

Topi Kyllönen

**KONEPAJAN TUOTANNON KEHITTÄMINEN JA
LAYOUTSUUNNITTELU**

KONEPAJAN TUOTANNON KEHITTÄMINEN JA LAYOUTSUUNNITTELU

Topi Kyllönen
Opinnäytetyö
Kevät 2015
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka, tuotantotalous

Tekijä: Topi Kyllönen

Opinnäytetyön nimi: Konepajan tuotannon kehittäminen ja layoutsuunnittelu

Työn ohjaajat: Kari Penson (OAMK) ja tuotantoinsinööri Matti Hanhela

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2015 Sivumäärä: 51 + 0 liitettä

Opinnäytetyössä tutkittiin hitsattuja teräsrakenteita rakentavan konepajan tuotantojärjestelmää ja tuotannon läpäisyajoja. Työ tehtiin osana toimeksiantajan kehitysprojektia, jonka tavoitteena oli kehittää tuotantoa ja suunnitella uusi layout tuotantotiloihin. Lähtökohtana työlle oli uuden jauhekaarihitsauslaitteiston hankinta, jonka ääri- ja vaatimat vaativat aiempaa suuremman tilan tuotannosta. Tämän takia työssä käsiteltiin valmistuksen uusia läpäisyajoja, tuotannon tehostumista ja uuden layoutin suunnittelua. Lisäksi nykyiset sekavat materiaalivirrat haluttiin kulkemaan samaan suuntaan ja johdonmukaisemmiksi.

Tietoja yrityksestä kerättiin haastattelemalla henkilöstöä ja tutkimalla nykyisiä läpäisyajoja. Näiden tietojen ja teoriaosuuden avulla löydettiin kehitystarpeita tuotannolle. Työtä tehdessä arvioitiin, kuinka työvaiheet lyhenisivät uuden tuotantojärjestelmän myötä. Tuloksina saatiin 12–16 %:n lyhenemiset kolmen eri aihion läpäisyajoihin jaettuna aihioden työvaiheille. Näistä lyhenemisistä ei saatu tarkkaa tietoa, vaan läpäisyajojen lyhenemiset perustuvat arvioihin, jotka saatiin yrityksen yleisimpien aihioden valmistusajoista. Jauhekaarihitsausajan läpäisy aika lyhenisi mahdollisesti 69 % nykyisestä hitsausajasta. Hitsausaika saatiin valmistajan tiedoista, joita verrattiin nykyisiin hitsausajoihin.

Kehitysehdotuksien pohjana käytettiin teoriaosuuden tietoja ja yrityksen työntekijöiden toiveita tuotannon muutoksista. Tuloksina saatiin luonnos uudesta layoutista ja kehitysehdotuksia tuotantoon. Uusi layout olisi solulayoutin sovelmus. Työssä pohdittiin, mitä mahdollisia riskejä yrityksen täytyy huomioida uuteen tuotantojärjestelmään siirryttäessä. Näitä voivat olla muutosvastarinta ja työntekijöiden kouluttaminen uuden laitteiston käyttämiseen. Työtä tehdessä havaittiin myös, että yritys pystyisi parantamaan nykyistä yhteistyötä tilaajien ja suunnittelijoiden välillä, mikä voisi tehostaa yrityksen toimintaa. Tarjoamalla suunnittelijoille ja asiakkaille mahdollisuus tutustua yrityksen tuotantoon voitaisiin toimintaa mahdollisesti tehostaa. Uutta layoutia ja kehitysehdotuksia ei tätä työtä tehdessä toteutettu, vaan muutokset on tarkoitus tehdä myöhemmässä vaiheessa.

Asiasanat: layout, materiaalivirta, tuotantoprosessi, tuotannon ohjattavuus, läpäisy aika.

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Mechanical and production engineering, production economics

Author: Topi Kyllönen

Title of thesis: Production Development and Layout Planning of The Manufacturing Facility

Supervisors: Kari Penson (OUAS) and production engineer Matti Hanhela

Term and year when the thesis was submitted: spring 2015 Pages: 51 + 0 appendices

This Bachelor's thesis examines production system and production lead times of a manufacturing facility that builds welded steel structures. Thesis was done as a part of the client's development project which aims to develop production system and make a new layout plan to the client's manufacturing facility. The main purpose of the thesis was to study the influence of a new submerged arc welding machine, make a draft of a new layout, achieve quicker lead times and get a more efficient production system. This was important because the new machine would need more space than the current machine. In addition, current material flows are complicated, thus, there was a need to develop them to be more efficient and easier to control.

As a result, a draft of a new layout and development suggestions for the client's production were gained. Estimated lead times for three different work blanks in a new production system were founded. According to the results, new lead times for the work stages could be reduced by 12–16 %. However, these results are only estimated times and real lead times can be different in practice. The thesis got also a result for a submerged arc welding machine's lead times. A submerged arc welding lead time would reduce by 69 % with a new machine compared to the lead time when using the current machine. The information of welding time was got from the machine's manufacturer and from the client's database of current welding times.

The thesis provides suggestions to develop the client's production and how the company can develop its profitability. The company could increase profitability with better collaboration between designers and customers. The thesis handles also shortly some risks, which may occur when the company implements a new production system. A new production system and a new welding machine can cause resistance to change and employees will need training to use the new machine. The new layout plan and development suggestions will be taken in action in the future based on the results of this thesis.

Keywords: layout, material flow, production process, production control, lead time.

ALKULAUSE

Haluan kiittää toimeksiantajayrityksen tuotantolaitoksen tuotantojohtajaa Hannu Siltalaa, joka tarjosi minulle mahdollisuuden tehdä tämä opinnäytetyö. Kiitän myös tuotantoinsinööri Matti Hanhelaa, lehtori Kari Pensonia ja muita tuotantolaitoksen työntekijöitä, jotka neuvoivat minua ja antoivat vastauksia esittämiini kysymyksiin koskien opinnäytetyötä.

Kiitos myös avovaimolleni, joka neuvoi ja tuki minua tätä työtä tehdessä.

19.4.2015 Oulussa

Topi Kyllönen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
1 JOHDANTO	8
2 TUOTANTO	10
2.1 Tuotannon tavoitteet ja kilpailutekijät	10
2.2 Tuotannonohjaus	11
2.3 Tuotannon ohjattavuus	13
2.4 Toimituskyvyn ohjattavuus	13
2.5 Materiaalin ohjattavuus	13
2.6 Kapasiteetin ohjattavuus	13
2.7 Läpäisyajan lyhentäminen kilpailutekijänä	14
3 YRITYKSEN KANNATTAVUUTEEN VAIKUTTAMINEN	15
4 TUOTANTOMUODOT	17
4.1 Tuotantomuodon valinta	17
4.2 Projektituotanto	18
4.3 Räätelöity tuotanto	19
5 TUOTANTOJÄRJESTELMÄ	20
5.1 Funktionaalinen layout	20
5.2 Tuotantolinjalayout	21
5.3 Solulayout	22
6 LEAN-TUOTANTO	24
6.1 JIT-tuotanto	25
6.2 5S ja visuaalinen tarkistus	25
7 NYKYTILANNE	27
7.1 Layout	27
7.1.1 Materiaalivirrat	28
7.1.2 Työpisteet ja tuotantotila	30
7.2 Tuotannon läpäisy aika ja pullonkaulat	30
7.3 Tuotannon ohjattavuus	31

8 VALMISTUKSEN KEHITTÄMINEN	32
8.1 Uusi layout	32
8.1.1 Materiaalivirrat	34
8.1.2 Työpisteet ja tuotantotilan tilankäyttö	35
8.2 Tuotannon läpäisy aika ja pullonkaulat	37
8.3 Tuotannon ohjattavuus	42
8.4 Yrityksen kannattavuuden parantaminen	42
8.5 Riskit ja haasteet tuotantojärjestelmän uudistamisessa	43
9 JATKOKEHITYSEHDOTUKSIA VALMISTUKSEN TEHOSTAMISEKSI	45
10 YHTEENVETO	46
LÄHTEET	49

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan hitsattuja teräsrakenteita rakentavan konepajan tuotantoprosessia ja siihen liittyviä tekijöitä. Työ tehdään osana kehitysprojektia, jossa tutkitaan yrityksen tuotantoa ja nykyisiä läpäisyajoja. Yritys on tehnyt kehitysprojektiin liittyviä tutkimuksia uuden jauhekaarihitsauslaitteiston hankinnasta.

Nykyinen taloustilanne vaatii yritykseltä jatkuvaa kehittämistä, jotta yrityksen toiminta pysyy kilpailukykyisenä. Kiristynyt kilpailu ja asiakkaiden kasvavat vaatimukset lisäävät yrityksen paineita kehittää tuotantoa ja näin ollen palvelua paremmin asiakkaita. Varsinkin hitsattavia teräsrakenteita rakentavan yrityksen tuotantoa pitää kehittää jatkuvasti, jotta yritys voi vastata muiden kilpailijoiden tarjontaan.

Tutkittavassa yrityksessä on havaittu, että nykyinen layout kaipaa uudistamista ja että tuotannon läpäisyajoja pitäisi lyhentää. Tuotannon pullonkaulana on nykyinen jauhekaarihitsauslaitteisto, jonka hitsausajat ovat pitkiä ja toiminta epävarmaa. Tuotannon tilankäyttö ei vastaa haluttuja vaatimuksia, ja tuotannon tilankäyttöä pitäisi optimoida erilaisia tuotteita varten. Nykyiset materiaalivirrat ovat sekavia, ja materiaalin siirtelyyn kuluu liikaa aikaa. Myös työpisteet kaipaavat uudistamista, jotta työkalut ja muut tarvittavat materiaalit olisivat aiempaa helpommin ja nopeammin löydettävissä.

Yrityksen tuotanto tapahtuu kahdessa erillisessä rakennuksessa, joista toisessa tapahtuu valmistus ja toisessa suoritetaan pintakäsittely. Työssä tutkitaan valmistuksen tuotantotilaa ja selvitetään, kuinka valmistusta voidaan kehittää. Työssä tutkitaan layoutia ja valmistuksen materiaalivirtoja sekä etsitään kehitystarpeita, joilla valmistusta saataisiin tehokkaammaksi. Samalla työssä tutkitaan keinoja, joilla yrityksen kilpailukykyä ja kannattavuutta voidaan parantaa.

Tavoitteena on suunnitella uusi layout, joka ottaisi huomioon tuotannon uudet vaatimukset niin tuotteiden kuin uusien koneidenkin sijoittelussa. Layoutin suunnittelussa täytyy huomioida kiinteät rakenteet ja nykyisten siltanostureiden

liikeradat, joita ei ole tarkoitus muuttaa. Laadittu layoutsuunnitelma ja tuotannon kehitysideat on tarkoitus toteuttaa lähitulevaisuudessa.

2 TUOTANTO

Yleisesti määritellään, että tuotanto on hyödykkeiden valmistamista jollakin menetelmällä. Tuotantoprosessissa raaka-aineesta valmistetaan tuotteita, joiden arvo on suurempi kuin raaka-aineiden. Näin ollen tuotantoprosessin tehtävä on luoda arvoa. Fyysisessä tuotantoprosessissa raaka-aineesta valmistetaan lopputuotteita pääasiassa mekaanisesti tai kemiallisesti. (Telsang 2007, 1.)

Tuotanto itsessään kuuluu yrityksen toimintaan, jossa toiminnan johtamisella yhdistetään tuotantoprosessi yrityksen muihin osa-alueisiin. Näitä ovat strategiset päätökset, systeemit ja järjestelmät ja toiminnanohjaus. Valmistavan yrityksen tärkein osa-alue on tuotantoprosessi. Tuotantoprosessin hallintaan ja kehittämiseen liittyvät merkittävimmät päätökset ja suurimmat ongelmat. (Haverila – Uusi-Rauva – Kouri – Miettinen 2009, 349.)

