

**KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU**  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Niko Hyttinen

**OSAVALMISTUKSEN LAYOUTSUUNNITTELU**

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2013

# Sisältö

Tiivistelmä

Abstract

1	Johdanto.....	5
2	Työn lähtökohdat ja tavoite.....	6
3	Layoutsuunnittelu.....	6
3.1	Funktionaalinen layout.....	8
3.2	Tuotantolinja-layout.....	8
3.3	Solulayout.....	9
3.4	Tuotantolinja-layoutin suunnittelu.....	9
4	Lean.....	10
4.1	Lean-mittarit ja läpäisy aika.....	11
4.2	5S-malli.....	11
4.3	Arvoa tuottavan osuuden kasvattaminen hukkaa poistamalla.....	12
4.3.1	Ylituotanto.....	12
4.3.2	Varastointi.....	13
4.3.3	Kuljetukset.....	14
4.3.4	Laatuhukka.....	15
4.3.5	Prosessihukka.....	15
4.3.6	Työvaihehukka.....	16
4.3.7	Odotus.....	16
4.4	Virtaus.....	17
4.5	Imuohjaus.....	17
5	Nykyisen layoutin tarkasteleminen.....	17
5.1	Nykyiset tilat.....	17
5.2	Työvaiheet.....	18
5.3	Materiaalilogistiikka.....	19
5.4	Kone- ja laitekanta.....	20
5.5	Siltanosturit.....	21
5.6	Savunpoisto ja muut syötöt.....	21
6	Uuden layoutin suunnittelu.....	22
6.1	Paikan valitseminen.....	23
6.2	Tuotantokapasiteetin laskeminen.....	23
6.3	Tilantarpeen määrittäminen.....	25
6.4	Kiinteiden rakenteiden ja laitteiden sijoitus layoutiin.....	25
6.5	Ideaalilayoutin hahmottelu.....	26
7	Uusi layout.....	27
7.1	Siltanosturit.....	27
7.2	Savunpoisto ja muut syötöt.....	28
7.3	Materiaalilogistiikka.....	29
7.4	Imuohjauksen toteuttaminen.....	30
7.5	Tulokset.....	31
8	Pohdinta.....	31
8.1	Sisällön ja tulosten tarkastelu.....	32
8.2	Työn eettisyys ja luotettavuus.....	33
8.3	Kehittämisideat ja ammatillinen kasvu.....	33
	Lähteet.....	35



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Huhtikuu 2013**  
**Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma**

Karjalankatu 3  
80200 JOENSUU  
p. +358 50 260 6800

Tekijä  
Niko Hyttinen

Nimeke  
Osavalmistuksen layoutsuunnittelu

Toimeksiantaja  
Metalliteollisuuden yritys

**Tiivistelmä**

Tämän opinnäytetyön aiheena oli osavalmistuksen layoutsuunnittelu. Layoutsuunnittelulla pyritään parantamaan yrityksen tuottavuutta sekä kilpailukykyä. Yrityksen kilpailukykyä voidaan parantaa keskittymällä arvoa lisääviin toimintoihin ja poistamalla arvoa lisäämättömiä toimintoja eli hukkaa lean-periaatteen mukaisesti. Lean-toimintamallin sisäistäneet yritykset ovat alansa kannattavimpia ja nopeimmin kasvavia.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä osavalmistuksen layoutsuunnitelma eräälle metalliteollisuuden yritykselle. Opinnäytetyön tavoitteeksi asetettiin osavalmistuksen tuotannon konekannan uusiminen sekä tilankäytön ja materiaalivirtauksen parantaminen layoutsuunnittelun avulla. Opinnäytetyössä pyrittiin myös tehostamaan tuotantoa poistamalla hukkaa lean-tekniikoiden avulla. Layoutin suunnittelu toteutettiin AutoCAD-ohjelmistolla.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin valmis layoutsuunnitelma. Layoutsuunnitelmassa uusittiin hitsausrobottien ja pyörityslaitteiden konekantaa ja näiden tekijöiden muutos huomioitiin osavalmistuksen materiaalinvirtauksessa sekä tilankäytössä. Materiaalinvirtaus muuttui selkeästi suoraviivaisemmaksi tuoteryhmien A- ja B-tuotannossa. Tilankäytön tavoitteet saavutettiin mahdollistamalla samaan tuotantotilaan useita uusia toimintoja varsinaisen tuotannon lisäksi. Työn suunnittelu, toteutus ja aikataulu onnistui hyvin.

Kieli  
suomi

Sivuja 35

Asiasanat  
layoutsuunnittelu, lean, osavalmistus, materiaalivirta



**THESIS**  
**April 2013**  
**Degree Programme in Mechanical and  
Production Engineering**  
Karjalankatu 3  
FIN 80200 JOENSUU  
FINLAND  
Tel. +358 50 260 6800

Author  
Niko Hyttinen

Title  
Manufacturing Layout Planning

Commissioned by  
Company in the field of metal industry

**Abstract**

The main goal in this thesis was to compile a manufacturing layout. The main purposes of layout planning are the increase of company productivity and competitiveness. Company competitiveness will increase if a company is focused on eliminating operations which decrease the product value. Companies which have internalized Lean principles are the most profitable and fastest growing companies.

The main purpose of this thesis was to create a manufacturing layout plan for a metal industry company. Updating the machines which increase space utilization and improving material flow by using layout planning were the main goals of this thesis. The lean- techniques were used to increasing productivity by eliminating waste operations at the production stage. The layout planning was made by AutoCAD program.

As a result of this thesis a ready layout plan was produced. In the layout the machines were updated by robot welding and hand welding areas. These updates were observed in the planning of space utilization and material flow. Material flow at product families A and B improved considerably. The main goal of space utilization was reached and several new processes were included to the same production space. Planning, executing and objective schedule were achieved very well.

Language  
Finnish

Pages 35

Keywords  
layout planning, lean, manufacturing, material flow

## 1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö on saatu toimeksiantona yritykseltä, jossa olen ollut useana kesänä kesätöissä. Työnkuvani liittyi kyseisinä kesinä layout kuvien piirtämiseen, mikä toimi pohjana tämän opinnäytetyön aiheen valitsemiselle. Aiheeksi valikoitui erään osavalmistuksen osa-alueen layoutin suunnittelu. Aiheen valintaan vaikutti myös se, että yrityksen tehtaalla oli tehty viimeaikoina isoja muutoksia osavalmistuksen osa-alueisiin, joten tätä työtä koskevan osa-alueen muutos oli luontainen jatkumo edellisiin projekteihin.

Tavoitteeksi asetettiin erään osavalmistuksen tuotannon konekannan uusiminen sekä tilankäytön ja materiaalivirtauksen parantaminen layoutsuunnittelun avulla. Opinnäytetyö rajattiin projektin laajuuden takia layoutin suunnittelemiseen ja piirtämiseen. Työssä ei oteta tämän vuoksi juurikaan kantaa valmistus menetelmien, kuten hitsaustekniikoiden muuttamisen puolesta ja yritetä näillä keinoin parantaa läpivirtausta. Pyrin työssäni tehostamaan tuotantoa Lean-teorian tekniikoiden ja näkökantojen avulla.

Tämä opinnäytetyö voidaan jakaa kolmeen pääosa-alueeseen, jotka ovat työn teoria, käytännöntyön toteuttaminen ja tulososio. Ensimmäisessä osiossa käydään läpi keskeisimmät teoriat, joita käytetään työn toteuttamiseen. Toisessa osiossa kerrotaan, kuinka työ on tehty ja käydään läpi lopputuloksen kannalta merkittävimmät tekijät, mitkä vaikuttivat lopullisen layoutin suunnittelemiseen. Viimeisessä osiossa tarkastellaan työn tuloksia ja sitä, kuinka tavoitteet on saavutettu. Tässä opinnäytetyössä ei tuoda esille yrityksen pyynnöstä tarkkoja kuvauksia yrityksestä tai yrityksen valmistamista tuotteista.

## 2 Työn lähtökohdat ja tavoite

Opinnäytetyön päätavoite oli suunnitella uusi layout, jossa materiaalivirrat olisivat mahdollisimman suoraviivaisia. Suoraviivaisten materiaalivirtojen avulla vähennetään turhaa siirtelemistä ja tehostetaan tuotantoa. Työn toisena tavoitteena oli tilankäytön tehostaminen. Vanha layout oli suunniteltu 1354 m<sup>2</sup>:n alueelle ja tuon alueen tilankäyttöä haluttiin parantaa. Samalle alueelle haluttiin mahduttaa nykyisen tuotannon lisäksi toisen osakokonaisuuden osavalmistustuoteryhmä C sekä kokoonpanon osille tarvittava kuljetin ja yksi kokoonpanon tarvitsema IPK-alue. Materiaalivirtauksen ja tilankäytön tehostamisen lisäksi tavoitteena oli parantaa tuottavuutta varmistamalla, että ylituotantoa tai muuta hukkan muotoa ei pääse muodostumaan (luku 4).

Lähtökohtana tälle työlle oli osavalmistuksen tuoteryhmien A ja B layout-muutos. Tuoteryhmän A tuotteita valmistettiin kolme päivässä ja tuoteryhmän B tuotteita valmistettiin neljä päivässä. Tuoteryhmään A kuului neljä erilaista tuotetta ja tuoteryhmään B viisi erilaista tuotetta. Tuoteryhmä C tuodaan työssä esille vain luettavuuden parantamisen takia. Tuotanto keskittyi vanhaan tehdashalliin, josta tilaa oli 1354m<sup>2</sup> tuoteryhmien yhteisessä käytössä. Toimeksiantajan pyynnöstä en laadi yksityiskohtaisempaa kuvausta tuotteista.

## 3 Layoutsuunnittelu

Layoutsuunnittelulla tarkoitetaan tuotantojärjestelmän fyysisten osien, kuten laitteiden, osien, varastopaikkojen ja kulkureittien sijoittelua [1, 475–479]. Layoutsuunnitteluun vaikuttaa useita eri tekijöitä ja layoutia tehtäessä joudutaan usein tekemään kompromisseja, koska optimaalista ratkaisua ei yleensä ole. Suunnittelun keskeisin idea on saada mahdollisimman tehokas materiaalienvirtaus. Lähtökohtana on, että materiaalin siirtomatkat ovat lyhyet ja materiaalinvirtaus on suoraviivaista. Layoutsuunnittelussa on hyvä ottaa huomioon myös mahdolliset muutostarpeet, etenkin raskaiden koneiden ja kiinteiden

den kohteiden sijoittelussa. Hyvän layoutin ominaisuuksina voidaan pitää materiaalivirtojen selkeyttä, materiaalien lyhyitä kuljetusmatkoja sekä sitä, että tila on tehokkaasti käytetty. Hyvinä ominaisuuksina voidaan myös pitää layoutin helppoa ja joustavaa muutettavuutta, valmistuksen omien osa-alueiden keskitettyä sijoittelua, materiaalien vastaanoton ja jakelun tehokkuutta, sisäisen kommunikaation helppoutta sekä sitä, että työturvallisuus ja -tyytyväisyys on otettu huomioon. 1. [1, 480–482.]

Ominaisuuksia joita hyvästä layoutista löytyy:

- materiaalivirrat ovat selkeitä
- layout on helposti ja joustavasti muutettavissa
- materiaalin kuljetusmatkat ovat lyhyet
- valmistuksen omat osa-alueet on sijoitettu keskitetysti
- materiaalien vastaanotto ja jakelu on tehokasta
- sisäinen kommunikaatio on helppoa
- tila on tehokkaasti käytetty
- työturvallisuus ja -tyytyväisyys on otettu huomioon.

Kuvio 1. Hyvän layoutin ominaisuuksia [1, 482].

Layoutsuunnittelun päävaiheina voidaan pitää paikan valintaa, kokonaisuuden karkeaa suunnittelua, yksityiskohtaista suunnittelua sekä toteuttamisen suunnittelua. Näistä vaiheista ensimmäisenä on paikan valinta, mutta kuitenkin suunnittelutyön lähtökohtana pitää olla tietojen hankkiminen tuotteista ja tuotannosta. [2, 123–125.]

