikuta tilan määrään, koska suurin osa kuljettimesta tulee tuotantotilojen väliseen tilaan.

Layout-suunnitelmien vertailussa käytettiin apuna hyötyarvomatriisia, joka on esitetty taulukossa 5. Hyötyarvomatriisissa layout-suunnitelmia vertailtiin keskenään arvostettujen toimintojen perusteella. Jokaista layout-suunnitelmaa vertailtiin arvostettuun toimintoon ja pisteytettiin kirjainarvolla. Kirjainarvo kerrottiin painoarvon kanssa, jolloin saatiin painotettu pistearvo. Saadut pistearvot summattiin yhteen, jolloin jokaiselle layout-suunnitelmalle saatiin kokonaispistearvo.

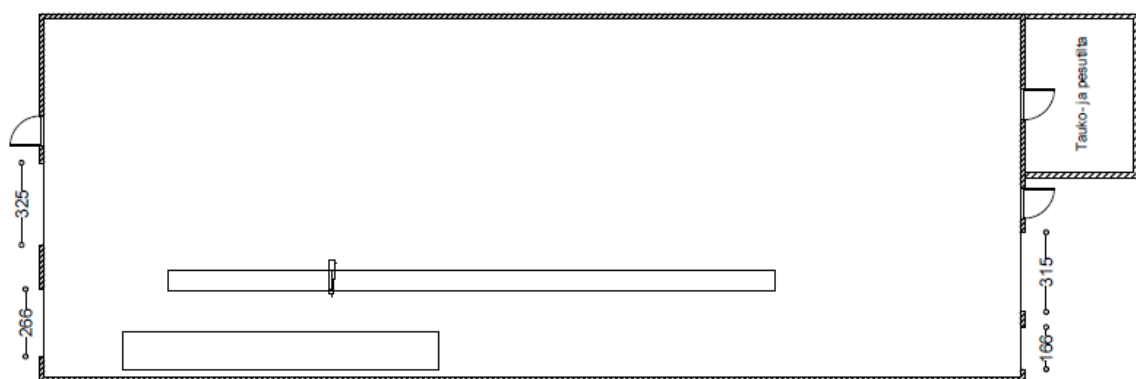
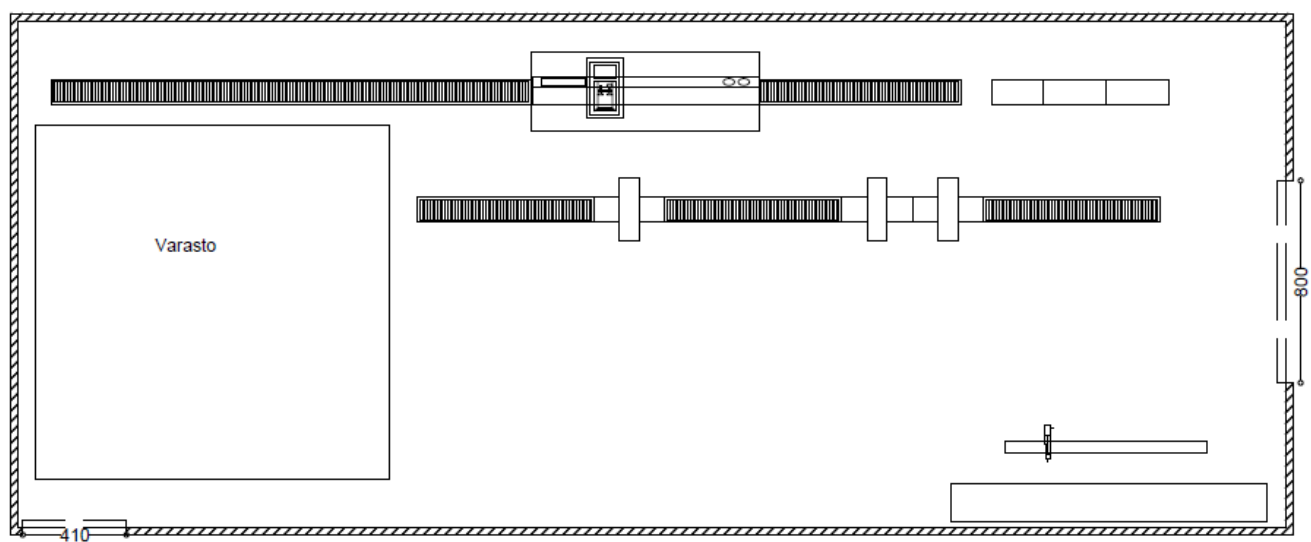
TAULUKKO 5. Hyötyarvomatriisi