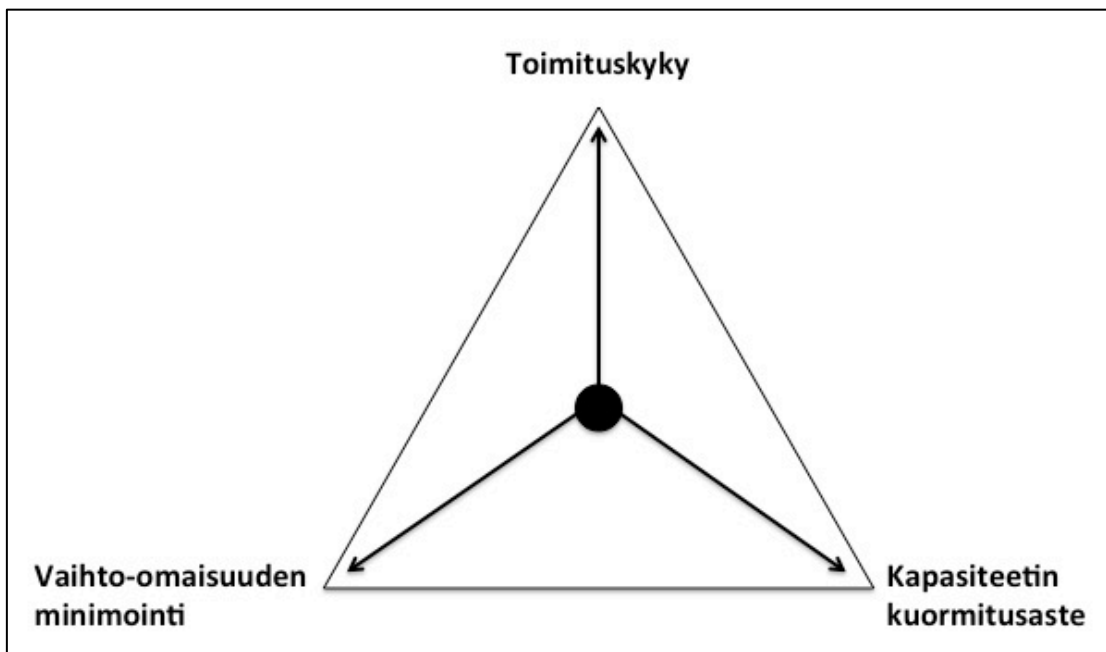
2.1 Tuotannon tavoitteet ja kilpailutekijät

Tuotannon tavoite on valmistaa tuotteita, joita on oikea määrä ja joiden laatu on halutulla tasolla. Nämä toimet täytyy suorittaa tehokkaasti ja taloudellisesti sekä määrättyssä ajassa. Näin ollen tuotannon tavoitteet ja samalla kilpailutekijät ovat aika, laatu, kustannukset ja joustavuus. (Telsang 2007, 3; Russel – Taylor 2011, 19–20.)

Tuotannon kilpailukykyyn kuuluu kulujen minimointi. Nykyään aika on yksi tärkeimmistä kilpailutekijöistä, joten yrityksen täytyy pienentää läpäisyajoja, jotta asiakas saa tuotteen nopeammin. Laadulla kilpaileminen on myös tärkeää, ja yrityksen pitää löytää tasapaino laadun ja kustannusten välillä. Tämä on siksi tärkeää, että asiakkaat saavat laadukkaita tuotteita, mutta laatukustannukset pysyvät mahdollisimman pieninä. Joustavuudella tarkoitetaan sitä, että yritys pystyy sopeuttamaan tuotantonsa pienille ja suurille tuotantoerille mahdollisimman hyvin. (Telsang 2007, 3; Russel – Taylor 2011, 19–20.)

2.2 Tuotannonohjaus

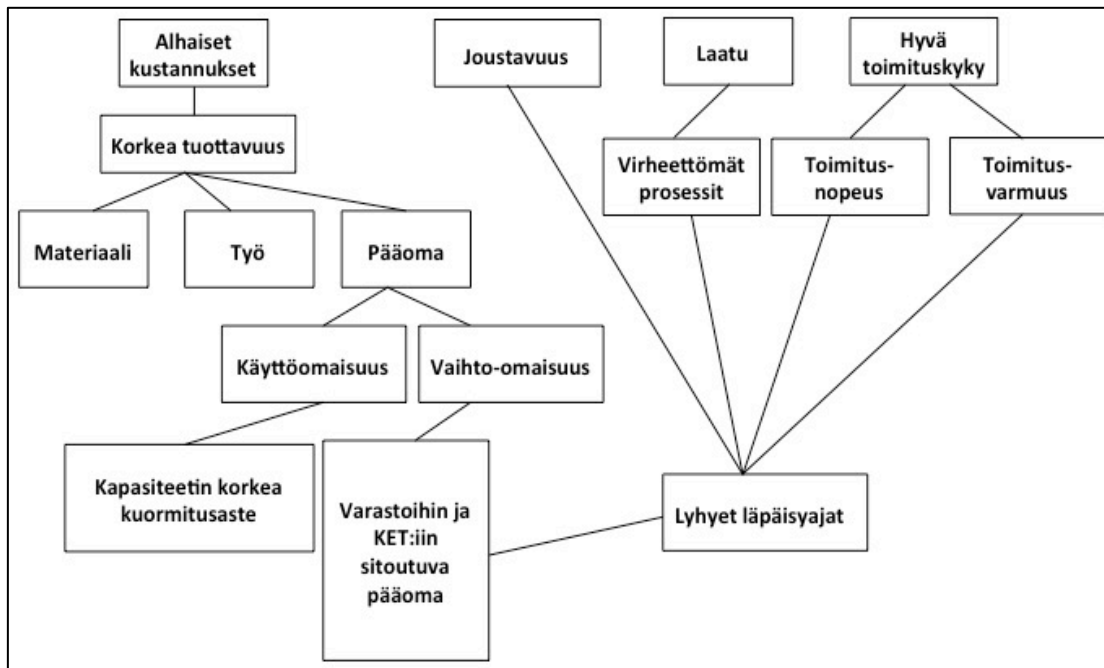
Aikaisemmin käsiteltiin tuotannon yleisiä tavoitteita, jotka ovat myös samalla tuotannonohjauksen tavoitteita. Näiden tavoitteiden yhteydessä puhutaan usein tuotannonohjauksen ristiriitaisuudesta, joka näkyy kuvassa 1. Kuvassa näkyvä toimituskyky sisältää toimitusvarmuuden ja tuotannon läpäisyajan. Vaihto-omaisuuden minimointi tarkoittaa sitä, että raaka-aineisiin, keskeneräiseen työhön ja varastoihin sitoutunut pääoma pyritään minimoimaan. Kapasiteetin kuormitusasteella halutaan sitä, että koneisiin ja tuotantotiloihin sitoutunut pääoma on tehokkaassa käytössä. (Haverila ym. 2009, 402–404.)



KUVA 1. Tuotannonohjauksen tavoitteiden ristiriitaisuus (Haverila ym. 2009, 404)

Kun yritys valitsee omat kilpailutekijät, se joutuu miettimään, mitkä ovat yrityksen tärkeimmät tavoitteet. Näiden tavoitteiden valinnassa tuotannonohjauksen ristiriitaisuus tulee ilmi markkinoinnista, yrityksen taloudesta ja valmistuksesta vastaavien kesken. Markkinointi haluaa hyvää toimituskykyä, kun valmistus keskittyy ainoastaan kapasiteetin korkeaan käyttöasteeseen ja yrityksen taloudesta vastuussa olevat henkilöt keskittyvät sitoutuneeseen pääomaan. Ristiriidat näiden toimintojen välillä vaikeuttavat usein tuotannonohjausta. (Haverila ym. 2009, 402–404.)

Kuvasta 2 nähdään, kuinka tuotannonohjauksen ja tuotannon tavoitteet muodostuvat. Lyhyillä läpäisyajoilla on keskeinen vaikutus tavoitteiden muodostumiseen, koska läpäisyajoilla vaikutetaan toimituskykyyn sekä varastoihin ja keskeneräiseen tuotantoon (KET) sitoutuvan pääoman suuruuteen. (Haverila ym. 2009, 402–404.)



KUVA 2. Tuotannonohjauksen tavoitteiden muodostuminen (Haverila ym. 2009, 403)

Kapasiteetin korkealla kuormitusasteella voidaan vaikuttaa myös pääoman suuruuteen, ja vakiotuotteita tehdessä kuormitusastetta voidaan parantaa suurilla sarjoilla. Kuitenkin asiakasohjautuva tuotanto laskee kuormitusastetta runsaiden asetusten takia. Tällöin lyhyillä läpäisyajoilla voidaan vaikuttaa pääoman suuruuteen pienentämällä varastoihin ja keskeneräiseen työhön sitoutuvaa pääomaa. (Haverila ym. 2009, 402–404.)

Tuotannon vaihto-omaisuus muodostuu ainesvarastoista, keskeneräisestä työstä, puolivalmisteverastoista, kokoonpanon komponenttivarastosta ja tuotevarastosta. Nämä eivät lisää tuotteen arvoa, joten ne tulisi pitää mahdollisimman pieninä. Tuotannon lyhyillä läpäisyajoilla varastot voidaan pitää pieninä, koska tuotanto pystyy vastaamaan asiakkaiden tilauksiin nopeasti. Ellei tuotanto toimi

tehokkaasti, yritys joutuu pitämään suuria varastoja. (Kauppinen – Lapinleimu – Torvinen 1997, 68–69.)

2.3 Tuotannon ohjattavuus

Konepajateollisuudessa keskeneräinen työ on tärkein vaihto-omaisuuserä ja läpäisyajalla on suora vaikutus keskeneräiseen työhön. Läpäisy aikaan voidaan vaikuttaa yrityksen sisäisillä ohjattavuusominaisuuksilla, mutta materiaalien toimitukseen vaikuttavat ulkoiset ohjattavuusominaisuudet. Ohjattavuusominaisuudet on jaettu ohjauksen tavoitteiden perusteella toimituskyvyn, materiaalien ja kapasiteetin ohjattavuuteen. Jokainen tavoite voidaan jakaa vielä sisäisiin ja ulkoisiin ohjattavuusominaisuuksiin. Sisäiset perustuvat yrityksen omiin toimiin ja ulkoiset yrityksen ulkopuolelta tuleviin tekijöihin. (Eloranta – Räisänen 1986, 95–97.)

2.4 Toimituskyvyn ohjattavuus

Toimituskyvyn ohjattavuuteen vaikuttavat tärkeimpinä erilaiset markkinatekijät, kuten kysynnän vaihtelu ajan mukaan vuoden aikana, kysynnän epävarmuus ja asiakkaiden vaatimukset toimitusajoille. Materiaalin ja kapasiteetin ohjattavuudella on keskeinen vaikutus toimituskyvyn ohjattavuuteen, joten kaikki kolme ominaisuutta ovat toisistaan riippuvaisia. (Eloranta – Räisänen 1986, 97–98.)

2.5 Materiaalin ohjattavuus

Materiaalin ohjattavuuteen liittyy sekä ulkoiset että sisäiset ohjattavuustekijät. Näitä ovat muun muassa materiaalitarpeen ennakoitavuus, materiaalien toimitusaika ja nimikkeiden vaihtokelpoisuus. Näillä tekijöillä voidaan vaikuttaa ohjauksen tavoitteisiin, kuten vaihto-omaisuuteen, toimituskykyyn ja kapasiteetin käyttöasteeseen. (Eloranta – Räisänen 1986, 102–103.)