Layoutsuunnittelun päävaiheina voidaan pitää seuraavia:

- paikan valinta
- kokonaisuuden karkea suunnittelu
- yksityiskohtainen suunnittelu
- toteuttamisen suunnittelu.

Kuvio 2. Layoutsuunnittelun päävaiheet [2, 125].

Layout voidaan jaotella kolmeen erilaiseen päätyyppiin työnkulun ja tuotantolaitteiden sijoittelun perusteella. Funktionaalinen-, tuotantolinja- ja solulayout ovat layoutin päätyyppejä ja niistä voidaan käyttää myös käsitettä layout-malli. Layout-mallin valintaan vaikuttaa erilaisten tuotteiden lukumäärä sekä se, paljonko tuotteita valmistetaan. [1, 475–479.] Seuraavissa kappaleissa käydään läpi layoutin päätyyppejä ja niille tyypillisiä ominaisuuksia.

### **3.1 Funktionaalinen layout**

Funktionaalisen layout-mallin tuotteiden valmistumismäärät sekä niiden tyypit voivat vaihdella huomattavasti, joten malli soveltuu useiden erilaisten tuotteiden valmistamiseen pienellä volyymilla. Tuotteiden valmistus tapahtuu sarjoissa tai yksittäisinä kappaleina. Työtehtävät määräävät koneiden ja työpisteiden sijoittelun. Esimerkiksi kaikki sorvit sijaitsevat samassa paikassa ja hitsauspaikat on sijoitettu toistensa läheisyyteen. Materiaalien kuljetus- ja käsittelykustannukset ovat suuria työpisteiden pitkien välimatkojen vuoksi, eikä töiden oikea-aikainen ohjaaminen työvaiheesta toiseen ole tuotannonohjauksessa helppoa. Tämä aiheuttaa keskeneräisen tuotantomäärän kasvua ja pidentää tuotannon läpäisyäikää. Lisäksi työpisteiden välivarastot ovat pitkien välimatkojen päässä toisistaan, mikä hankaloittaa laadunvalvontaa. Funktionaalisen layoutin toteuttaminen on kuitenkin tuotantolinjaan verrattuna helppoa ja halpaa, koska kapasiteetin kasvattaminen ja erilaisten tuotteiden valmistaminen on mahdollista monipuolisten koneiden ja laitteiden ansiosta. [1, 476–479.]

### **3.2 Tuotantolinja-layout**

Tuotantolinja layout-malli on keskittynyt tietyn tuotteen valmistamiseen ja valmistus tapahtuu tehokkaasti sekä automatisoidusti. Tuotteen yksikköhinta saadaan pidettyä tämän ansiosta alhaisena. Koneet ja laitteet on asetettu tuotantolinjassa tuotteen työnkulun mukaiseen järjestykseen ja kappaleen siirtämisessä työvaiheelta toiselle voidaan hyödyntää mekaanisia kuljettimia. Keskeisinä edellytyksinä tuotantolinjan rakentamiselle voidaan pitää suurta volyymia ja korkeaa kuormitusastetta, mikä johtuu tuotantolinjan rakentamisen korkeista kustannuksista. Laadunvalvontaa voidaan pitää erittäin

tärkeänä tuotantolinjaa ajatellen, mikä johtuu tuotantolinjan huonosta häiriönsiedosta. Jokainen häiriö voi vaikuttaa koko linjaan ja sen tuottavuuteen. Virhekustannukset voivat kasvaa hyvin suuriksi, koska linja pystyy tuottamaan nopeasti paljon virheellisiä tuotteita. Tuotantolinjaa suunniteltaessa täytyy ottaa lisäksi huomioon se, että kapasiteetin kasvattaminen linjan valmistuksen jälkeen on vaikeaa. [1, 475–476.]

### **3.3 Solulayout**

Solulayout-malli kannattaa valita siinä tapauksessa, kun valmistetaan toistuvasti erilaisia tuotteita tuotantovolyymien pysyessä kuitenkin niin alhaisena, ettei omaa tuotantolinjaa kannata rakentaa. Solulayout-mallia voidaan pitää tuotantolinjan ja funktionaalisen layoutin sekoituksena. Koneet ja työpaikat on koottu itsenäisiksi ryhmiksi, jotka ovat erikoistuneet tiettyjen osien tai työvaiheiden tekemiseen. Solun tehokkuus perustuu materiaalivirtojen selkeyteen sekä siihen, että kyseisessä layout-mallissa ei esiinny väli-varastoja. Solun tuotanto on joustavaa tuotteille, joiden tuotantoon se on suunniteltu. Lisäksi solun tuotannonohjaus ja laadunvalvonta on helppoa, koska siinä muodostuu vain yksi kuormituspiste. [1, 477–479.]

### **3.4 Tuotantolinja-layoutin suunnittelu**

Tässä luvussa käydään läpi tuotantolinja-mallin layoutsuunnittelua koskevia laskenta-kaavoja, koska yritykselle suunnittelemani layout-malli perustuu pääasiassa kyseiseen layoutiin. Tuotantolinja-layoutin suunnittelussa koneiden ja laitteiden sijoittelu määräytyy työjärjestyksen mukaisesti. Tuotantolinjaa suunniteltaessa täytyy ottaa huomioon eri työvaiheiden työaikojen tasapaino. Eri työpisteiden kuormituksen tasapainottamiseen voidaan yksinkertaisesti käyttää työtehtävien siirtämistä toiseen työpisteeseen. Osavalmistuksessa työvaiheiden siirtäminen työpisteestä toiseen on vaikeaa, koska suoritusjärjestys on kiinteä. Työvaiheiden työajan tasapainottamisella minimoidaan työvaiheissa syntyvä aikahäviö ja saavutetaan paras mahdollinen tuottavuus. Tuotantolinjan tasapainottamiseksi täytyy laskea tuotantomääriin perustuva tahtiaika. [1, 485.]

$$\text{Tahtiaika} = \frac{\text{Aika}}{\text{Haluttu tuotanto}}$$

Tahtiaikaa tarvitaan työpisteiden lukumäärän laskemiseen. Työpisteiden vähimmäismäärä lasketaan jakamalla valmistuksen jokaisen työvaiheen vaiheaikojen summa tahtiajalla. [1, 485–486.]

$$\text{Työpisteiden lkm} = \frac{\text{Työkappaleen kokonaisvalmistusaika}}{\text{Tahtiaika}}$$

Työkappaleen kokonaisvalmistusaikana täytyy käyttää painotettua standardiaikaa, jos samalla työpisteellä valmistettavien kappaleiden valmistusajat eroavat toisistaan [3, 37].

$$\text{Painotettu standardiaika} = \frac{\sum(\text{Standardiaika} \times \text{Kappalemäärä})}{\sum \text{Kappalemäärä}}$$

## 4 Lean

Lean on johtamisen filosofia, joka on kehitetty Japanissa Toyotan autotehtaalla. Toimintamallin sisäistäneet yritykset ovat yleisesti alansa kannattavimpia ja nopeimmin kasvavia. Lean-toiminnalle on keskeistä, että asioita pyritään tarkastelemaan asiakkaan näkökulmasta ja tuotteen tai palvelun arvo määritellään tuotteen ominaisuuksien, toimitusajan, laadun ja sen varmuuden perusteella. Lean-periaatteen mukaan yrityksen kilpailukykyä voidaan parantaa keskittymällä arvoa lisääviin toimintoihin ja poistamalla arvoa lisäämättömiä toimintoja eli hukkaa. Kilpailukykyä voidaan parantaa myös kehittämällä tuotannon virtausta ja tuotannon yleistä järjestystä, mikä taas tehostaa työskentelyä ja nopeuttaa läpäisyä. Yrityksen kilpailukyky paranee ja toiminta varmistuu myös tulevaisuudessa, kun arvoa tuottavan työn osuus saadaan suuremmaksi. Lean perustuu jatkuvaan kehittämiseen ja toimintojen mittaamiseen. [4, 6–7.] Seuraavissa kappaleissa käydään läpi Lean-toiminnan kannalta keskeisiä käsitteitä sekä tuotannon tehostamiseen vaikuttavia tekijöitä.

#### 4.1 Lean-mittarit ja läpäisy aika

Lean-mittareilla pyritään seuraamaan valmistusprosessin tehokkuutta, laatua ja erinäisten hukkien esiintymistä. Mittaamisilla tavoitellaan sitä, että työlle voidaan asettaa selkeät tavoitteet ja että poikkeamat sekä ongelmat havaitaan nopeasti, jolloin pystytään seuraamaan kehitystoimenpiteiden vaikutusta. Mittareilla ei ole tarkoitus valvoa työntekijöitä vaan ymmärtää paremmin prosessin toimintaa. Keskeisimpiä Lean-mittareita ovat tuottavuus, laatu, läpäisy aika, keskeneräinen tuotanto ja hukka. Mittaamalla valmistusprosessien tehokkuutta ja laatua saadaan liikkeenjohdolle tarpeellisia mittaustietoja tuotannon johtamisen ja kehittämisen tueksi. Toimintaa ei voida kehittää, jos ei tiedetä nykyistä suoritustasoa, eikä kehitystavoitteita voida asettaa ilman mittareita. [4, 28.]

Läpäisy aikkaa voidaan pitää tuotantojärjestelmän tehokkuuden yhtenä tärkeimpänä käsitteenä ja mittarina. Läpäisy aika muodostuu jonkin toimintakokonaisuuden alkamisesta ja sen valmiiksi tulemiseen käytetystä ajasta. Läpäisy aika pystytään määrittelemään erilaisille kokonaisuuksille, kuten koko tilaukselle, sen valmistukselle, osavalmistukselle tai kokoonpanolle. Odotusaika on olennaisin osa valmistuksen läpäisy aikkaa ja se kasvaa valmistuksien vaiheiden lukumäärän mukaan. Läpäisy aikkaa kutsutaan useasti myös nimellä läpimeno aika. Lyhyt läpäisy aika on selkeä tunnus hyvin toimivasta, joustavasta ja tehokkaasta tuotantojärjestelmästä. Läpäisy aikkaa ei saada lyhyeksi, jos toimintatavat ovat huonot. Osavalmistuksen läpäisy aikkaa voidaan lyhentää konstruktiomuutoksin, monitoimisin konein ja yhdistämällä vaiheita soluperusteisella valmistusjärjestelmällä. [8, 53–58.]

#### 4.2 5S-malli

Yksi keskeisimmistä Lean-työkaluista on 5S-malli. Työkalun perusajatuksena on pitää työympäristö siistinä, mikä parantaa osaltaan työskentelyn laatua ja vähentää tuotteen läpimeno aikkaa sekä kustannuksia. Nimi 5S tulee japaninkielisistä sanoista Seiri (lajittele), Seiton (järjestä), Seiso (puhdistaa ja huolla), Seiketsu (vakiinnuta toimenpiteet) ja Shitsuke (ylläpidä). [4, 26–27.] Lajittelun tarkoituksena on poistaa työpisteiltä kaikki

tarpeeton materiaali, joka vie turhaa tilaa ja hidastaa työntekijöiden työskentelyä. Järjestämisen avulla tarpeelliset työkalut ja materiaalit sijoitetaan tarkoituksenmukaisiin sekä selkeästi merkittyihin paikkoihin. Nämä kaksi toimintoa tehostavat osaltaan tuotantoa, koska työvälineiden etsimiseen ei tarvitse käyttää turhaa aikaa ja tilan toimivuus paranee. Koneiden ja laitteiden säännöllisellä puhdistamisella sekä huoltamisella vähennetään osaltaan muun muassa niiden korjaamistarpeita. Yrityksen tulee vakiinnuttaa toimenpiteet osaksi rutiininomaista työtä, jotta työympäristön siisteys ja sitä myöten toimivuus ei olisi vain hetkellinen hyöty. Ylläpitämisen periaatteeseen kuuluu työpisteiden säännöllinen auditointi, joka auttaa 5S-mallin toteutumisen arvioimisessa. 5S-mallin mukainen toiminta auttaa yritystä huomaamaan merkittävimmät tuotantoprosessin hukkakohdat ja turhan hukan muodostuminen vähenee, kun ympäristö on siisti ja toimiva. [9, 37–52.]