Arvostettu toiminto	Painoarvo	Layout 1	Layout 2	Laytout 3
1. Tilan käytön tehokkuus	5	E/20	E/20	E/20
2. Työntekijöiden tarve	4	E/16	A/32	I/8
3. Muunneltavuus	3	O/3	I/6	I/6
4. Laajenemis mahdollisuudet	3	I/6	E/12	E/12
<b>Yhteensä</b>		<b>45</b>	<b>70</b>	<b>46</b>
A= Täydellinen (8), E= Erittäin hyvä (4), I= Hyvä (2), O= Tyydyttävä (1)				

Layout-suunnitelmista Layout 2 sai selvästi suurimmat yhteispisteet. Layout 2 -suunnitelman ero muihin suunnitelmiin nähden syntyi työntekijöiden tarpeen määrässä. Layout 2 -suunnitelmassa kokoonpano- ja pakkauslinjaston toimipisteet sijaitsevat samassa tuotantotilassa, jolloin sama työntekijä voi operoida useammalla toimipisteellä tehokkaasti. Muissa suunnitelmissa tämä ei ole yhtä tehokkaasti toteutettavissa, koska toimipisteet sijaitsevat eri tuotantotiloissa. Layout 2 -suunnitelma sai hyvät pisteet myös muista arvostetuista toiminnoista, joten Layout 2 valittiin toteutettavaksi layout-suunnitelmaksi.

### 3.7 Valittu layout-suunnitelma

Layout 2 valittiin toteutettavaksi layout-suunnitelmaksi, koska se oli paras kokonaisratkaisu vaihtoehtoisista suunnitelmista. Valitusta layout-suunnitelmasta piirrettiin tarkka piirustus AutoCAD-suunnitteluohjelmalla (kuva 18).



KUVA 18. Valittu layout-suunnitelma

## 4 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä luotiin kokoonpano- ja pakkauslinjaston layout-suunnitelma tilaajan nykyisiin tuotantotiloihin. Työn tarkoituksena oli toimia pohjana tulevalle kokoonpano- ja pakkauslinjastolle ja auttaa viemään suunnitelmia eteenpäin. Tavoitteena oli luoda toimiva ja tehokas layout-ratkaisu, jossa otetaan huomioon myös toiminnan laajentuminen tulevaisuudessa.

### 4.1 Työn toteutus

Työn ensimmäisenä vaiheena oli selvittää alumiiniprofiilin valmistusprosessi ja siinä tarvittavat toimipisteet. Selvitystyö aloitettiin tutustumalla tilaajan nykyiseen alumiiniprofiilin muokausprosessiin ja etsimällä aiheesta tietoa internetistä. Muokausprosessia seuraamalla ja työntekijöitä haastatteleamalla sain selkeän kuvan alumiiniprofiilin valmistuksen vaiheista. Kokoonpano- ja pakkauslinjaston lopulliset toimipisteet päätettiin yhdessä tilaajan kanssa.

Toisena vaiheena oli selvittää layout-suunnittelun vaiheet ja käytettävät menetelmät. Aiheesta löytyi kattavasti tietoa, ja olin hieman yllättynyt, kuinka monivaiheista layout-suunnittelu on. Kaikkien vaiheiden läpikäyminen olisi tehnyt teoriaosuudesta liian laajan, joten työssä keskityttiin layout-suunnittelun keskeisimpien vaiheiden esittämiseen.