2.6 Kapasiteetin ohjattavuus

Kapasiteetin ohjattavuutta voidaan helpottaa läpäisyajoja lyhentämällä. Tällä on suuri vaikutus yrityksen toimintaan, ja erityisesti valmistuksen toimintaa kehittämällä voidaan vaikuttaa kapasiteetin ohjattavuuteen. Tärkeimpiä tavoitteita ovat läpäisy- ja toimitusajan lyhentäminen, keskeneräisen työn ja välivarastojen

vähentäminen ja kapasiteettimenetyksien vähentäminen. (Eloranta – Räisänen 1986, 103–104.)

2.7 Lämpäisyajan lyhentäminen kilpailutekijänä

Yrityksen kilpailukykyä voidaan parantaa huomattavasti lyhentämällä lämpäisyajoja. Yleisesti lämpäisy aika koostuu seuraavista asioista (Sakki 1994, 111–115):

- tilauksen käsittelyn lämpäisyajasta
- valmistuksen lämpäisyajasta
- kuljetustavasta
- asiakkaalla tavarantoimituksen vastaanoton lämpäisyajasta
- odotusajoista vaiheiden välissä.

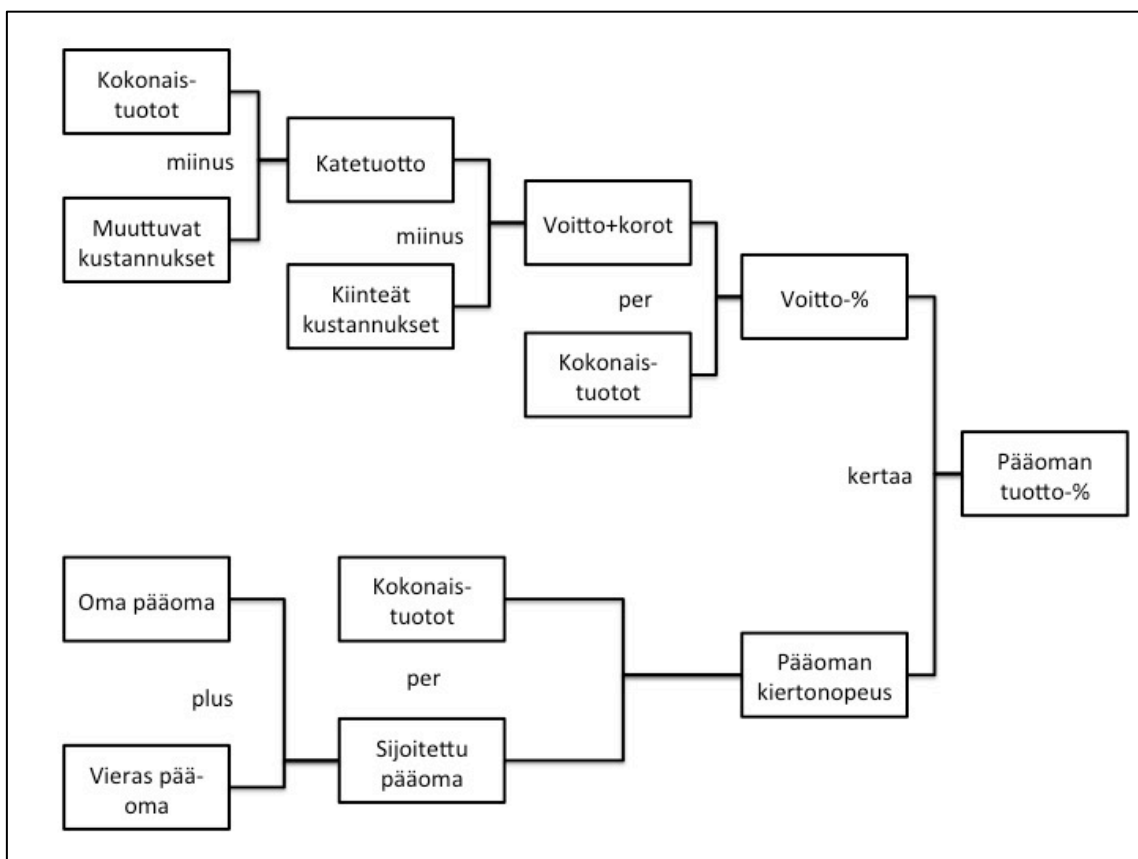
Kun yritys pystyy vähentämään edellä mainittujen vaiheiden lämpäisyajoja, voi yritys saavuttaa merkittävän kilpailuedun. (Sakki 1994, 111–115.)

Lämpäisyajojen lyhentäminen liittyy yrityksen ajan hallintaan, ja sitä voidaan verrata pääomien hallintaan, tuottavuuden ja laadun kehittämiseen tai kykyyn aikaansaada uusia tuotteita. Valmistuksen lämpäisyajoja voidaan lyhentää työnjohtajien ja työmenetelmien avulla sekä työtapoja muuttamalla. Tällöin vaaditaan, että työjohto tietoisesti pyrkii lyhentämään lämpäisyajoja. Kalliimpi keino lämpäisyajojen lyhentämiseen on rakentaa joustava tuotantojärjestelmä, solu tai moduuli. Tällöin voidaan tarvita kalliitakin investointeja, jos tuotantoprosessia automatisoidaan paljon. Kuitenkin selkeällä layoutilla voidaan välttää kalliit investoinnit ja silti lyhentää lämpäisyajoja. (Eloranta – Räisänen 1986, 29–33; Sakki 1994, 112.)

Yleisin keino valmistuksen lämpäisyajojen lyhentämiseksi on asetusajojen lyhentäminen, jolla saavutetaan pienemmät valmistuserät. Asetusaika koostuu työkalujen vaihdosta, valmistelevista töistä ja muista valmistuksen aloittamiseen liittyvistä valmisteluista. Koska työt eivät lisää tuotteen arvoa, niihin sitoutunut kapasiteetti pitäisi saada mahdollisimman pieneksi. Kun asetusajat ovat lyhyet, pienet valmistuserät ovat taloudellisesti kannattavia. (Haverila ym. 2009, 406–407.)

3 YRITYKSEN KANNATTAVUUTEEN VAIKUTTAMINEN

Yrityksen kannattavuutta arvioidessa käytetään usein pääoman tuottoastetta eli ROI-tunnuslukua, joka tulee sanoista return of the investment. ROI-prosentti on yksi maailman käytetyimmistä yrityksen toiminnan ohjauksen tunnusluvuista, ja se suhteuttaa yrityksen liiketoiminnan tuloksen yritykseen sijoitettuun pääomaan, jolla yrityksen tulos on saatu aikaan. Kuvasta 3 nähdään, kuinka pääomantuotto-% koostuu eri tekijöistä ja kuinka muutokset tekijöissä vaikuttavat pääomantuotto-%:n. (Neilimo – Uusi-Rauva 2007, 278–280.)



KUVA 3. Pääoman tuotto-%:n muodostuminen (Haverila ym. 2009, 152)

Kuvassa 3 on esitetty, että sijoitettu pääoma koostuu omasta ja vieraasta pääomasta. Sijoitettu pääoma sisältää myös rahoitus-, vaihto- ja käyttöomaisuuden, ja nämä ovat laskettu yhteen. Olisi hyvä, että yrityksen pääoman kiertonopeus olisi yli 1, jolloin yritys on tuottanut investoiduilla pääomilla kannattavasti. Koska vaihto-omaisuuserät sisältävät keskeneräisen työn ja välivarastot, niin vaihto-

omaisuutta pienentämällä voidaan pienentää myös sijoitetun pääoman suuruutta. Tällä on taas suora vaikutus yrityksen kannattavuuteen ja kilpailukykyyn. Sijoitetun pääoman suuruuteen täytyy myös huomioida mahdolliset uudet investoinnit, jotka kasvattavat muita omaisuuseriä. Kuvan 3 malli on hyvä työkalu pitkän aikavälin kannattavuuden arvioinnissa, mikä yrityksen täytyy huomioida investointeja tehdessä. (Haverila ym. 2009, 152; Neilimo – Uusi-Rauva 2007, 278–280.)

4 TUOTANTOMUODOT

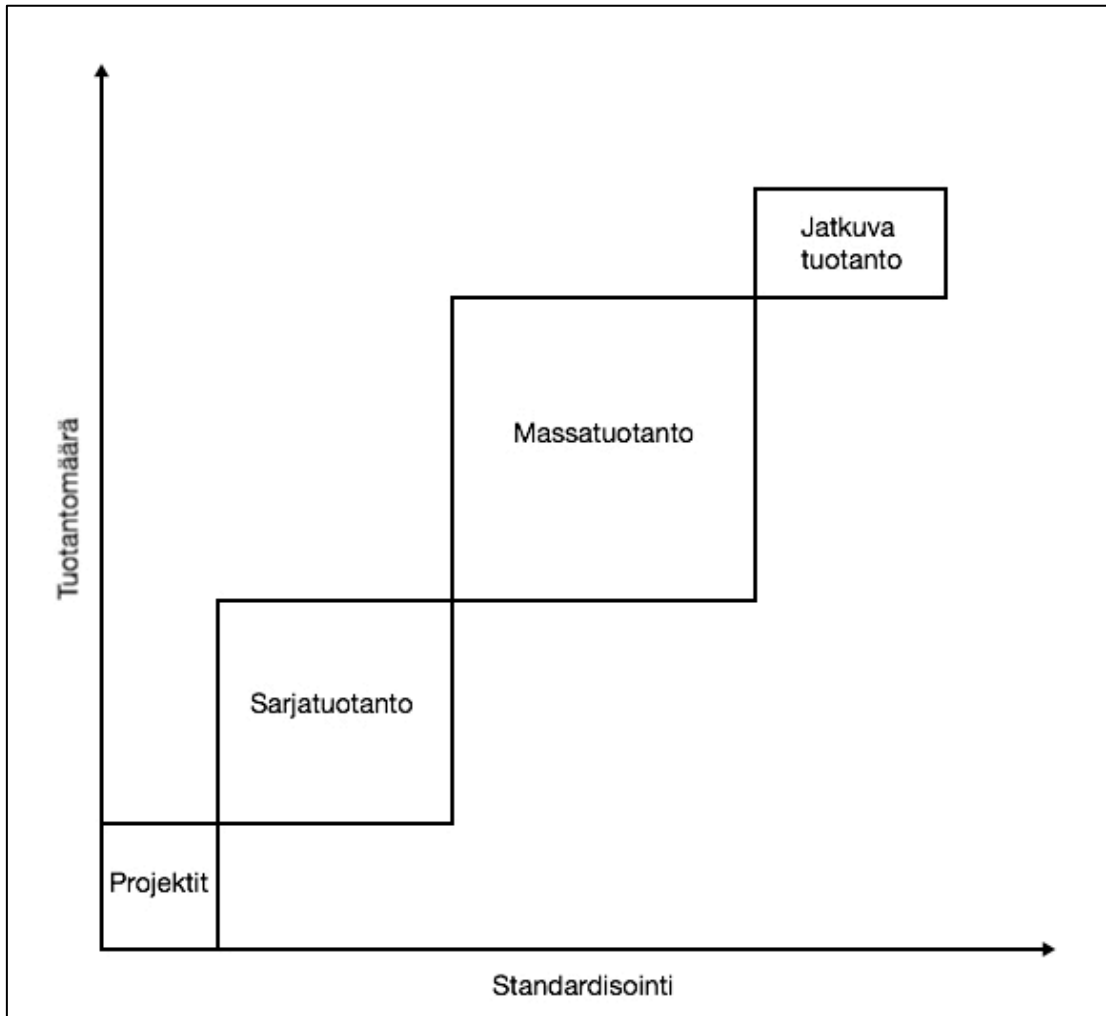
Tuotantomuoto määrittelee yrityksen tuotantojärjestelmän ominaisuudet, toiminnan johtamisen ja tuotannonohjauksen periaatteet. Yleensä tuotantomuotoa ei voi valita vapaasti, vaan valmistettava tuote määrää sen, kuinka tuote kannattaa valmistaa. Tuotteet voidaan jakaa vakio- tai tilaustuotteisiin sen perusteella, valmistetaanko tuotetta varastoon ennusteiden vai asiakkaiden tilausten perusteella eli asiakasohjautuvasti. (Haverila ym. 2009, 353.)