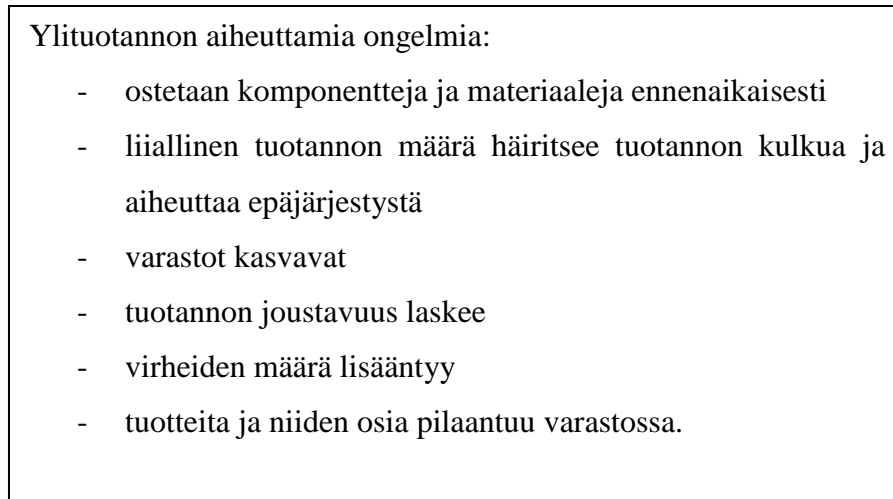
### **4.3 Arvoa tuottavan osuuden kasvattaminen hukkaa poistamalla**

Yrityksen kilpailukykyä voidaan parantaa kehittämällä arvoa lisääviä toimintoja ja poistamalla hukkaa eli kaikkia niitä tekijöitä, jotka eivät tuo prosessille lisäarvoa. Arvoa lisäävänä toimintona voidaan pitää toimenpiteitä, joissa kappaletta tai informaatiota muotoillaan ja muokataan asiakkaan tarpeiden mukaiseksi. [4, 7.] Useissa yrityksissä suurin osa prosessista on hukkaa ja vain pieni osa arvoa lisäävää työtä. Tuotannon yleisimmät hukkatyypit ovat ylituotanto, laatuvirheet, odottelu ja viivästykset sekä kaikki tarpeeton tuotteen käsittely. Tarpeettomaan tuotteen käsittelyyn liittyy muun muassa tarpeettomat varastot ja kuljetukset sekä tuotteen ylikäsittely ja tarpeeton liike työskentelyssä. [4, 10–11.]

#### **4.3.1 Ylituotanto**

Tuotantoa, jossa kappaleita tehdään enemmän kuin tarve vaatii tai ennen kuin niitä tarvitaan, sanotaan ylituotannoksi. Ylituotanto johtaa useisiin erilaisiin ongelmiin, kuten varastojen kasvuun, virheiden lisääntymiseen, tuotannon joustavuuden laskemiseen, komponenttien ja materiaalien ennaikaiseen ostamiseen sekä tuotteiden ja niiden osien pilaantumiseen varastossa. Ylituotanto häiritsee myös tuotannon kulkua ja aiheuttaa

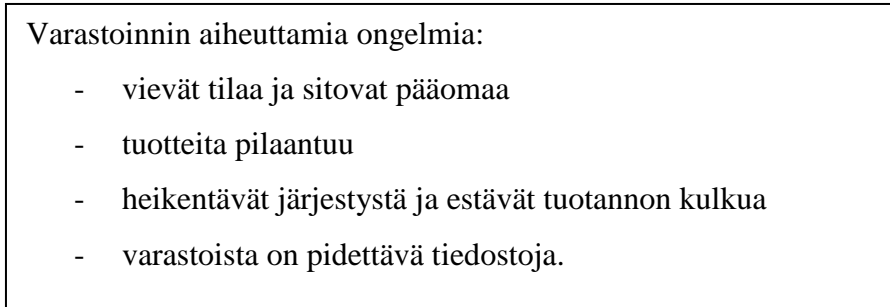
epäjärjestystä. Ylituotannon välttämiseksi tuotantokapasiteetin ja sen tarpeen täytyy olla tasapainossa. Ylituotantoa voidaan välttää useilla Lean-periaatteilla, kuten tuotantolinjojen tasapainottamisella, imuohjauksella kanban-järjestelmän avulla ja tarkistamalla, että kapasiteettitarve vastaa koneiden kapasiteettia. [5, 16–17.]



Kuvio 3. Ylituotannosta aiheutuvia ongelmia [5, 16].

#### 4.3.2 Varastointi

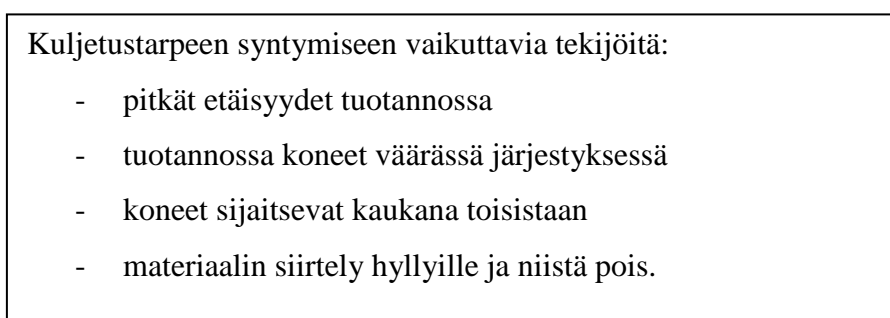
Varastoinnilla tarkoitetaan materiaalin, tuotteiden ja vastaavien varastoimista yrityksen sisällä tai ulkopuolella. Varastot voivat koostua raaka-aineista, puolivalmiista tuotteista, kokoonpanon osista tai jo valmiista tuotteista. Varastojen ongelmia ovat, että ne vievät tilaa, sitovat pääomaa, heikentävät järjestystä ja estävät tuotannon kulkua. Ongelmina on myös tuotteiden pilaantuminen varastossa ja se, että varastoista on pidettävä turhia tiedostoja. Yleisen käytännön mukaan ajatellaan, ettei ilman varastoja tulla toimeen. Varastoja on aina ollut ja niihin on tämän vuoksi totuttu. [5, 18.] Varastojen vähentämisen yhtenä lähtökohdana voidaan pitää sitä, että ymmärretään mitkä ovat tarpeellisia varastoja ja mitkä tarpeettomia. Imuohjauksella ja tuotannon tasapainottamisella voidaan myös vähentää varastoinnin tarvetta. [5, 19.]



Kuvio 4. Varastoinnista aiheutuvia ongelmia [5, 18].

### 4.3.3 Kuljetukset

Kuljetuksia ovat materiaalin, osien, komponenttien ja vastaavien siirtäminen työpaikalle, työpaikalta pois tai niiden siirtäminen muusta syystä. Kuljetuksien määrä riippuu siirrettävän materiaalin määrästä. Kuljetustarpeen syntymiseen vaikuttavat useat eri tekijät, joita ovat esimerkiksi pitkät etäisyydet tuotannossa, tuotannon koneiden väärä järjestys, koneiden sijaitseminen kaukana toisistaan sekä materiaalin siirtely hyllyille ja niistä pois. Kuljetustarpeen vähentämisen peruskeinona voidaan pitää koneiden ja laitteiden uudelleen järjestämistä prosessin suuntaiseksi. Toinen keino on työntekijöiden ammattitaidon lisääminen niin, että työntekijät pystyvät suoriutumaan eri valmistusvaiheista samalla työpisteellä. [5, 20–21.]



Kuvio 5. Kuljetustarpeen syntymiseen vaikuttavia tekijöitä [5, 20–21].

#### 4.3.4 Laatu hukka

Laatuhukan syntyminen johtuu virheistä ja niistä johtuvien virheellisten tuotteiden tarkistamisesta, lajittelemisesta, korjaamisesta sekä reklamaatioista. Laatu puutteita aiheuttavat ihmiset ja koneet. Laatu puutteita voi syntyä esimerkiksi niin, että tuote tarkistetaan vasta valmistuksen loppuvaiheessa, ammattitaito on puutteellista, työohjeet ovat huonot tai vaurioita syntyy materiaalin käsittelyssä ja kuljettamisessa. Laatuhukan muodostumista voidaan vähentää tuotteen käsittelyn määrän vähentämällä, laatimalla laatu-, työ- ja tarkastusstandardit sekä niin, että jokainen tarkastaa oman työnsä tulokset. [5, 22–23.]

Laatuhukkaa tulee kun:

- tuotteet tarkastetaan vasta loppuvaiheessa
- ammattitaito on puutteellista
- työohjeet ovat huonot
- kuljetuksessa tai materiaalin käsittelyssä syntyy vaurioita.

Kuvio 6. Laatuhukan syntyminen [5, 22–23].

#### 4.3.5 Prosessihukka

Prosessihukkana pidetään valmistusprosessissa olevia turhia työvaiheita. Hukan muodostumisen aiheuttaa se, että valmistusprosessi tehdään niin kuin aina ennenkin, koska prosessin toimivuutta ei ole tutkittu tai prosessisuunnitelmia ei pidetä ajan tasalla. Prosessihukkaa saadaan vähennettyä kyseenalaistamalla vanhat käytännöt ja tutkimalla prosessien kulkua ja sen osien tarpeellisuutta. [5, 24–25.]

Prosessihukkaa aiheutuu:

- vääristä työtavoista
- prosessin turhista työvaiheista.

Kuvio 7. Prosessihukan aiheuttajia [5, 24–25.]

### 4.3.6 Työvaihehukka

Työvaihehukkana voidaan pitää työntekijän työsuorituksia, mitkä eivät edesauta työtetävän valmiiksi tulemista. Työvaihehukan syntymiseen voi vaikuttaa useat eri tekijät, kuten työntekijän huono perehdyttäminen tai työohjeiden puutteellisuus. Yhtenä oleellisenä osatekijänä voidaan myös pitää huonoa työpaikkajärjestystä. Tätä hukkatyyppiä voidaan välttää kannustamalla työntekijöitä työmenetelmien kehittämiseen ja antamalla koulutusta työmenetelmien tehokkaaseen kehittämiseen. Työnopastuksella voidaan myös vähentää oleellisesti työvaihehukan syntymistä. [5, 26–27.]

<p>Työvaihehukkaa aiheutuu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- huonosta perehdyttämisestä</li> <li>- työohjeiden puutteellisuudesta</li> <li>- huonosta työpaikkajärjestyksestä.</li> </ul>
---

Kuvio 8. Työvaihehukan aiheuttajia [5, 26–27.]

### 4.3.7 Odotus

Työntekijän tai koneen seuraavan työvaiheen viivästyminen edellisen vaiheen vuoksi sanotaan odotukseksi. Odotusaikaa syntyy muun muassa silloin, kun eri osastojen tai prosessien työvaiheajat ovat epätasapainossa tai koneet ja laitteet on sijoitettu huonosti. Tuotannon tasapainottaminen on yksi keino odotusajan poistamiseen, kun kapasiteetti saadaan vastaamaan tarpeeseen, niin odotusaikojen ilmeneminen vähenee huomattavasti. Työntekijöiden ammattitaitoa monipuolistamalla voidaan myös välttää turhien odotusaikojen muodostuminen. [5, 31.]

<p>Odotusaikaa ilmenee jos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- prosessien työvaiheajat ovat epätasapainossa</li> <li>- koneet ja laitteet on sijoitettu huonosti.</li> </ul>
--

Kuvio 9. Odotusajan ilmeneminen [5, 31.]