Työn viimeisessä vaiheessa suunniteltiin kokoonpano- ja pakkauslinjaston layout. Layoutista haluttiin toimiva ja tehokas ratkaisu, jossa laajentuminen on otettu huomioon. Layoutin suunnittelu aloitettiin määrittämällä toimipisteiden koot. Seuraavaksi määritettiin toimipisteiden väliset suhteet suhdediagrammin ja -kaavion avulla. Vaihtoehtoisia layouteja suunniteltiin kolme versiota ja suunnittelun apuna käytettiin Visio-piirustustyökalua. Vaihtoehtoisia suunnitelmia vertailtiin keskenään hyötyarvomatriisiin avulla. Valituksi layoutiksi tuli suunnitelma, joka oli paras kokonaisratkaisu ja vastasi parhaiten asetettuja vaatimuksia.

## 4.2 Toteutuksen arviointi

Opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin onnistuneesti. Vaihtoehtoisista layout-suunnitelmista valittu suunnitelma oli paras kokonaisratkaisu, joka täytti kaikki asetetut vaatimukset. Kokoonpano- ja pakkauslinjaston layoutin suunnittelu oli mielenkiintoista ja opettavaista. Työn aikana sain kattavan näkemyksen layout-suunnittelusta ja sen eri vaiheista. Teoriaosassa esitetty Mutherin layout-suunnittelumenetelmä on yksi perinteisimmistä suunnittelutavoista ja menetelmää pystyi hyvin soveltamaan tähän työhön.

Haastetta työhön toi se, että aikaisempaa kokoonpano- ja pakkauslinjastoa ei ollut. Tämän takia työssä käytettiin paljon aikaa linjastoon tulevien toimipisteiden suunnitteluun ja lukumäärään. Kun kokoonpano- ja pakkauslinjaston lopulliset toimipisteet saatiin päätettyä, niin layoutien suunnitteluun käytettävä aika jäi suunniteltua lyhyemmäksi. Vähäisestä ajasta huolimatta suunniteltiin kolme toimivaa layout-suunnitelmaa.

Suunnitellun kokoonpano- ja pakkauslinjaston layoutin pohjalta ei voida vielä aloittaa linjaston toteuttamista, vaan seuraava vaihe olisi linjaston toimipisteiden tarkka suunnittelu ja tukitoimintojen määrittäminen. Uskon kuitenkin, että tehdyistä suunnitelmista on apua ja niitä pystytään hyödyntämään tulevaisuudessa, kun kokoonpano- ja pakkauslinjaston suunnitelmia viedään eteenpäin.

## LÄHTEET

Haverila, Matti – Uusi-Rauva, Erkki – Kouri, Ilkka – Miettinen, Asko 2009. Teollisuustalous. 6 p. Tampere: Infacs johtamistekniikka.

Kuusiniemi, Arto 2017. Tuotantolaitoksen layout suunnitelma. Opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu, logistiikan koulutusohjelma.

Lapinleimu, Ilkka 2007. Ideaalitehdas. 3. uud. p. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu.

Lapinleimu, Ilkka – Kauppinen, Veijo – Torvinen, Seppo 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Helsinki: WSOY.

Muther, Richard – Hales, Lee 2015. Systematic layout planning. 4. uud. p. Marietta, Georgia, USA: Management & Industrial Research Publications.

Simplified Systematic Layout Planning. 2006. Resource Systems Consulting. Saatavissa: <https://www.resourcesystemsconsulting.com/2006/10/22/simplified-systematic-layout-planning/>. Hakupäivä 12.3.2019.

Slack, Nigel – Chambers, Stuart – Johnston, Robert 2001. Operations Management. 3. uud. p. Harlow: Prentice Hall.

Tompkins, James A. – White, John A. –Bozer, Yavuz A. –Tanchoco, J. M. A. 2010. Facilities Planning 4. uud. p. John Wiley & Sons, Inc.