Suurin osa tuotteista ovat vakiotuotteita, kuten autot, tietokoneet ja valmisvaatteet. Myös joitakin asiakaskohtaisia tuotteita voidaan pitää vakiotuotteina, jos tuotteen konstruktio ja tuotannon perustiedot ovat valmiina. Tilaustuotteita ovat kaikki muut tuotteet, jotka joudutaan suunnittelemaan ja toteuttamaan asiakaskohtaisesti. Tällaisia projektiluontoisia tuotteita ovat muun muassa laivat ja rakennukset. (Haverila ym. 2009, 353.)

4.1 Tuotantomuodon valinta

Koska valmistettava tuote määrittelee tuotantomuodon, yrityksen täytyy valita tuotantomuoto, jota se pääasiassa noudattaa. Kuitenkin tuotantoprosessi harvoin perustuu yhteen tiettyyn tuotantomuotoon, koska osa tuotteesta voi koostua puolivalmisteista. Esimerkiksi yritys alihankkii puolivalmisteet muilta yrityksiltä ja suorittaa kokoonpanon itse omissa tiloissaan. (Haverila ym. 2009, 355.)

Tuotantomuodot voidaan jakaa yleisesti ottaen valmistusmäärien mukaan. Näitä ovat projektit, erätuotanto, massatuotanto ja jatkuva tuotanto. Projekteja ovat esimerkiksi rakennukset ja laivojen valmistus. Erätuotannossa erilaisia tuotteita voidaan tehdä yhtä aikaa omina erinään. Massatuotantoa on esimerkiksi autojen valmistus ja jatkuvaa tuotantoa paperin valmistus. Kuvasta 4 nähdään, kuinka standardisointi ja tuotantomäärät vaikuttavat tuotantomuodon valintaan. Olisi hyvä, että yritys pystyisi sijoittamaan oman tuotantonsa kuvassa näkyville alueille. (Russel – Taylor 2011, 229–230.)



KUVA 4. Tuotantomuodon valinta (Russel – Taylor 2011, 230)

4.2 Projektituotanto

Projektituotanto poikkeaa huomattavasti muista tuotantomuodoista sen laajalaisuuden ja monimutkaisuuden takia. Projektit ovat yleensä suuria kokonaisuuksia ja ne vaativat paljon kertaluonteisia toimintoja ja työvaiheita. Projektituotannossa suunnittelulla on suuri merkitys projektin etenemiseen. Suunnittelu täytyy tehdä yksityiskohtaisesti ja huolellisesti, jotta projektin aikana ei tule viivästyksiä aikataulusta. Usein projekteissa rajoittavina resursseina ovat henkilöstön osaaminen, kokoonpanotila, suunnittelu- tai konekapasiteetti. Näihin tekijöihin yrityksen pitää panostaa, jotta projektit saada toteutettua tehokkaasti. (Haverila ym. 2009, 436–437.)

4.3 Räätelöity tuotanto

Perinteiset tuotantolinjat ovat suunniteltuja yhdelle tietylle tuotteelle, jolloin tuotantolinjan joustavuus ei ole hyvä. Kun yritys haluaa valmistaa erilaista tuotetta, tuotantolinja vaatii paljon asetuksia, mikä ei ole tehokasta. Voi käydä myös niin, että yritys valmistaa suuren erän tuotetta, jolle ei olekaan kysyntää. Tämä aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia yritykselle, eikä yritys voi vastata hyvin asiakkaiden vaatimuksiin. (Russel – Taylor 2011, 282–284.)

Vastatakseen asiakkaiden kysyntään osa yrityksistä kehittää kehittyneitä työkaluja kysynnän ennustamiseen, tällöin yritys voi muuttaa tuotantoaan niin, että se voi vastata asiakkaiden kysyntään. Parempi keino ennustamisen tilalle on räätälöidä tuotanto niin, että tuotantolinjalla voidaan valmistaa useita erilaisia tuotteita. Tuotannon räätälöinti onnistuu suunnittelemalla tuotantoprosessin layout niin, että työpisteet on sijoiteltu järkevästi, jolloin samoilla työpisteillä voidaan tehdä useita erilaisia tuotteita. Myös työntekijöiden joustavuudella ja ammattitaidolla saavutetaan hyvä räätälöity tuotanto, jolloin työntekijät voivat tehdä useita erilaisia tehtäviä. (Russel – Taylor 2011, 282–284.)

5 TUOTANTOJÄRJESTELMÄ

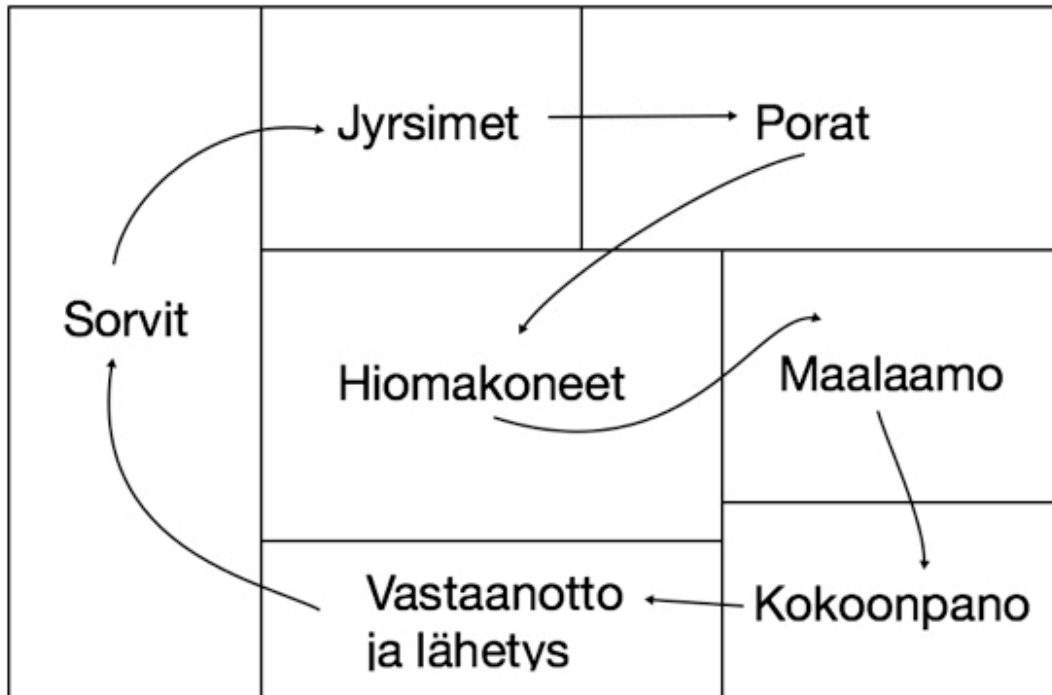
Tuotantojärjestelmällä eli layoutilla voidaan vaikuttaa yrityksen kilpailukykyyn. Layoutilla voidaan vaikuttaa siihen, kuinka tehokkaasti työntekijät tekevät työnsä, kuinka nopeasti tuotteet valmistetaan ja kuinka joustavaa tuotanto on. Joustavuudella tarkoitetaan sitä, kuinka helposti tuotanto on räätälöitävissä erilaisille tuotteille. Selkeällä layoutilla ja materiaalivirralla vähennetään tuotannon ohjauksen ja suunnittelun tarvetta. Samalla myös työntekijät voivat keskittyä omaan työhönsä eikä työn valmisteluun kulu turhaa aikaa. (Russel – Taylor 2011, 261; Haverila ym. 2009, 407.)

Layoutilla vaikutetaan muun muassa työpisteiden, käytävien, varastojen ja osastojen sijaintiin. Hyvän layoutin tehtävä on varmistaa sujuva materiaalivirta tuotantotilassa sekä vähentää turhia liikkeitä, poistaa pullonkaulat tuotannosta, parantaa tuotannon visuaalista tarkastelua, kasvattaa kapasiteettia ja parantaa työturvallisuutta. Hyvällä layoutilla voidaan myös parantaa työntekijöiden moraalialia, kun työaika ei kulu turhaan työhön, kuten työkalujen etsimiseen ja tavaroiden turhaan liikutteluun. Näin ollen layoutilla on kytkös myös tuotteen laatuun. (Heragu 2008, 9; Russel – Taylor 2011, 261.)

Layouttyyppijä on monenlaisia, ja erilaisen layouttyyppin valinta perustuu usein valmistettävien tuotteiden perusteella. Esimerkiksi tuotteen valmistusmäärät, tuotetyyppien määrä ja tuotteiden koko määrittelevät layoutin. Tehtaan layout voi myös vaihdella tuotantoprosessin mukaan. Esimerkiksi osat valmistetaan solu- tai funktionaalisisessa layoutissa ja tuotteet kokoonpannaan tuotantolinjassa. (Haverila ym. 2009, 480.)

5.1 Funktionaalinen layout

Kuvasta 5 nähdään, että funktionaalisen layoutin tunnuspiirteitä on se, että samat laitteet ovat omina osastoinaan. Funktionaalinen layout palvelee usein eri asiakkaiden erilaisia tarpeita ja tuotteen tuotantomäärät ovat usein pieniä sekä työvaiheiden määrät vaihtelevat. Layoutin etu on sen joustavuus ja haitta on sen tehottomuus. (Russel – Taylor 2011, 262–264.)

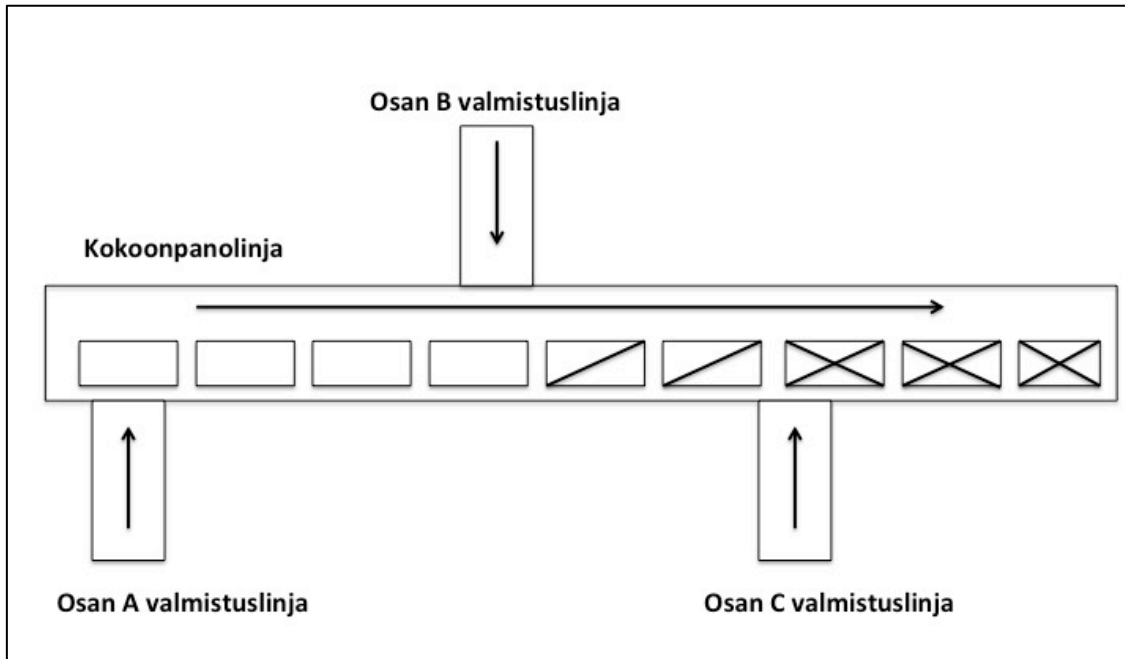


KUVA 5. Funktionaalinen layout (Russel – Taylor 2011, 263.)