#### **4.4 Virtaus**

Virtauksella tarkoitetaan tuotteiden, kappaleiden, materiaalien ja tiedon keskeytymätöntä virtausta prosessin läpi ilman välivarastoja. Sinä hetkenä kun asiakas tilaa tuotteen, virtaus alkaa ja kun asiakas saa valmiin tuotteen virtaus loppuu. Virtauksen toimivuutta kuvaa pienet välivarastot ja sidotun pääoman vähäinen tarve. Virtausta pidetään Lean-organisaation tärkeimpänä periaatteena, koska juuri täydellisen virtauksen tavoittelu pakottaa käyttämään muita Lean-työkaluja sekä -periaatteita. [6, 7.]

#### **4.5 Imuohjaus**

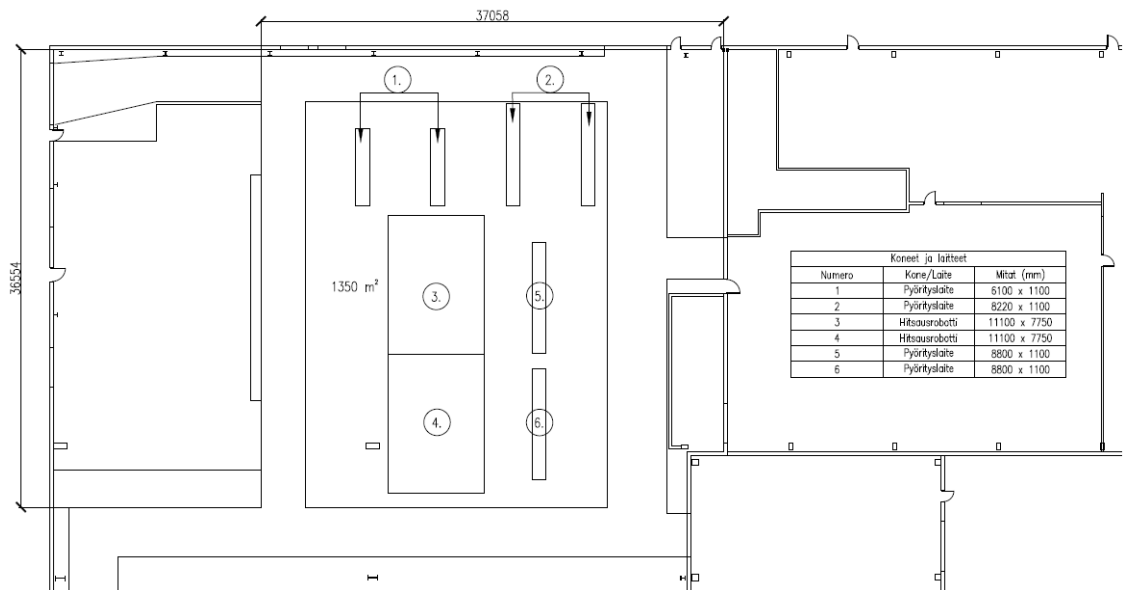
Imuohjauksen tarkoituksena on, että seuraava työvaihe ohjaa edellisen työvaiheen työn aloitusta esimerkiksi imuohjaukskortin kanbanin avulla. Kanban-kortti toimii ohjausimpulssina. Edellinen työvaihe ei ala, ennen kuin se saa ohjausimpulssin seuraavalta työvaiheelta. Ylituotantoa ei pitäisi muodostua, kun seuraava työvaihe ohjaa edellisen työvaiheen tuotantoa. [4, 22.] Imuohjauksessa kanban voi tarkoittaa myös visuaalisessa muodossa tehtyä tilausta edellisestä vaiheesta seuraavaan, jolloin tilauskorttia ei tarvita lainkaan. Tässä muodossa kaikissa työpisteissä on rajatut kanbanruudut, jotka ohjaavat tuotannon etenemistä. Tyhjä ruutu tarkoittaa sitä, että seuraavan työvaiheen tekijä on tilannut uuden kappaleen. Tässä ohjausmuodossa ruutu korvaa tilauskortin ja tilaus etenee loppupäästä prosessin alkuun. [7, 71.]

### **5 Nykyisen layoutin tarkasteleminen**

#### **5.1 Nykyiset tilat**

Tämänhetkinen layout (kuvio 10) oli suunniteltu vanhaan tehdashalliin ja sen käytössä oli tilaa 1354 neliometriä. Nykyinen layout oli tilan käytön näkökulmasta huono, sillä se vei paljon tilaa. Suurimpana syynä nykyisen layoutin laitteiden sijoittelulle oli nykyiset

hitsausrobotisolut, joiden ympärille layout oli rakennettu niin, ettei hitsausrobotteja (kuvio 10 kohta 3 ja 4) ollut tarvinnut siirtää.



Kuvio 10. Nykyinen layout.

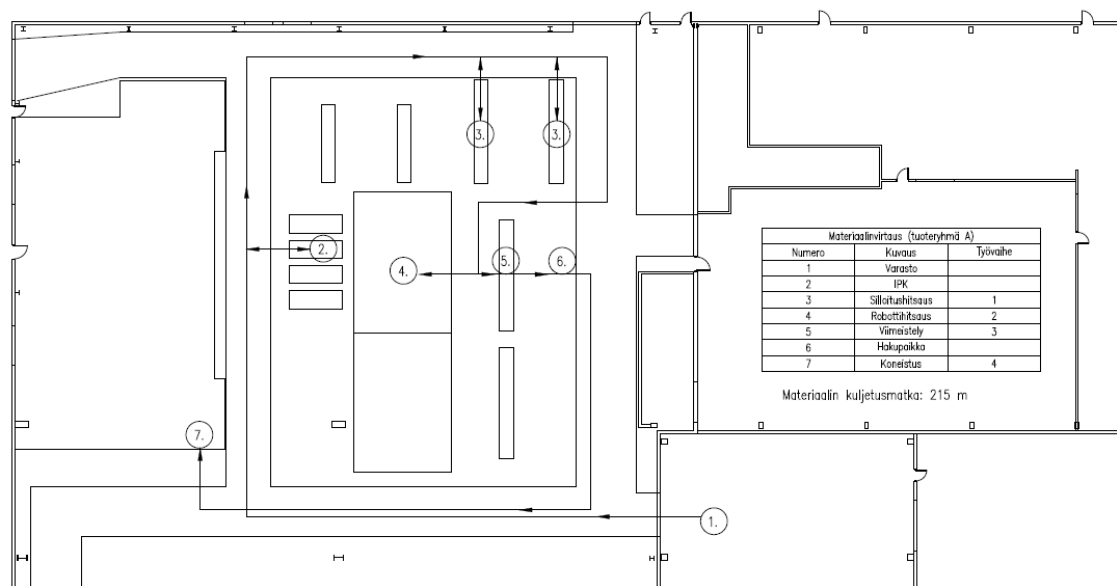
## 5.2 Työvaiheet

Tuoteryhmien A ja B valmistus tapahtui samoilla valmistustekniikoilla. Työvaiheita kyseisten tuoteryhmien osavalmistuksessa oli neljä. Ensimmäinen työvaihe oli osien silloitus, missä alihankkijoilta hankitut levyosat hitsattiin käsin aihiksi. Tässä vaiheessa vain sellaisille alueille hitsattiin lopullinen sauma, mitä ei hitsausrobotilla pystytty kunnolla hitsaamaan. Tämän työvaiheen tehtävä oli kiinnittää osat oikeille paikoilleen niin, että pääasiallinen hitsaus jäi hitsausrobotille.

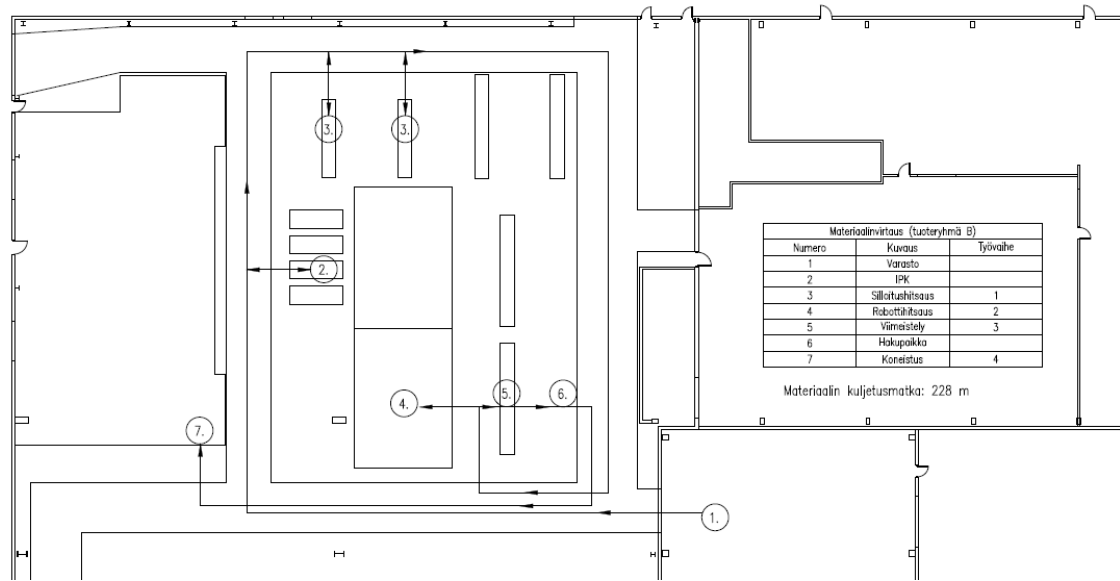
Toisessa työvaiheessa kappaleiden aihiot asetettiin hitsausrobottiin, jossa kappaleen saumat hitsattiin loppuun robotin avulla. Robottihitsauksen jälkeen kappaleelle tehtiin erillisessä viimeistelypisteessä saumojen ja pintojen viimeistely. Näiden vaiheiden jälkeen tuote kuljetettiin vihivaunun avulla neljänteen osavalmistustyövaiheeseen eli koneistukseen. Koneistuksessa kappaleeseen koneistettiin tarvittavat reiät ja kierteet sekä työstettiin tarvittavat pinnat.

### 5.3 Materiaalilogistiikka

Nykyisen layoutin suurin ongelma oli materiaalinvirtaus. Materiaali tuli levyosina ali-hankkijoilta varastoon, jossa osat pakattiin niille suunniteltuun siirtoalustaan eli kittiin. Tuote ja sen materiaalit kuljetettiin koko tuotannon läpi kyseisessä kitissä ja siitä luovuttiin vasta vihivaunun hakupaikalla, (kuvio 11 ja kuvio 12 kohta 6) josta kitti palautettiin takaisin varastoon (kuvio 11 ja kuvio 12 kohta 1). Vihivaunu kuljetti tuotteen tästä koneistukseen, josta se siirrettiin trukilla maalaukseen. Materiaalin siirrossa oli havaittavissa heti alussa turhaa pyörittelyä, mikä oli yksi tämän työn kehityskohteista. Materiaalin turha siirtely näkyy selvästi sekä tuoteryhmän A (kuvio 11) että tuoteryhmän B (kuvio 12) materiaalin virtauskuvioissa.



Kuvio 11. Tuoteryhmä A:n materiaalinvirtaus.



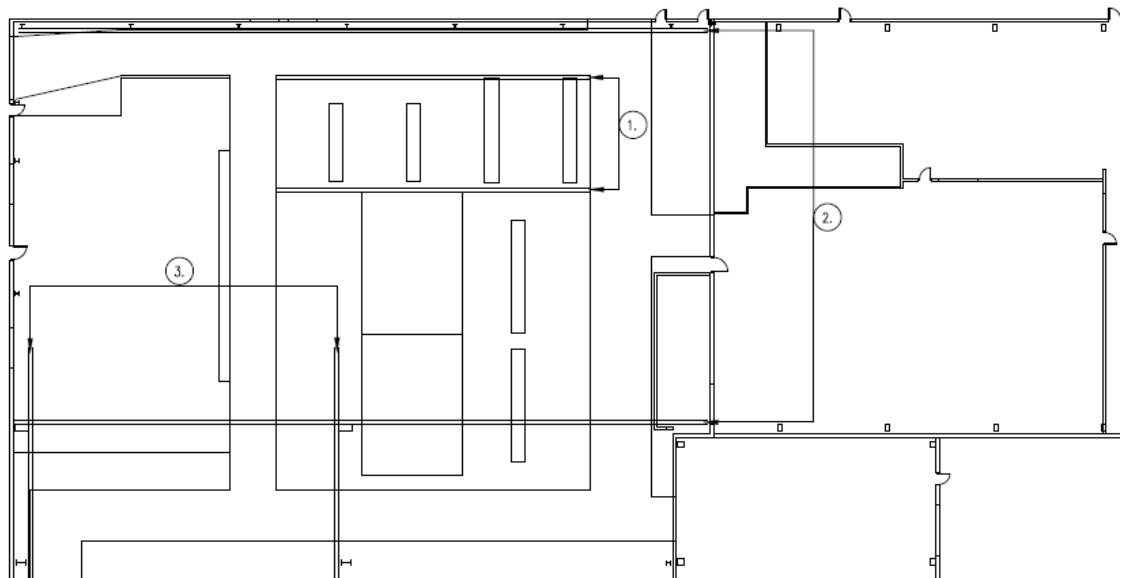
Kuvio 12. Tuoteryhmä B:n materiaalinvirtaus.

#### 5.4 Kone- ja laitekanta

Nykyisessä layoutissa tuoteryhmä B:n silloitushitsauksessa (kuvio 10 numero 1) käytettiin omavalmisteisia pyörityslaitteita. Tulevaisuudessa tuotteiden valmistukseen haluttiin saada joustavuutta, mikä taas vaikutti tuotteen jigien kokoon. Jigin kasvaessa vanhat pyörityslaitteet täytyy korvata uusilla, tehokkaammilla ja käytännöllisimmillä pyörityslaitteilla. Tehokkaammat pyörityslaitteet olivat jo käytössä tuoteryhmän A silloitushitsauksessa (kuvio 10 numero 2), minkä johdosta samanlaiset haluttiin myös B tuoteryhmän silloitushitsaukseen. Hitsausrobotteina käytettiin Cloos portaalirobotteja (kuvio 10 kohdat 3 ja 4), joiden käyttöiän takia ne haluttiin uusia. Hitsausrobottien ikä vaikutti suurelta osin laitteiden uusimiseen, mutta päivittämisellä haluttiin myös saavuttaa suurempi työnopeus ja parempi toimintavarmuus. Viimeistelypisteiden pyörityslaitteet (kuvio 10 kohta 5 ja 6) olivat myös omavalmisteisia ja käyttöiltään vanhoja.

## 5.5 Siltanosturit

Nykyisen layoutin siltanosturien sijainnit näkyvät alla olevassa kuviossa. Kohdassa yksi on esitetty silloituksessa käytettävien kevytsiltanosturien liikkuvuusalueet. Kyseisellä alueella oli toiminnassa kaksi kevytsiltanosturia, joista toista käytettiin tuoteryhmän A valmistukseen (kuvio 11 kohta 3) ja toista tuoteryhmän B valmistukseen (kuvio 12 kohta 3). Koneistuksen, robottihitsauksen ja viimeistelypisteiden käytössä olevien siltanosturien käyttöalue on esitetty kuviossa 13 kohdassa kaksi. Tällä alueella toimii kaksi isoa siltanostinta, joista toinen on tarkoitettu koneistuksen käyttöön (kuvio 12 kohta 7) ja toinen tuoteryhmien A ja B robottihitsauksen (kuvio 11 ja kuvio 12 kohta 4) sekä viimeistelypisteiden käyttöön (kuvio 11 ja kuvio 12 kohta 5). Koneistus-pisteellä oli myös käytössään toinen iso siltanosturi, joka on esitetty kuviossa 13 kohdassa kolme.

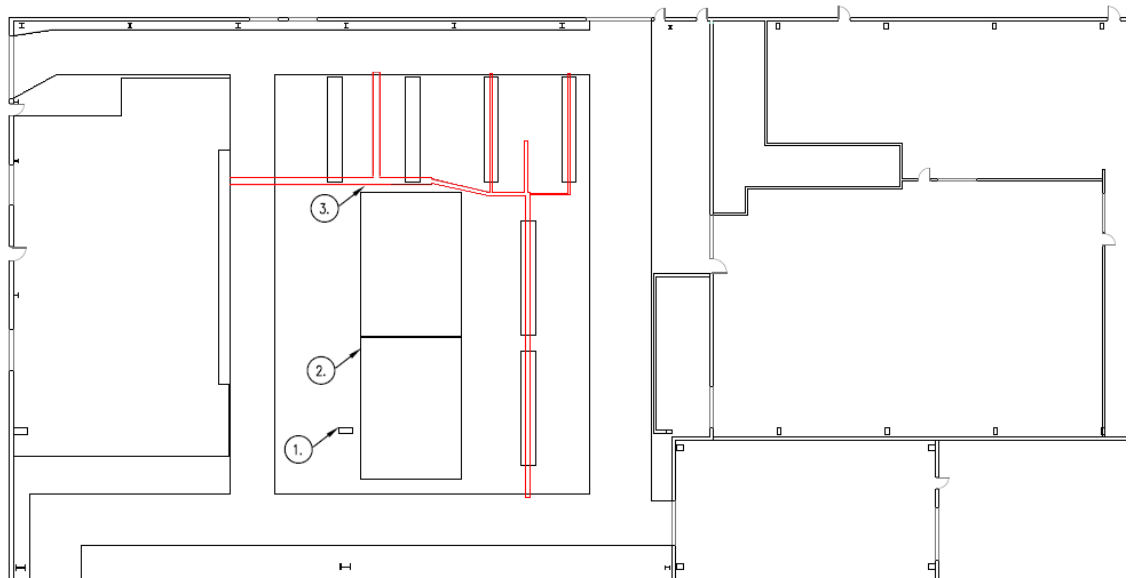


Kuvio 13. Siltanosturit.

## 5.6 Savunpoisto ja muut syötöt

Työpisteiden tarkastelussa tuli esille, että jokaiselle työpisteelle on viety lattiaan tehdysssä syvennyksessä hitsauskaasut, paineilma, sähköt ja erillinen savunpoistoputkisto. Suunnittelun päämääränä oli se, ettei pintavetoja tehdä ja sillä haettiin parempaa työturvallisuutta ja siisteyttä. Osavalmistuksen puolella ongelmallinen hitsaussavunpoisto oli

toteutettu erillisellä savunpoistolla jokaiselle työpisteelle. Näin hitsauksessa syntyvä savu saatiin tehokkaasti poistettua työpisteiltä. Kyseiset syötöt on vedetty runkotolpasta (kuvio 14 kohta 1) alas robotin suojaseinän viereen (kuvio 14 kohta 2), josta ne on johdatettu lattiassa olevaan syvennykseen (kuvio 14 kohta 3).



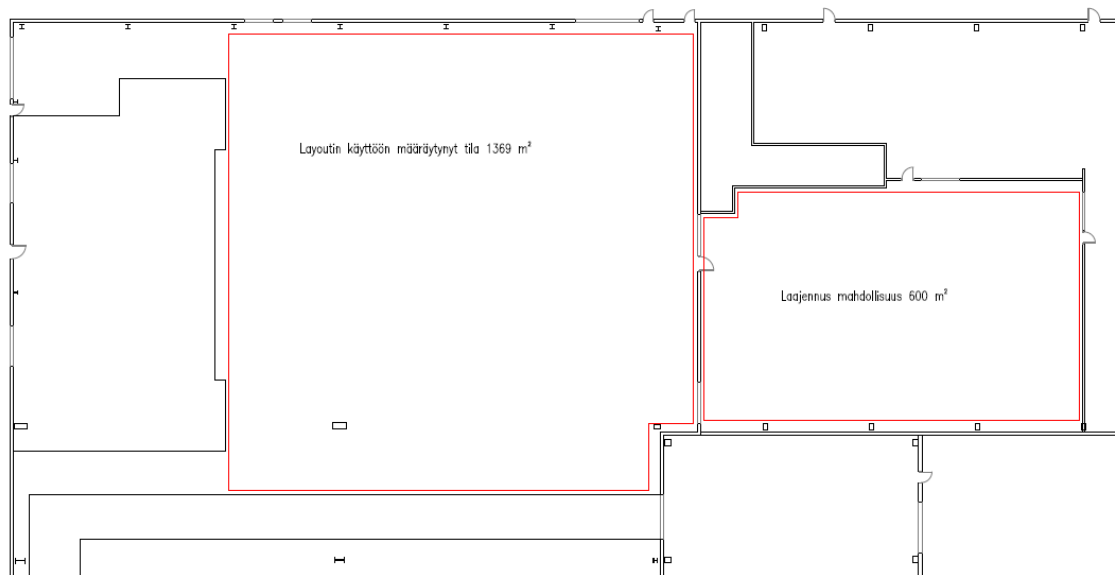
Kuvio 14. Lattiaupotukset.

## 6 Uuden layoutin suunnittelu

Aloitin työn keräämällä tietoa siitä, mitä tuotteita valmistettiin ja miten niitä valmistettiin. Mittasin tilat mihin tuotanto oli tarkoitus sijoittaa ja aloitin layoutsuunnittelun AutoCAD-ohjelmistolla. Piirsin aluksi useita eri layout-vaihtoehtoja, mutta johdon puolelta tulleiden uusien ohjeistuksien ja päämäärien tarkentuessa vaihtoehtoja karsiutui pois. Lopullinen layoutsuunnitelma valmistui sovitussa aikataulussa ja suunnitelman lopullinen onnistuminen selviää keväällä 2013 käytännön toteutuksen merkeissä. Seuraavissa kappaleissa käydään läpi uuden layoutin piirtämistä, ongelmakohtien ratkomista sekä sitä, kuinka valittuun layoutiin päädyttiin.

## 6.1 Paikan valitseminen

Alkaessani suunnitella uutta layoutia ensimmäisenä oli paikan valinta. Paikaksi määräytyi nykyisen layoutin paikkana toiminut tila. Käytettävissä oli nykyisestä osavalmistus hallista noin 1369 neliometriä. Mahdollisuuksia laajentaa tilaa lisäsiipeen mietittiin, mutta lopulta päädyimme ratkaisuun, ettei lisäsiipeä oteta käyttöön vaan suunnitellaan layout nykyiselle paikalle osavalmistushallin puolelle. Laajentaminen olisi tuonut ongelmia materiaalin virtaukseen, hitsauskaasujen hallinnoimiseen ja lisäksi se olisi tuonut lisäkustannuksia rakenteellisten muutoksien vuoksi.



Kuvio 15. Tulevan layoutin paikka ja laajennusmahdollisuus.

## 6.2 Tuotantokapasiteetin laskeminen

Lähtökohtana kapasiteetin laskemiselle oli varmistaa, että tuotanto pystyy vastaamaan asiakkaiden kysyntään. Tuotantolinjan haluttiin tuottavan seitsemän tuotetta päivässä, kolmessa vuorossa. Noista seitsemästä tuotteesta kolme kuului tuoteryhmään A ( $D_{c1}$ ) ja B tuoteryhmään ( $D_{c2}$ ) neljä tuotetta. Molemmat tuoteryhmät toimivat erillisinä yksiköinä, joten molemmille täytyi laskea oma tahtiaika. Tuotannon pyöriessä kolmessa

vuorossa käytin tahtiajan laskemisen tehokkaana työaikana ( $H_e$ ) täyttä 24 tuntia ja otin sen huomioon määritellessäni työpisteiden lukumäärää.

$$A \text{ tahtiaika} = \frac{H_e}{D_{c1}} = \frac{24h}{3} = 8h$$

$$B \text{ tahtiaika} = \frac{H_e}{D_{c2}} = \frac{24h}{4} = 6h$$

Työkappaleiden valmistusajoissa oli suuria heittoja oman tuoteryhmän sisällä, joten käytin työkappaleen valmistusaikana painotettua standardiaikaa. Toimeksiantajan pyynnöstä en esitä tätä laskentaa tarkemmin, mutta esitän taulukossa 1 suuntaa antavia arvoja.

$$\text{Painotettu standardiaika} = \frac{\sum(\text{Standardiaika} \times \text{Kappalemäärä})}{\sum \text{Kappalemäärä}}$$

Tahtiajan sekä painotetun standardiajan laskemisen jälkeen määritin työpisteiden lukumäärän.

$$\text{Työpisteiden määrä} = \frac{\text{Työkappaleen valmistusaika}}{\text{Tahtiaika}}$$

Taulukko 1. Tuoteryhmän A työpisteiden lukumäärä.