Ominaista funktionaaliselle layoutille on myös työpisteiden kuormitusten suuret vaihtelut ja materiaalin siirtely työpisteeltä toiselle. Layout vaatii joustavaa materiaalin siirtelyä, ja näin ollen työpisteiden sijoittelulla on suuri merkitys läpäisyaikoihin ja tuotannon tehokkuuteen. Myös materiaalien koot vaikuttavat tuotantotilan layoutiin, sillä mitä suurempia kappaleita käytetään, sitä suuremmat käytävät ja tilat vaaditaan. (Russel – Taylor 2011, 262–264.)

5.2 Tuotantolinjalayout

Tuotantolinjalayout soveltuu parhaiten tuotteelle, jonka valmistusmäärät ovat suuria. Työnkulku on selkeää ja tuotanto on pitkälle automatisoitua. Tuotantolinjan perustaminen on yleensä kallista, mutta tuotteen yksikkökustannukset jäävät pieniksi suurien tuotantomäärien ansiosta. Tämän takia tuotantolinja ei sieä häiriöitä ja tuotannon pysähtymistä. (Haverila ym. 2009, 475–476.)



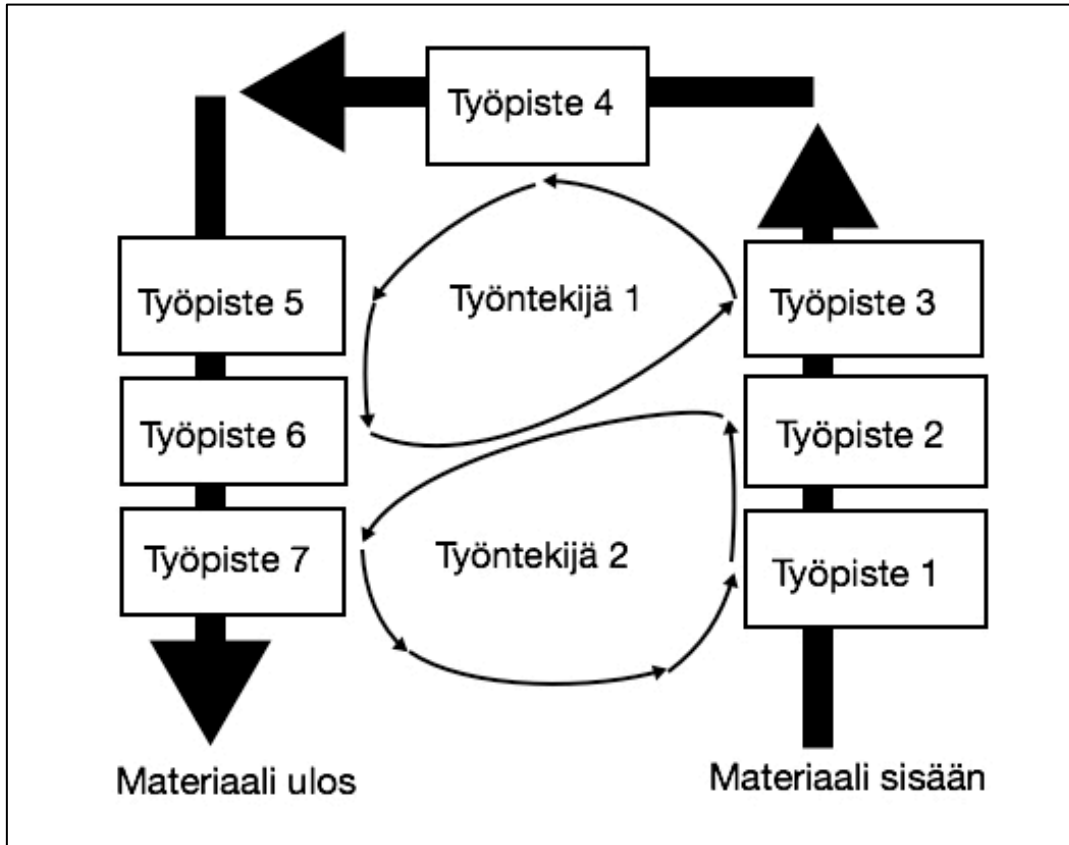
KUVA 6. Tuotantolinjalayout (Haverila ym. 2009, 476.)

Kuvasta 6 nähdään, kuinka tuotantolinjaan voidaan yhdistää erilliset valmistuslinjat ja kokoonpano suoritetaan tuotantolinjalayoutia hyödyntäen. Tuotantolinjalle on tärkeää, että tuotanto on sujuvaa ja ettei linjalla synny pullonkauloja rajoittamaan tuotannon nopeutta. Layoutin etuja ovat tehokkuus ja helppo ohjattavuus, kun tuotantolinja on rakennettu. Haittana on muun muassa se, että tuotantoa on vaikea muokata eri tuotteelle pitkien asetusaikojen takia. (Haverila ym. 2009, 475–476; Russel – Taylor 2011, 264–265.)

5.3 Solulayout

Solulayoutissa eri koneet ja työpisteet muodostavat itsenäisen ryhmän, joka voidaan ajatella funktionaalisen ja tuotantolinjalayoutin välimuotona. Solulle ominaista on se, että tuotantomäärät ja eräkoot vaihtelevat paljon sekä solun tuotannon- ja laadunohjaus on helppoa. Soluissa työntekijät muodostavat oman ryhmänsä, joka työskentelee solussa keskenään. Näin ollen työntekijät ovat itse vastuussa työntekijän aikataulutuksesta ja tuotteen nopeasta valmistuksesta. Usein myös välivarastot pienenevät, kun työntekijät saavat itse aikatauluttaa työntekonsä. (Haverila ym. 2009, 477–478; Martand 2007, 17.)

Kuvasta 7 nähdään, että solulayoutissa työpisteet ovat lähellä toisiaan. Työpis-
teiden läheisyyden ansiosta turhat materiaalin siirrot vähenevät, joten läpäisy-
ajat lyhenevät ja työvaiheesta toiseen siirtyminen on nopeaa. Tämän ansiosta
myös laadunvalvonta ja virheiden havainnointi helpottuvat. (Martand 2007, 17.)



KUVA 7. Solulayout (Cochran – Duda – Linck – Taj 1998, 973.)

6 LEAN-TUOTANTO

Kun tuotantoa aletaan kehittämään, siihen tarkoitukseen on kehitelty muutamia tuotantomalleja. Näitä tuotantomalleja käyttämällä pyritään tehostamaan tuotantoa ja parantamaan yrityksen kilpailukykyä. Yleisin malli, jota yritykset käyttävät, on lean-tuotantomalli. Lean-tuotanto on lähtöisin 1940-luvun Japanista, missä Toyotan insinööri Taiichi Ohno alkoi kehittämään Toyotan tuotantoa, jolloin syntyi Toyotan tuotantosysteemi. Myöhemmin 1990-luvulla Toyotan tuotantosysteemistä alettiin käyttämään lean-nimitystä. (Melton 2005, 662; Miller – Pawloski – Standridge 2010, 11–12.)

Lean-tuotannolla pyritään minimoimaan seitsemän eri tekijää yrityksestä. Nämä seitsemän tekijää ovat (Russel – Taylor 2011, 722)

- ylituotanto
- odottaminen
- materiaalin siirrot
- varastot
- virheet
- turhat liikkeet
- turha työ.

Näiden tekijöiden minimoimisen lisäksi vaaditaan valmistuksen joustavuutta, sujuvia materiaalivirtoja ja jatkuvaa parantamista, jolloin päästään hyvään lean-tuotantoon. Lean-tuotannossa tehdään samat työt kuin massatuotannossa, mutta käyttämällä vähemmän resursseja. (Jones – Roos – Womack 1990, 13; Russel – Taylor 2011, 721–722.)

Lean-tuotannolla pyritään minimoimaan arvoa tuottamattomat tekijät yrityksestä. Tällöin yrityksen kilpailukyky paranee, kun arvoa tuottamattomat tekijät poistetaan ja arvoa lisääviä tekijöitä kehitetään. Lean-tuotannon viisi peruseriaatetta ovat asiakkaan tarpeen ymmärtäminen, arvovirran analysointi, selkeät materiaalivirrat, tuotteen valmistaminen välittömään tarpeeseen ja jatkuva parantaminen. (Anvari – Hojjati – Ismail 2011, 1588.)

Normaalissa massatuotannossa tehdään mahdollisimman paljon tuotteita, joten yksikkökustannukset minimoidaan suurilla tuotantomäärillä. Tuotteiden laadulle ei aseteta suuria vaatimuksia ja virheitä sallitaan. Lean-tuotannossa tavoitellaan täydellisyyttä, eli tuotteiden virheettömyyttä ja sitä että materiaalit ovat koko ajan liikkeessä. Lean-tuotannossa myös työntekijöiltä vaaditaan enemmän ammattitaitoa toteuttaa useita työtehtäviä jolloin työnteko muuttuu mielenkiintoisemmaksi. (Jones – Roos – Womack 1990, 13–14.)

Lean-tuotannossa pyritään selvittämään, mitkä tekijät ovat arvoa lisääviä ja mitkä eivät. Nämä tekijät voidaan jakaa kolmeen ryhmään, joita ovat arvoa tuottamattomat, arvoa tuottamattomat, mutta tarpeelliset ja arvoa lisäävät tekijät. Arvoa tuottamattomista tekijöistä pitää pyrkiä kokonaan eroon. Mutta arvoa tuottamattomista ja silti tarpeellisista tekijöistä voidaan päästä eroon esimerkiksi hyvällä layoutilla. (Arleo – Borgia – De Carlo – Tucci 2013, 4.)

6.1 JIT-tuotanto

Just-In-Time-tuotanto, eli JIT-tuotanto, on keskeinen keino tuotannon tehostamiseen ja kilpailukyvyyn parantamiseen. Sitä käytetään usein lean-tuotannon toteuttamisessa ja JIT-tuotantoa voidaan pitää lean-tuotannon ytimenä. JIT-tuotanto on syntynyt vakiotuotetuotannossa, mutta sitä voidaan hyvin soveltaa muihinkin tuotantomuotoihin. Tarkoituksena JIT-tuotannossa on valmistaa tuotteet välittömään tarpeeseen ja varastot pyritään pitämään mahdollisimman pieninä. Myös materiaalivirrat on tarkoitus pitää mahdollisimman selkeinä, mikä edellyttää toimivaa layoutia. JIT-tuotannolle yleistä on lyhyet läpäisyajat, korkea tuottavuus, pieni sitoutunut pääoma ja korkea laatu. (Haverila ym. 2009, 428–429; Russel – Taylor 2011, 721–722.)