Tuoteryhmä A	Silloitus	Robottihitsaus	Viimeistely
<b>Painotettu standardiaika (h)</b>	9	4	5
<b>Tahtiaika (h)</b>	8	8	8
<b>Työpisteiden lukumäärä (pyöristetty ylöspäin)</b>	2	1	1

Taulukko 2. Tuoteryhmän B työpisteiden lukumäärä.

Tuoteryhmä B	Silloitus	Robottihitsaus	Viimeistely
<b>Painotettu Standardi aika(h)</b>	5	2	4
<b>Tahtiaika (h)</b>	6	6	6
<b>Työpisteiden lukumäärä (pyöristetty ylöspäin)</b>	2	1	1

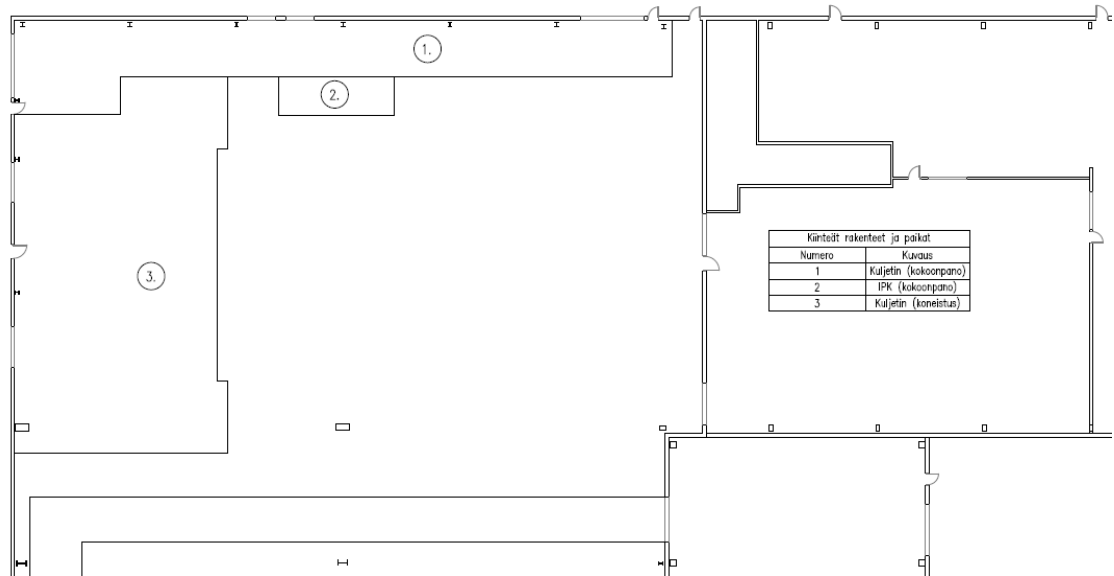
### 6.3 Tilantarpeen määrittäminen

Tilantarvetta määritellessäni suurin vaikutus oli konekannalla, jota oli tarkoitus uusia. Tuoteryhmän B silloituksen pyörityslaitteiden tilalle oltiin hankkimassa samanlaiset pyörityslaitteet, kuin tuoteryhmän A silloituksessa (kuvio 10 numero 2). Näin ollen tuoteryhmän B silloituksen tilantarve muuttui nykyiseen layoutiin verrattessa suuremmaksi.

Hitsausrobotit päätettiin myös vaihtaa uudempiin, tehokkaampiin sekä tilantarpeeltaan pienempiin. Samalla kun hitsausrobotit vaihdettiin uusiin, pyrittiin viimeistelytyövaihe tekemään robottihitsaussolussa. Näin ollen erillisiä viimeistelypaikkoja ei enää tarvittu. Tilantarvetta tutkiessani lisähaastetta toi kolmannen osavalmistustuoteryhmän, tuoteryhmän C:n tarvitsema tila sekä kokoonpanon tarvitsemalle IPK-paikalle ja kuljettimelle halutut tilat.

### 6.4 Kiinteiden rakenteiden ja laitteiden sijoitus layoutiin

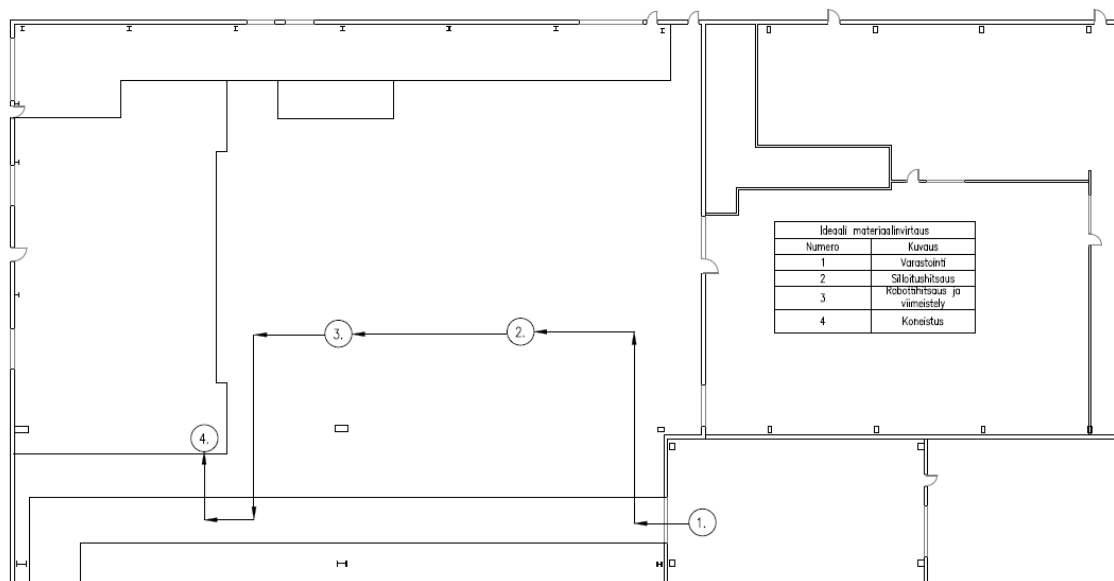
Aloitin layoutin piirtämisen tehtaan rakenteiden mallintamisella. Mittasin seinien, ovien, runkopalkkien ja muiden kiinteidenrakenteiden paikat (kuvio 16). Tehdessäni yrityksessä aikaisemmin layoutpiirroksia huomasin sen hetkisen layoutpohjan sisältävän vääriä mittoja rakenteiden sijainnissa. Tästä johtuen päätin mitata ja piirtää rakenteet uudelleen, millä taas halusin vaikuttaa layoutin toteutusvaiheeseen niin, ettei turhia ongelmia mitoituksen kanssa syntyisi. Kun kiinteät rakenteet oli mitattu, tarkistettu ja piirretty, sijoitin layoutiin kokoonpanonkuljettimen sekä varasin kokoonpanonosien IPK-paikan tarvitseman tilan.



Kuvio 16. Kiinteät rakenteet ja paikat.

## 6.5 Ideaalilayoutin hahmottelu

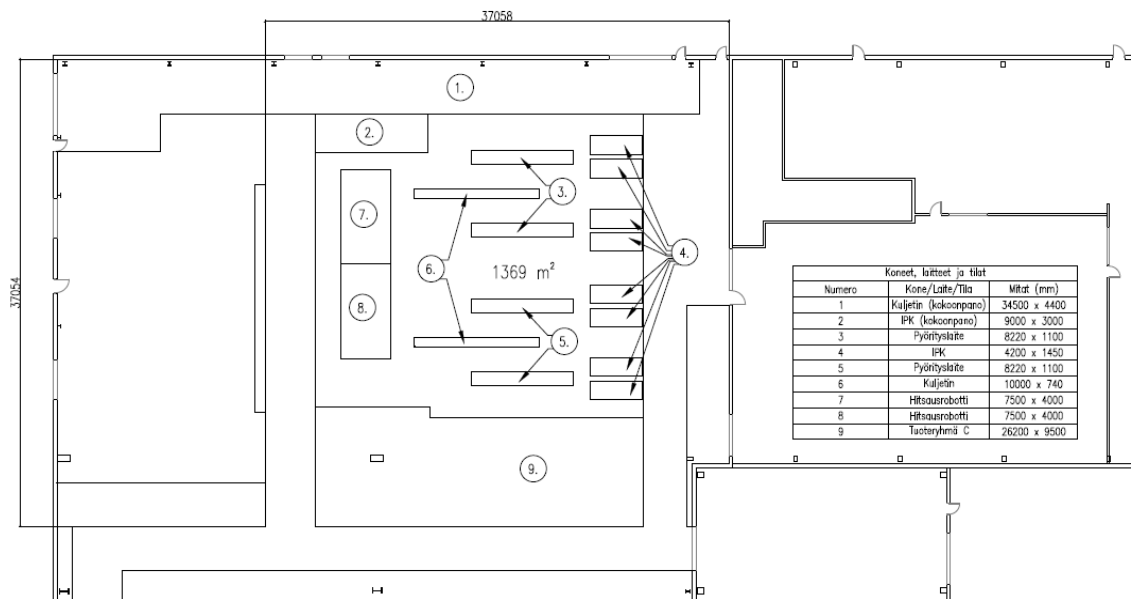
Ideaalitilanne (kuvio 17) materiaalinvirtausta ajatellen olisi materiaalin mahdollisimman suoraviivainen siirtyminen varastosta koneistuspisteelle. Otin tässä hahmotelmassa huomioon realiteetit, kuten kiinteät rakenteet, nykyisen varaston sekä koneistuspisteen sijainnin.



Kuvio 17. Ideaali materiaalinvirtaus.

## 7 Uusi layout

Ideaalivirtauksen hahmottelun jälkeen täsmentyi yrityksen halu pitää nykyiset hitsausrobotit toiminnassa omalla paikallaan niin pitkään, kunnes uudet hitsausrobotit olisivat käyttövalmiita. Tämä vaikutti ratkaisevasti tulevan layout-mallin koneiden sijoitteluun. Hitsausrobottien paikka määräytyi nykyisten robottien taakse mahdollisimman lähelle kokoonpanon IPK-paikkaa. Paikka valittiin, koska tuoteryhmän C tuotannolle paras materiaalinvirtaus saavutettiin sijoittamalla se mahdollisimman lähelle koneistusta (kuvio 18 numero 9) sen kuitenkin vaikuttamatta olennaisesti tuoteryhmien A ja B virtaukseen. Pyörittäjälaitteiden suunta (kuvio 18 numero 3 ja 5) määräytyi tilan ahtauden ja ylinostojen välttämisen perusteella.

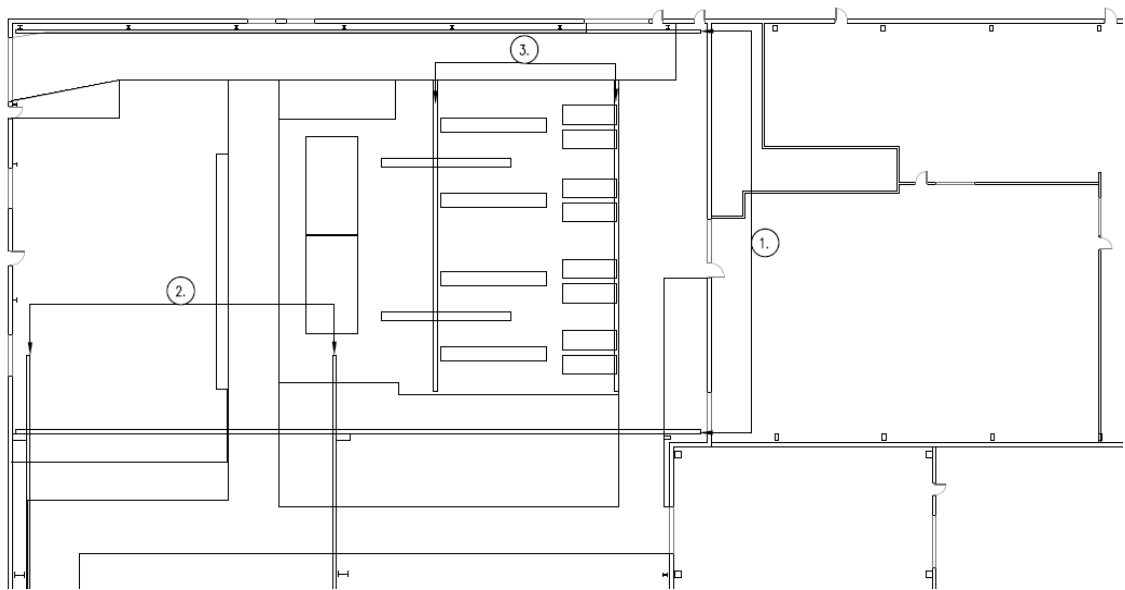


Kuvio 18. Uusi layout.

### 7.1 Siltanosturit

Siltanosturien työpistekohtaisen käytettävyyden tarkastelussa koneistuspiste toimii edelleen samoilla siltanostureilla, millä se toimi nykyisessäkin layoutissa eli nostureilla, jotka liikkuvat radoilla yksi (kuvio 19 kohta 1) ja kaksi (kuvio 19 kohta 2). Tuoteryhmi-

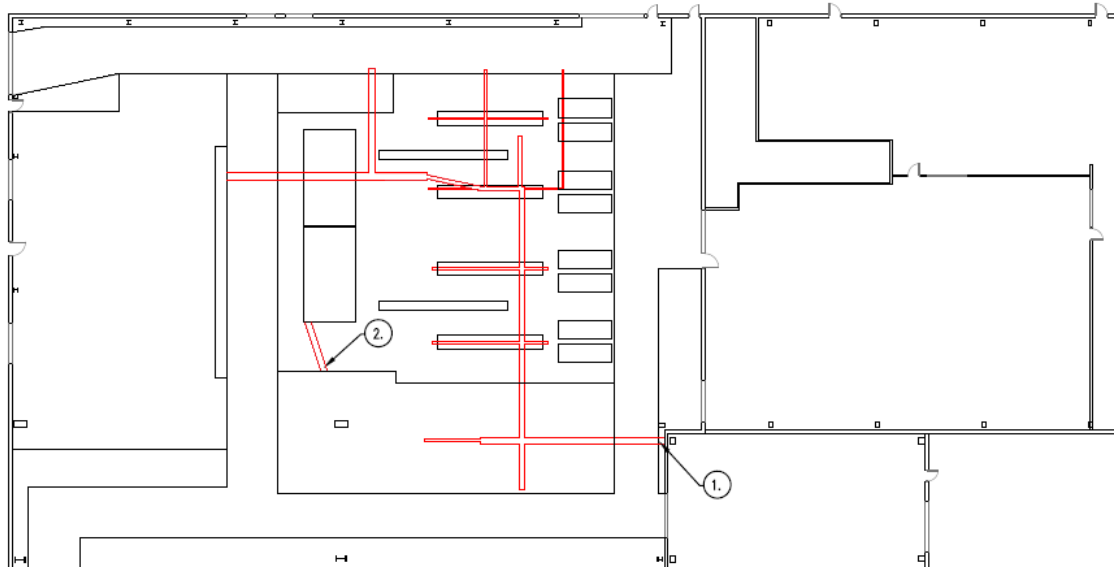
en A ja B robottihitsauspisteiden siltanosturi toimii radalla yksi. Tämän siltanosturin toiminnassa täytyi ottaa huomioon toinen samoilla kiskoilla kulkeva siltanosturi, joka oli koneistuksen käytössä. Syyksi tähän oli siltanosturien rajat, jotka rajoittivat niiden liikettä, jos toinen siltanosturi oli lähellä. Tästä syystä täytyi tarkistaa, että kyseiset siltanosturit mahtuivat liikkumaan yhtäaikaan niiden työskentelyalueella. Silloituspisteille suunniteltiin ostettavaksi aivan uusi siltanosturirata. Leventämällä toimintasädettä saatiin kaikki materiaali hyvin mahdutettua siltanosturin toimintasäteen alle (kuvio 19 kohta 3).



Kuvio 19. Siltanosturit.

## 7.2 Savunpoisto ja muut syötöt

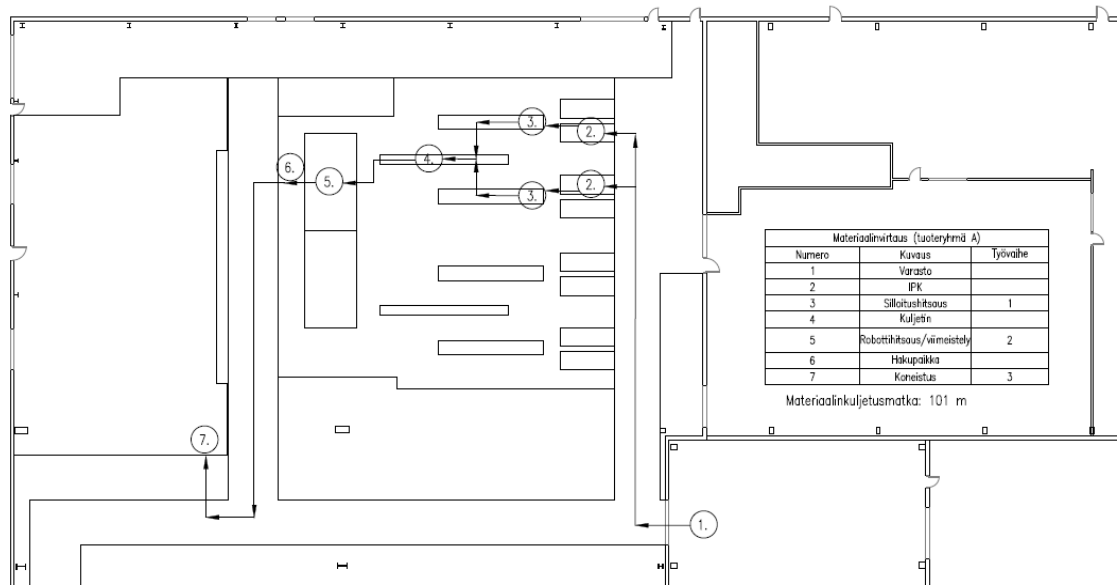
Savunpoisto- ja syöttölinjoja suunnitellessa linjauksena oli, ettei pintavetoja tulisi tehdä. Nykyisessä layoutissa käytettiin lattiaupotuksia syöttölinjojen ja savunpoistoputkistojen viemiseen työpisteelle. Yritin käyttää vanhoja upotuskohtia mahdollisimman paljon hyödyksi uusia syöttölinjoja suunnitellessani. Kaikki syöttöpisteet sijaitsivat seinillä, joista ne sitten laskettiin alas ja vietiin lattiaupotuksiin. Syöttölinjojen laskukohtia muutosalueelle tuli kaksi, joista toisen (kuvio 20 kohta 1) tarkoitus oli syöttää sähkö sekä paineilma-, kaasu- ja savunpoistoputkisto silloitushitsausalueelle ja ketjukuljettimille. Toisesta laskukohdasta (kuvio 20 kohta 2) vietiin tarvittavat vedot robottihitsausalueelle.



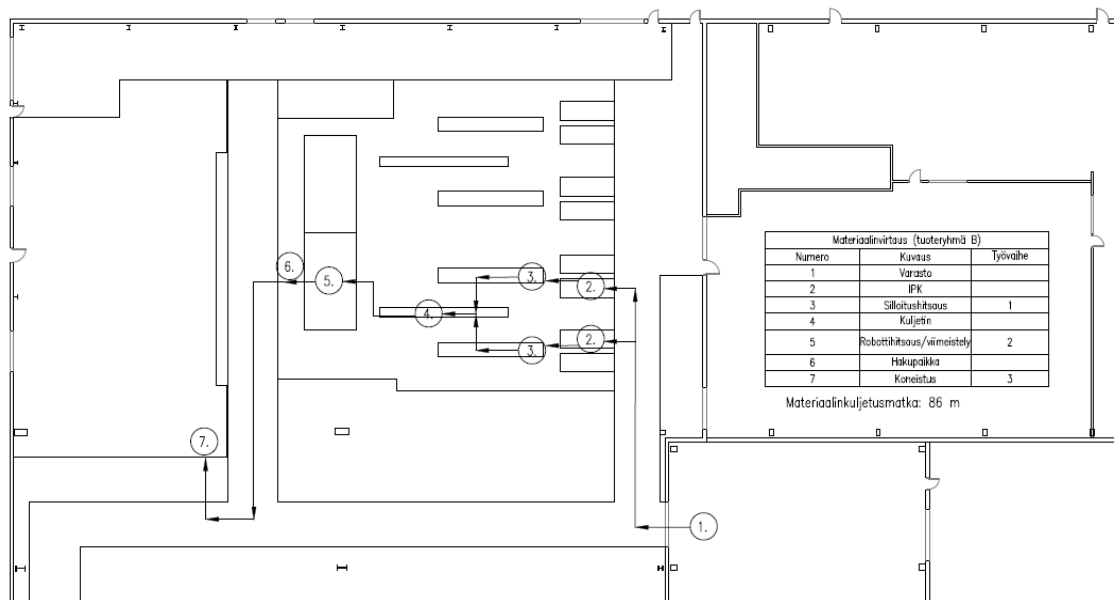
Kuvio 20. Lattiaupotukset.

### 7.3 Materiaalilogistiikka

Uudessa layoutissa levyateriaali tulee alihankkijoilta varastoon (kuvio 21 ja kuvio 22 numero 1) aivan kuin vanhassa layoutissa ja se on pakattu valmiiksi kittiin. Materiaalikitte siirretään trukilla ensimmäisen työvaiheen IPK-paikalle, josta käytettävä materiaali nostetaan kevytsiltanosturilla pyörityslaitteen jigiin. Tämän työvaiheen jälkeen aihio nostetaan ketjukuljettimelle (kuvio 21 ja kuvio 22 numero 4), jonka avulla se siirretään robottihitsausalueelle. Aihio nostetaan robottihitsaukseen isolla siltanosturilla, jolla se myös poistetaan valmiina tuotteena hitsausrobotista vihivaunun hakupaikalle. Vihivaunu siirtää tuotteen koneistuskuljettimen läheisyyteen, josta se nostetaan isolla siltanosturilla kuljettimelle.



Kuvio 21. Tuoteryhmän A:n materiaalinvirtaus.



Kuvio 22. Tuoteryhmän B:n materiaalinvirtaus.

#### 7.4 Imuohjauksen toteuttaminen

Ylituotanto oli ongelma, jota ei uudessa layoutissa haluttu esiintyvän ja tätä lähdettiin ratkaisemaan imuohjauksella. Tuotantotahtia ohjaa vihivaunun ohjausjärjestelmä niin, että vihivaunu saa koneistuksesta signaalin hakea tuotteen hakupaikalta (kuvio 21 ja 22 kohta 6). Vihivaunun haettau tuotteen hakupaikalta, robottihitsaussolun työntekijä siirtää valmiin tuotteen tyhjälle hakupaikalle ja ottaa uuden tuotteen ketjukuljettimelta (kuvio 21 ja 22 kohta 4), joka on mitoitettu kahdelle tuotteelle. Ketjukuljettimen tyhjenty-

essä työjärjestyksessä seuraava silloituspiste siirtää valmiin tuotteen ketjukuljettimelle ja aloittaa työstämään uutta kappaletta. Silloituspisteellä on materiaalia kahdessa materiaalikitissä (kuvio 21 ja 22 kohta 2), joista toisesta otetaan käytettävä materiaali toisen odottaessa käyttövuoroaan. Kitin tyhjettyä se viedään takaisin varastoon ja tilalle tuodaan täysi kitti. Tuotannonohjaus tapahtuu kanbanruutujen avulla, joiden avulla ohjataan visuaalisesti tuotantoa.