6.2 5S ja visuaalinen tarkistus

Lean-tuotannon toteuttamisessa käytetään myös 5S-metodia, jolla pyritään vähentämään arvoa tuottamattomia tekijöitä, pitämään työpaikka siistinä ja parantamaan työntekijöiden tuottavuutta. 5S-metodi tulee seuraavista japanin kielen sanoista (Al-Aomar 2011, 1606):

- seiri (sort): poistetaan kaikki turha työskentelyalueelta

- seiton (set in order): parannetaan työkalujen löytymistä
- seiso (shine): työalueen siivoaminen
- seiketsu (standardize): standardoidut työtavat ja työkalut
- shitsuke (sustain): ylläpidetään järjestystä ja sovittuja tapoja.

Kun yritys toteuttaa 5S-metodia, sillä saavutetaan huomattavia hyötyjä, jotka parantavat tuotannon tehokkuutta. Esimerkiksi työn visuaalinen ohjaus muuttuu helpommaksi, työpisteet ovat puhtaammat ja paremmassa järjestyksessä sekä työpisteille vapautuu enemmän tilaa. Samalla työturvallisuus paranee ja tuottamattoman työn osuus vähenee, myös asetusajat lyhenevät, mikä samalla lyhentää läpäisyajoja. (Al-Aomar 2011, 1606–1607.)

7 NYKYTILANNE

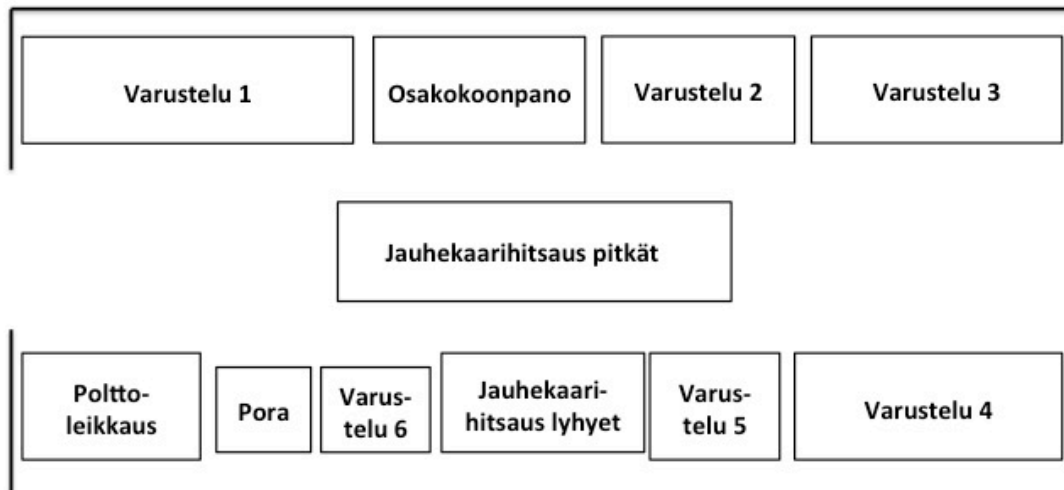
Tutkittavan yrityksen nykyinen tilanne on se, että tuotantoa täytyy tehostaa ja tuotantotilan layout on tarkoitus uudistaa lähitulevaisuudessa. Tuotantoprosessin tärkein kone eli jauhekaarihitsauslaitteisto on jo erittäin epävarma toiminnaltaan, ja sen tilalle on tarkoitus hankkia uusi laitteisto. Tämä antaisikin hyvät edellytykset muuttaa samalla tuotantotilan layout, koska uusi kone tarvitsee nykyistä suuremman tilan tuotantotilasta.

Yrityksen tuotantoprosessi koostuu osakokoonpanosta, jossa aihio valmistellaan jauhekaarihitsausta varten. Jauhekaarihitsauksen jälkeen aihio varustellaan varusteluosilla, minkä työntekijät suorittavat hitsaamalla. Kun aihio on varusteltu, se on valmis pintakäsittelyä varten ja pintakäsittelyn jälkeen lopputuote voidaan toimittaa asiakkaalle. Pintakäsittely tapahtuu eri hallissa kuin itse aihion valmistusprosessi.

Varusteluun tarvitaan erilaisia osia, joita yritys valmistaa polttoleikkaamalla tuotantotilassa ja osa osista tilataan alihankkijoilta. Tilatut varusteluosat varastoidaan tuotantotilan vieressä olevaan kaarihalliin, josta osat toimitetaan tuotantotiloissa oikeille työpisteille, joissa työntekijät viimeistelevät aihion. Yrityksen itse valmistamat osat toimitetaan trukilla tuotantotilassa varustelupisteille.

7.1 Layout

Nykyisessä layoutissa osakokoonpano ja jauhekaarihitsaus tapahtuvat tuotantotilan keskellä. Kuvasta 8 nähdään, että varustelupisteet ja polttoleikkaus tapahtuvat osakokoonpanon ja jauhekaarihitsauksen ympärillä. Tämä on suurin ongelma tällä hetkellä, koska työpisteiden sijainnit vaikeuttavat materiaalien siirtämistä. Layoutin takia aihiot ja materiaalit liikkuvat ristiin, mikä ei ole toivottavaa. Layoutissa nykyinen jauhekaarihitsauslaitteisto vaatii tilaa keskikäytävältä, kun pitkiä aihioita hitsataan. Tällöin keskikäytävä on tukossa, mikä vaikeuttaa materiaalin siirtelyä tuotantotilassa.



KUVA 8. Nykyinen layout

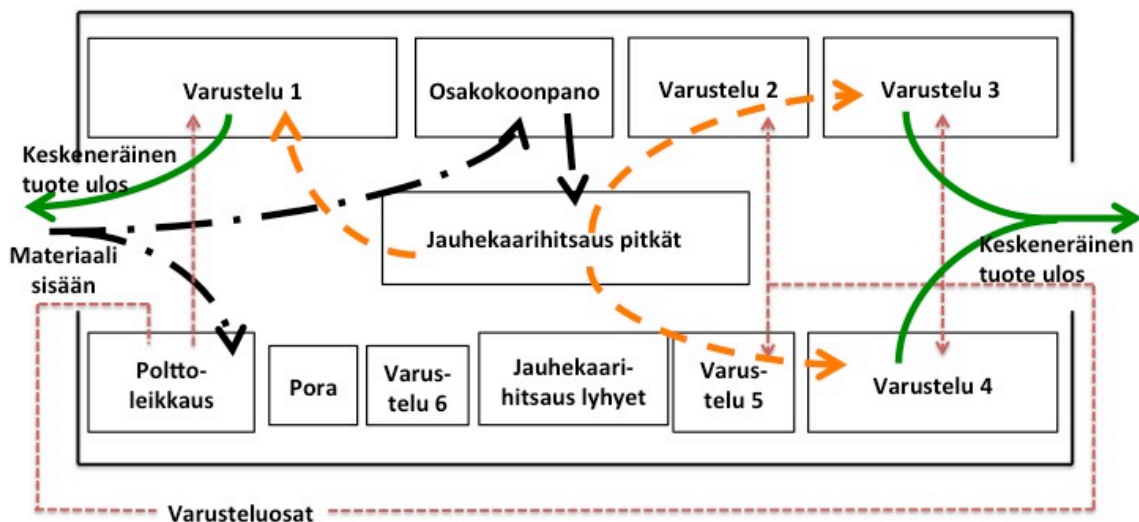
Jokaisessa varustelupisteessä suoritetaan samoja tehtäviä, joten varustelupisteillä ei ole mitään muita eroavaisuuksia kuin niiden mitat. Varustelu 1, 2 ja 3 soveltuvat noin 25 metriä pitkille aihioille. Varustelu 4 soveltuu 25 metrin, varustelu 5 soveltuu noin 10 metrin aihioille ja varustelu 6 noin 16 metriä pitkille aihioille. Yrityksessä on usein tarvetta 25 metrin varustelupisteelle, ja nykyään lyhyet pisteet ovat usein käyttämättöminä. Jauhekaarihitsauksen jälkeen ahiot siirretään sillä hetkellä vapaana olevalle varustelupisteelle, joilta löytyvät resurssit aihion varusteluun. Keskellä käytävää suoritetaan pitkien aihoiden jauhekaarihitsaus ja lyhyet hitsataan tuotantotilan sivulla. Varusteluosien valmistamiseen tarvitaan polttoleikkausta ja poraa, joille on varattu huomattava tila tuotantotilasta.

Materiaalien siirtäminen tuotantotilassa tapahtuu kiinteitä nostureita apuna käyttäen. Nostoihin on käytettävissä kolme suurta siltanosturia ja yhdeksän pienempää konsolinosturia tuotantotilan sivuilla. Konsolinostureista neljä on toisella sivulla ja viisi toisella sivulla. Siltanosturien liikeradat kattavat koko tuotantotilan päädyistä päätyyn, mutta pienempien konsolinosturien liikeradat ovat rajoitetummat.

7.1.1 Materiaalivirrat

Materiaalivirrat tapahtuvat tuotantotilassa nykyään sekavasti ja niitä on vaikea seurata visuaalisesti. Näin ollen myös tuotannon visuaalinen ohjaus vaikeutuu.

Materiaali voi tulla osakokoonpanopisteelle kahdesta suunnasta ja osakokoonpano sijaitsee keskellä tuotantotilaa. Koska varusteluosat valmistetaan tuotantotilan toisessa päässä, varusteluosat joudutaan tilan puutteen takia kuljettamaan ulkokautta toiselle puolelle tuotantotilaa. Kuvasta 9 nähdään tuotantotilan materiaalivirtojen liikkeitä.



KUVA 9. Materiaalivirrat nykyisessä layoutissa

Nykyisessä layoutissa materiaalit tuodaan tuotantotilaan polttoleikkaukseen ja osakokoonpanoon tuotantotilan vasemmalta puolen. Nämä materiaalivirrat näkyvät kuvassa 9 pistekatkoviivalla. Osakokoonpanosta aihio siirretään jauhekaarihitsaukseen, josta hitsattu aihio siirretään vapaana olevalle varustelupisteelle. Jauhekaarihitsauksesta tapahtuvat siirrot näkyvät katkoviivalla. Usein varusteluun menevä aihio joudutaan varastoimaan käytävälle, jos varustelupiste on varattuna. Varusteltu aihio siirretään yhteneväisen nuolen mukaan pintakäsittelyyn joko vasemmalta tai oikealta puolen tuotantotilaa sen mukaan, millä varustelupisteellä varustelu on suoritettu. Varusteluosien materiaalivirrat näkyvät kuvassa pienellä katkoviivalla.

Materiaalivirtojen hallinta tuotantotilassa tapahtuu pelkästään nostureita apuna käyttäen ja varusteluosien siirtelyyn tarvitaan myös nostureita. Tämä aiheuttaa sitä, että materiaalivirtojen hallinnan takia nosturit ovat usein varattuina ja työntekijät joutuvat välillä odottamaan pitkiäkin aikoja nostureiden vapautumista.

(Tuotantotyöntekijät 2015.)

7.1.2 Työpisteet ja tuotantotila

Tällä hetkellä jauhekaarihitsaus vie suurimman osan tuotantotilasta, koska hitsauslaitteistolla hitsataan suuret aihiot keskikäytävällä ja pienet aihiot seinän vierellä. Tämän takia varusteluun käytettävä tila jää vähäiseksi ja tuotantotilan keskellä oleva käytävä tukkeutuu helposti. Polttoleikkaus vie myös huomattavan osan tuotantotilasta, mikä on turhaa, koska polttoleikkaus ei ole tärkein työnvaihe ja polttoleikkausta tarvitaan vain satunnaisesti. Nämä kaksi työpistettä aiheuttavat materiaalin hitaan virtauksen tuotannossa ja heikentävät tuotannon tehokkuutta.