## 7.5 Tulokset

Uuden layoutin suunnittelussa uusittiin sekä hitsausrobottien että pyörityslaitteiden konekanta ja näiden muutosten vaikutus huomioitiin materiaalinvirtauksessa sekä tilankäytössä. Materiaalinvirtaus muuttui selkeästi suoraviivaisemmaksi tuoteryhmien A:n ja B:n tuotannossa. Materiaalinvirtaus parani uudessa layoutissa tuoteryhmä A:n osalta 56 prosenttia ja tuoteryhmä B:n kohdalla parannus oli 62 prosenttia. Myös tilankäytöllisesti tavoitteet saavutettiin eli samaan tuotantotilaan mahdutettiin useita uusia toimintoja varsinaisen tuotannon lisäksi. Tilankäytöllisesti tuoteryhmä A:n ja B:n tuotanto saatiin 34 prosenttia pienempään tilaan. Tulokset on esitetty taulukossa kolme.

Taulukko 3. Vertailu.

Parannuskohteet	Nykyinen layout	Uusi layout	Parannus %
<b>Materiaalinvirtaus tuoteryhmä A (m)</b>	215	101	56
<b>Materiaalinvirtaus tuoteryhmä B (m)</b>	228	86	62
<b>Tilankäyttö tuoteryhmät A ja B (m<sup>2</sup>)</b>	1354	888	34

## 8 Pohdinta

Seuraavassa pääluvussa tarkastellaan työn sisältöä, tuloksia, prosessin eettisyyttä ja työn luotettavuutta. Lopuksi pohditaan työn kannalta keskeisimpiä kehittämisideoita.

## 8.1 Sisällön ja tulosten tarkastelu

Varsinaisten tulosten tarkasteleminen on tässä vaiheessa haastavaa, sillä layoutsuunnitelma toteutuu käytännössä keväällä 2013. Tulosten pohdinnan sijaan tarkastelen työn onnistumista asetettujen tavoitteiden toteutumisen näkökulmasta. Työn tavoitteena oli parantaa tuoteryhmä A:n ja B:n materiaalinvirtausta, tehostaa tilankäyttöä ja uusia konekantaa kyseisellä layout osa-alueella. Virtauksen parantamisen tavoitteessa pääsin mielestäni asetettuihin tavoitteisiin lyhentämällä kuljetusmatkoja huomattavasti. Virtaavuuden parantaminen ja tuotannon saaminen samalla pienempään tilaan oli kuitenkin haasteellinen tehtävä. Layoutsuunnittelun mahdollisuuksia rajasivat olennaisesti kiinteät rakenteet sekä yrityksen halu pitää vanhat hitsausrobotit toiminnassa uusien hitsausrobottien käyttöönottoon asti. Nämä tekijät vähensivät uuden layoutin vaihtoehtoja jo kärkeän suunnittelun vaiheessa. Tilankäytön tehostaminen onnistui myös tavoitteiden mukaisesti, koska sain samaan tilaan mahdutettua useita eri toimintoja, joita aiemmin ei ollut tai jotka aiemmin sijaitsivat tehtaan eri osissa. Konekantaa uusittiin ja näin tehostettiin sekä tilankäyttöä että tuottavuutta.

Tehdessäni layoutsuunnittelua otin Lean-näkökulmia huomioon. Tällä tähtäsin tuotannon hukkien poistoon ja sitä kautta tuotannon tehostamiseen ja virtauksen parantamiseen. Lean-mittareilla mitataan pääasiassa tuottavuutta, laatua, läpäisyaikaa, keskenräistä tuotantoa ja hukkaa. Yrityksen kannalta näiden mittauskohteiden parantaminen oli olennaista työn kannattavuutta ajatellen. Tuottavuutta parannettiin tehokkaammalla virtauksella sekä valmistuslaadun parantamisella uusien robottien avulla. Hitsausrobottien uusimisella saatiin ylimääräisinä pidetyt viimeistelypisteet poistettua, jolloin saatiin poistettua prosessihukkaa. Hyvään laatuun pyrittiin asiakasohjautuvalla tuotannolla, eli seuraavaa vaihetta pidettiin tilaavana asiakkaana, joka ohjaa edellisen vaiheen valmistusnopeutta. Läpäisyaikaa lyhennettiin tehostamalla virtausta ja poistamalla turhia työvaiheita sekä hukkaa tuotannosta. Keskenräisen tuotannon ohjattavuutta parannettiin selkeästi merkityillä ruuduilla ja näiden ruutujen avulla poistettiin myös ylituotannon mahdollisuus. 5S-periaatteen mukaisesti työpisteiltä poistettiin turhat työkalut ja muut materiaalit, mitä ei työn valmistamisessa tarvittu. Turhien asioiden poistolla parannettiin työpaikkajärjestystä ja estettiin työvaihehukkaa. Työpisteille toimitettiin tarvittavat ma-

terialit kiteissä, että työpisteillä ei tapahtuisi turhaa materiaalin varastointia. Asettemalla työpisteet työnkulun mukaiseen järjestykseen ja mahdollisimman suoraviivaisesti varastolta koneistukseen, lyhennettiin huomattavasti materiaalinkuljetusmatkoja sekä parannettiin materiaalinvirtausta. Odotusaikojen ilmenemistä estettiin koneiden kapasiteettitarpeen tarkistamisella ja koneiden ja laitteiden oikealla sijoittelulla.

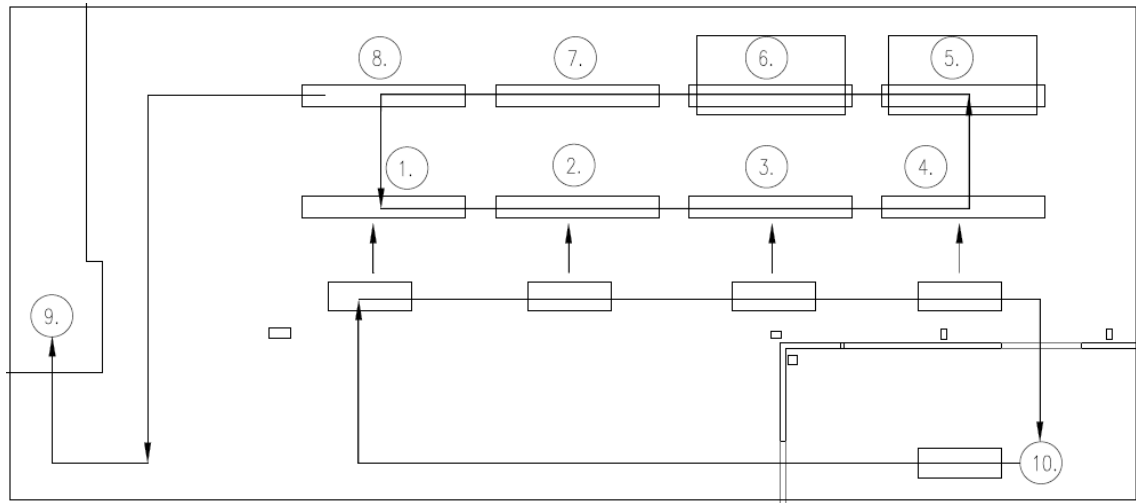
## **8.2 Työn eettisyys ja luotettavuus**

Olen kunnioittanut opinnäytetyön toteutuksessa ja tulosten julkistamisessa yrityksen toivetta peittää liiketoiminnalle tärkeitä tietoja sekä toimintamalleja. Työssä on käsitelty joitakin yrityksen tietoja suurpiirteisesti luottavuuden parantamiseksi käyttämättä kuitenkaan tarkkoja arvoja. Yrityksen pyynnöstä en tuonut julki yrityksen nimeä tai tarkkoja kuvauksia tuotteista. Luotettavuuden kannalta pyrin työtä tehdessäni tarkistamaan jokaisen asian ainakin kahteen kertaan ja tällä pyrin vähentämään työn toteutusvaiheessa vastaantulevia mahdollisia ongelmia. Tiesin jo aikaisemman työkokemukseni perusteella, kuinka haastavaa layoutsuunnittelu käytännössä on, mikä johtuu monista muuttuvista tekijöistä ja monien asioiden liittymisestä toisiinsa. Useiden tekijöiden yhteen saattaminen ja huomioiminen tekee layoutsuunnittelusta haasteellista ja useimmiten vasta toteutusvaiheessa tiedetään, miten hyvin layout on suunniteltu. Tästä johtuen pyrin tarkistamaan jokaisen asian ainakin kahteen kertaan ja näin välttämään toteutusvaiheessa esiin tulevia ongelmia.

## **8.3 Kehittämisideat ja ammatillinen kasvu**

Tein tämän työn nykyisen tuotantomäärien perusteella. Tuotantomäärien noustessa voisi harkita asemapaikkoja, joissa tuote tehdään alusta loppuun samassa jigissä. Tällöin säästyttäisiin turhilta nostoilta ja asetusajoilta. Valmistuksessa käytettävän robottihitsauksen takia asemapaikat voisivat olla omilla liikkuvilla alustoillaan, jotka liikkuisivat ympyränmuotoisella radalla (kuvio 23 kohta 1). Myös materiaalin siirto tapahtuisi tehokkaasti siirtovaunuilla, joiden tyhjennyttyä ne voitaisiin siirtää kätevästi takaisin varastoon ilman turhia kuljetuksia (kuvio 23 kohta 2). Näin tuotanto saataisiin erittäin tehokkaaksi ja turhilta välivarastoilta säästyttäisiin. Kyseinen tuotantotapa vaatisi erittäin

paljon tuotteen suunnittelijoilta, koska valmistus tapahtuisi samassa jigissä alusta loppuun asti.



Kuvio 23. Kehitysidea.

1. Silloitushitsaus
2. Silloitushitsaus
3. Silloitushitsaus
4. Silloitushitsaus
5. Robottihitsaus
6. Robottihitsaus
7. Tarkastuspiste
8. Purkupaikka
9. Koneistus
10. Materiaalinsiirto

Tätä työtä tehdessäni tunsin oppivani erittäin paljon layoutsuunnittelusta ja ennen kaikkea siitä, kuinka paljon erilaisia muuttujia suunnitteluvaiheessa täytyy ottaa huomioon. Tutkiessani aihetta ymmärsin paremmin layoutsuunnittelun päämääriä ja sitä, mitä yritys näillä hankkeilla tavoittelee. Sain myös hyvän käsityksen projektiluonteisen työn vaatimuksista ja tavoitteista.

## Lähteet

1. Haverila, M.J., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2005. Teollisuustalous. Tampere: Infacs Oy.
2. Johtamistaidon opisto. 1987. Rationalisoinnin peruskurssi osa 1.Mänttä: Kirjapaino Oy.
3. A Lean & Flow Consulting Company. 2000. Flow Vision. Oppimateriaali.
4. Kouri, I. 2010. Lean taskukirja. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy.
5. Tuominen, K. 2010. Lean tehoa ja laatua hukan vähentämiseen. Jyväskylä: WS Bookwell Oy.
6. Tuominen, K. 2010. Lean tehoa ja laatua prosessien ja virtauksen kehittämiseen. Jyväskylä: WS Bookwell Oy.
7. Peltonen, A. 1997. Tuottava tehdas. Helsinki: Hakapaino Oy.
8. Lapinleimu, I., Kauppinen, V. & Torvinen, S. 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo: WSOY – Kirjapainoyksikkö.
9. Moisio, J. 2011. Lean – Työkaluja prosessien jatkuvassa kehittämisessä (työkalunäkökulma). QualitasFennica Oy.