Varusteluun varattujen työpisteiden tila jää ahtaaksi, mikä aiheuttaa työkalujen ja materiaalien epäjärjestystä. Myös tarvittaville työkaluille ei ole sopivia säilytyspaikkoja, mikä aiheuttaa turhaa työkalujen etsimistä. Työpisteiltä puuttuvat omat työkalut, joten työkalut kulkeutuvat helposti eri paikkoihin ja tämä aiheuttaa myös sekavuutta. Koska työpisteillä tarvitaan paljon erilaisia sähkölaitteita, myös sähkökaapelit aiheuttavat oman ongelman tuotantotilaan. Kaapeleita joudutaan välillä vetämään pitkiäkin matkoja, mikä aiheuttaa työturvallisuusriskejä. Myös nostoihin käytettävien nostoapulaitteiden säilytyspaikat puuttuvat, minkä takia nostoapulaitteita säilytetään lattialla.

Varusteluosien varastointiin käytetään tuotantotilan ulkopuolella olevaan kaarihallia, josta varusteluosat kuljetetaan varustelupisteille. Varustelupisteiltä puuttuu selkeät välivarastointipaikat varusteluosille, joten osat joudutaan laskemaan lattialle ja sinne mistä tilaa löytyy. Tämän takia osien löytäminen on hankalampaa ja se aiheuttaa työntekijöille turhaa työtä. Varusteluosien löytämistä hankaloittaa myös niiden lajittelu, koska osa osista on lajiteltu ainevahvuuksien perusteella, kun niiden pitäisi olla lajiteltu aihoiden työnumeroiden perusteella. Tämän takia työntekijät joutuvat etsimään oikeat osat oikeisiin aihioihin, mikä myös turhauttaa työntekijöitä. (Tuotantotyöntekijät 2015.)

7.2 Tuotannon läpäisy aika ja pullonkaulat

Merkittävin pullonkaula tuotannossa on nykyinen jauhekaarihitsauslaitteisto, jonka toiminta on epävarmaa. Myös nykyisen laitteiston hitsausaika on erittäin

hidas verrattuna uusiin laitteistoihin. Koska yhä useampi aihio vaatii suuremman toiminta-alueen kuin nykyisellä laitteistolla on mahdollista toteuttaa, jauhekaarihitsaus vaatii paljon vaivaa koneen käyttäjiltä, koska aihioita täytyy siirtää kesken hitsauksen.

Kun aihion äärimitat ylittävät nykyisen laitteiston toiminta-alueen, aihion siirtämiseen on laskettu menevän noin 20 minuuttia, minkä jälkeen hitsausta voidaan jatkaa. Koska nykyinen laitteisto sijaitsee keskellä tuotantotilaa, siirtoon käytettävä siltanosturi on usein varattuna, jolloin joudutaan odottamaan nosturin vapautumista. Tällöin laitteiston käyttäjät ovat toimeettomana, mikä lisää valmistuskustannuksia ja läpäisyäikää huomattavasti.

Tuotannon läpäisyäikää rajoittavat myös työpisteiden sijainnit silta- ja konsolinostureiden kanssa. Tuotannossa ilmenee paljon odottelua, koska nosturit ovat usein varattuina ja nostureiden käyttökapasiteetit vaihtelevat. Nosturit ovat erittäin tärkeitä nykyisessä tuotannossa, koska materiaalien siirrot onnistuvat pelkästään nostureita apuna käyttäen.

7.3 Tuotannon ohjattavuus

Koska tuotanto on asiakasohjautuvaa ja tuotteita valmistetaan pelkästään tilauksesta, tuotantoprosessilta vaaditaan nopeaa läpäisyäikää. Asiakkaiden erilaiset tuotevaatimukset vaativat tuotannolta joustavuutta ja kykyä sopeutua erilaisiin tilauksiin. Nykyään tuotannon joustavuus on melko hyvä ja tuotanto sopeutuu hyvin erilaisiin tilauksiin. Työntekijöiden ammattitaidolla on suurin merkitys tuotannon joustavuuteen ja ammattitaitoa vaaditaan paljon, jotta työntekijät soveltuvat erilaisiin projekteihin.

Yrityksessä on kuitenkin havaittu, ettei informaation kulku ole paras mahdollinen tällä hetkellä. Tämä voi olla esteenä tuotannon tehokkuuden ja joustavuuden parantamiselle. Huonolla informaation kululla voi olla vaikutusta myös tuotannon ohjattavuuteen, ja tällä taas on suora vaikutus tuotannon läpäisyäiköihin.

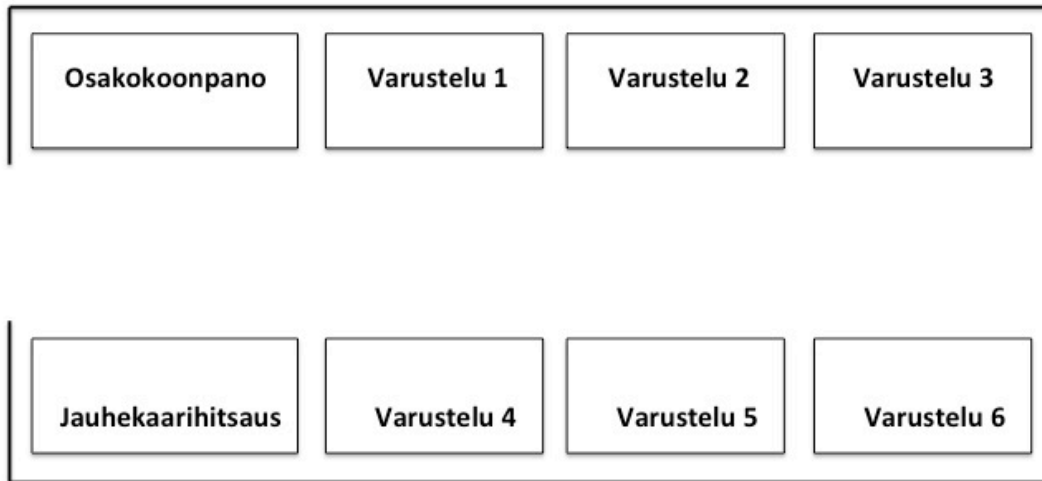
8 VALMISTUKSEN KEHITTÄMINEN

Tuotannon kehittäminen aloitettiin käymällä nykyinen tuotantojärjestelmä ja siihen liittyvät ongelmat läpi. Kun ongelmat ja niiden aiheuttajat analysoitiin, saatiin hyvä käsitys tuotannon kehitystarpeista. Yritys on tehnyt taustatutkimusta uudesta mahdollisesta jauhekaarihitsauslaitteistosta, jonka ääriimitat, toiminta-alue ja hitsausaika on tiedossa. Näiden tietojen perusteella pystytään jo suunnittelemaan alustavasti uutta layoutia. Seuraavaksi käydään läpi eri osa-alueita, joita voidaan kehittää tutkittavassa yrityksessä.

8.1 Uusi layout

Uusi laitteisto ei tarvitsisi leveyssuunnassa niin paljon tilaa kuin nykyinen, mutta laitteiston vaatima tila pituussuunnassa kasvaisi, koska laitteiston toiminta-alue kasvaisi pituussuunnassa. Siksi uuden layoutin suunnittelun lähtökohtana oli jauhekaarihitsauslaitteiston siirtäminen tuotantotilan keskeltä tuotantotilan alkupäähän.

Polttoleikkaus ja varusteluosien valmistus voitaisiin siirtää toiseen halliin, joka on ollut käyttämättömänä yrityksellä. Nämä järjestelyt vapauttaisivat lisää tilaa varustelulle ja keskikäytävä saataisiin hyötykäyttöön materiaalien siirtoa varten. Kun 25 metrin mittaisten varustelupisteiden määrä kasvaisi neljästä kuuteen, varusteluun menevät aihiot voitaisiin varastoida vapaina oleville varustelupisteille, kun tällä hetkellä aihioita varastoidaan keskikäytävälle. Kuvasta 10 nähdään työpisteiden uudet sijainnit.



KUVA 10. Uusi layout

Kuvan 10 mukainen uusi layout sopisi hyvin yrityksen nykyiselle tuotantomuodolle, joka perustuu projekteihin. Varsinkin kuuden 25 metrin mittaisen varustelupisteen ansiosta tuotantotilan järjestys paranisi nykyisestä. Uusien työpisteiden sijainnit antaisivat hyvän mahdollisuuden toteuttaa erilaisia projekteja tuotantotilassa ja työpisteet olisivat hyvin muunneltavissa. Jokainen varustelupiste olisi samanlainen, ja niiltä löytyisi samat työkalut. Varustelupisteillä ja osakokoonpanossa työntekijät voisivat vaihdella työpisteitään tämän ansiosta, mutta jauhekaarihitsaukseen olisi varattuna omat työntekijät. Myös tuotannon tehokkuus ja joustavuus kasvaisivat uuden layoutin ansiosta, koska varustelupisteitä voisi käyttää myös osakokoonpanoa varten. Uusi layout olisi solulayoutin sovellus.

Jauhekaarihitsauslaitteiston uusi sijainti aiheuttaisi kuitenkin yhden merkittävän ongelman tuotannolle. Jos aihion ääriimitat ylittävät uuden hitsauslaitteiston toiminta-alueen, aihio joudutaan nostamaan laitteistosta pois ja kääntämään toisin päin. Tästä ongelmasta voidaan selvittää tuotantotilan rakenteellisilla muutoksilla niin, että jauhekaarihitsauslaitteiston päätyseinään tehdään tarpeeksi suuri luukku, josta ylimenevä osuus voidaan työntää pihalle.

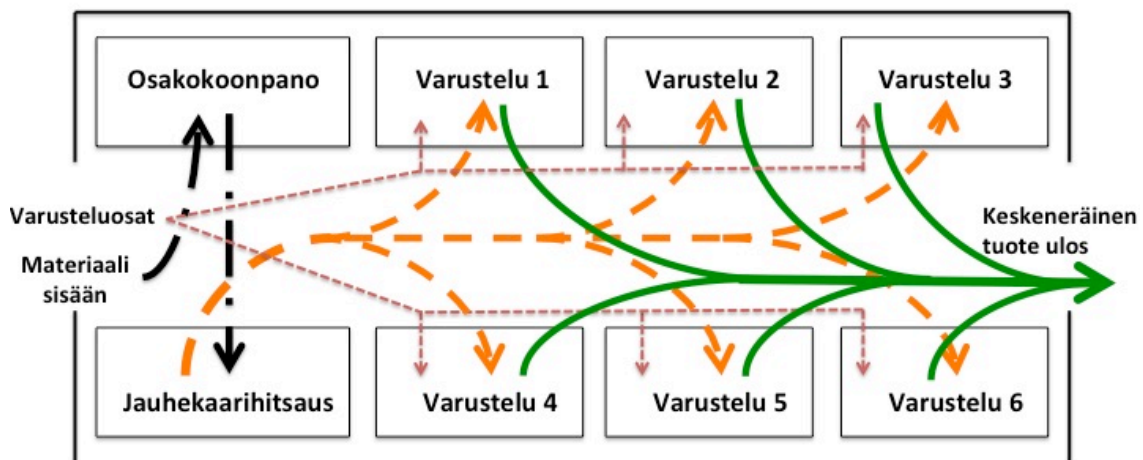
Jos ylimenevä aihio työnnettäisiin ulkopuolelle, pitäisi huomioida ulkona olevan aihion suojaaminen, mikä vaatisi huomattavia muutoksia tuotantotilan rakenteisiin. Voitaisiin myös tutkia, pystyisikö uuden jauhekaarihitsauslaitteiston toiminta-alueen suurentamaan entisestään, jolloin entistä pidempien aihoiden hit-

saaminen onnistuisi ilman aihion ylimääräistä siirtoa. Jos toiminta-alueita pystyt-
täisiin suurentamaan, niin tämä täytyisi huomioida varustelupisteellä 4. Varuste-
lupisteestä 4 pitäisi tehdä hyvin muunneltava ja siinä pitäisi huomioida se, että
jauhekaarihitsaus voi viedä osan varustelupisteen 4 tilasta.

8.1.1 Materiaalivirrat

Uusi layout mahdollistaisi suoraviivaisemman materiaalivirran, kun materiaali
tulisi yhdestä ovesta sisään ja toisesta ovesta ulos. Kun keskikäytävä saadaan
vapaaksi, käytävää voidaan käyttää kuljetuskäyttöön pyöräkuormaajalla ja tru-
killa. Tällä saavutetaan nopeampi materiaalivirta, kun turha siirtely nostureilla
jää pois. Materiaalien toimittaminen tuotantotilaan ja sieltä pois nopeutuisi huo-
mattavasti, kun siirtelyyn voitaisiin käyttää pyöräkuormaajaa tai trukkia.

Uudessa layoutissa nostureilla suoritettavien nostojen liikeradat muuttuisivat
samalla suoraviivaisemmiksi ja lyhyemmiksi. Materiaalien nostot pystyttäisiin
suorittamaan tiettyjä reittejä pitkin, minkä ansiosta myös työturvallisuus paranisi,
kun tietyt nostoreitit vakiintuisivat. Kuvasta 11 nähdään, kuinka materiaalivirrat
selkeytyisivät nykyisiin materiaalivirtoihin verrattuna. Erittäin suuri etu olisi,
että materiaalivirta kulki järjestelmällisesti tuotantotilaan ja tuotantotilasta ulos.
Tätä helpottaisi myös se, että varusteluun menevät aihiot voitaisiin kuljettaa va-
paana olevalle varustelupisteelle, jonne työntekijät siirtyisivät työn alla olevan
työn valmistuttua.



KUVA 11. Materiaalivirrat uudessa layoutissa

Kuvan 11 mukaisessa uudessa layoutissa materiaalit toimitettaisiin osakokoonpanoon tuotantotilan vasemmalta puolen pistekatkoviivan osoittamalla tavalla. Jauhekaarihitsauksesta hitsatut aihiot kuljetettaisiin katkoviivan mukaisia reittejä pitkin jollekin vapaana olevalle varustelupisteelle. Varusteltu aihio siirrettäisiin yhteneväisten nuolten mukaisesti ulos pintakäsittelyä varten. Kun materiaalin siirrot tehtäisiin keskellä käytävää pyöräkuormaajaa tai trukkia apuna käyttäen, nostureita tarvittaisiin ainoastaan siirtoihin työpisteeltä keskikäytävälle ja päinvastoin. Varusteluosat voitaisiin toimittaa kuvan 11 mukaisesti oikeille varustelupisteille, joissa aihiot varusteltaisiin. Varusteluosien materiaalivirroissa suurin parannus olisi se, ettei osia kuljetettaisi pihan kautta toiselle puolelle tuotantotilaa.

Kun varusteluosat kuljetettaisiin juuri oikeaan aikaan varustelupisteille, läpäisy-aikaa ja turhan työn osuutta saataisiin vähennettyä. Näin ollen kaarihallissa varusteluosien varastointia pitäisi vähentää ja pyrkiä siihen, että alihankkijoilta ostetut varusteluosat kuljetettaisiin oikeaan aikaan oikeille varustelupisteille ilman varastointia kaarihalliin. Tämä olisi kuitenkin haastavaa, koska varusteluosien määrä voi olla erittäin suuri ja varusteluosat toimitetaan kaikki samassa erässä. Tällöin välivarastointi kaarihalliin on välttämätöntä ja varastomiehen pitää toimittaa varusteluosat varustelupisteille.

Selkeiden materiaalivirtojen ja uuden layoutin avulla JIT-ajatusta voitaisiin soveltaa paremmin kuin nykyisessä layoutissa. JIT-periaatteiden avulla saataisiin myös työntekijöiden motivaatiota parannettua, keskeneräiseen tuotantoon sitoutunutta pääomaa pienennettyä ja lyhennettyä tuotannon läpäisyajoja.

8.1.2 Työpisteet ja tuotantotilan tilankäyttö

Polttoleikkaus pystyttäisiin siirtämään tuotantotilasta omaan halliinsa, joten varustelupisteille saataisiin lisää tilaa. Kun polttoleikkaus ja varusteluosien valmistus siirrettäisiin omaan halliin, tästä voi seurata heikentynyttä kommunikointia varustelupisteiden ja varusteluosien valmistuksen välillä. Tämä täytyisi huomioida varusteluosien valmistuksessa niin, että otettaisiin käyttöön selkeät käytännöt liittyen varusteluosien jakeluun varustelupisteille.

Varusteluosien valmistuksen täytyisi huomioida se, että osat pakattaisiin aihiokohtaisesti seteiksi, jolloin osien kuljettaminen tietylle työpisteelle onnistuisi helposti. Osat pitäisi myös merkata selkeästi, jotta asentajille ja työnjohtajille olisi selvää mihin aihioon osat kuuluisivat. Näin ollen osia ei tarvitsisi toimittaa useille eri työpisteille ja etsiä turhaan. Myös aihion varustelu saataisiin tehokkaammaksi, kun aihioon tarvittavat osat tulisivat valmiina työpisteelle, jolloin asentajien tarvitsee vain liittää osat aihioon. Myös visuaalinen ohjaus paranisi, kun varustelupisteille järjestettäisiin omat välivarasointipaikat varusteluosille.

Varustelupisteiden järjestys parantuisi huomattavasti, kun työpisteet jaettaisiin selkeästi. Tätä jakoa selkeyttäisi se, että työpisteille järjestettäisiin omat kaapit, joista työkalut löytyisivät. Kaappeihin täytyisi merkata selvästi työkalujen omat paikat, jonne työkalut palautettaisiin. Tämän järjestelyn ansiosta työnjohtajat näkisivät, että kaikki työkalut olisivat tallella. Lisäksi työntekijät tietäisivät mistä tarvittavat työkalut löytyisivät, mikä lyhentäisi työn aloittamiseen tarvittavaa aikaa. Myös työpisteiden valaistusta voitaisiin parantaa, jolloin työntekijöiden työskentelyolosuhteet paranisivat ja virheet olisi helpompi havaita.

Nostoja varustelupisteiltä helpottaisi se, että jokaiselle varustelupisteelle varattaisiin telineet nostoapulaitteita varten. Tällöin työntekijöiden ei tarvitsisi etsiä lattioilta nostoapulaitteita, mikä myös nopeuttaisi työskentelyä ja parantaisi työskentelyolosuhteita. Telineet olisi hyvä olla sellaiset, että nostoapulaitteet voitaisiin ottaa suoraan käyttöön telineiltä nosturien avulla.

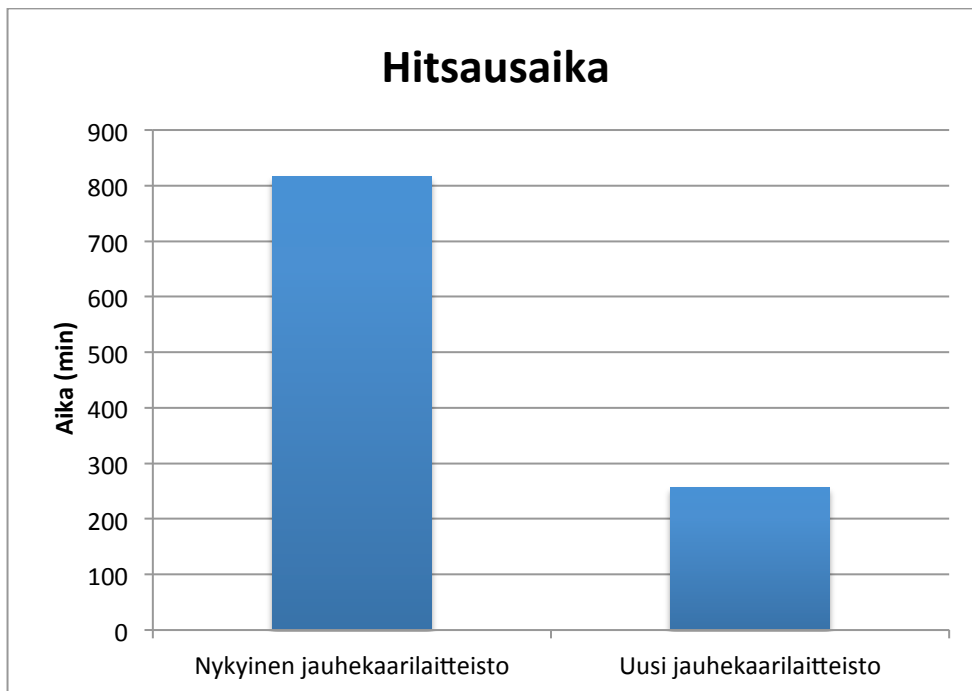
Tuotannon läpäisyajan kannalta olisi paras, kun siirrot siltanostureilla saataisiin mahdollisimman vähäisiksi. Tähän voisi olla keinona rakentaa tuotantotilaan kuljettimet, joiden avulla aihioita voitaisiin liikutella ilman nostoja. Myös siirtopöytien rakentaminen voisi olla mahdollista, jolloin siirtopöydillä voitaisiin muuttaa aihoiden asentoja. Tällöin nostoja ei tarvittaisi aihoiden liikutteluun. Tällaisten kuljettimien ja siirtopöytien rakentaminen olisi kuitenkin haastavaa, koska aihoiden geometriat ovat usein hyvin erilaisia. Nämä keinot vaatisivat suuria muutoksia ja investointeja työpisteisiin.

5S-metodin mukaisilla keinoilla voitaisiin parantaa tuotannon visuaalista ohjausta, kun työkaluille ja varusteluosille olisi omat tietyt paikat. Työnjohtajat ja työn-

tekijät pystyisivät heti näkemään, että tarvittavat työkalut ja varusteluosat olisivat omilla paikoillaan. 5S-metodin mukaiset keinot parantaisivat työskentelyolosuhteita ja karsisivat arvoa tuottamattomat tekijät tuotantoprosessista.

8.2 Tuotannon läpäisy aika ja pullonkaulat

Tätä tutkimusta tehdessä ei ollut mahdollisuutta testata uutta jauhekaarihitsauslaitteistoa käytännössä. Näin ollen työssä tutkittiin valmistajien antamia hitsausaikoja, joita verrattiin nykyiseen hitsausaikaan yleisimmällä hitsattavalla aihiolle. Kuvasta 12 nähdään nykyisen ja vanhan laitteiston hitsausajat yleisimmälle hitsattavalle aihiolle. Kuvan 12 hitsausajoissa on otettu huomioon se, että uudella jauhekaarilaitteistolla pystyttäisiin hitsaamaan kaksi aihiota yhtä aikaa, kun nykyisellä laitteistolla pystytään hitsaamaan yksi aihio kerrallaan. Laskelmissa on laskettu hitsausajat kahdelle saman mittaiselle aihiolle, minkä takia nykyisen laitteiston hitsausaika sisältää kahden aihion erillisen hitsaamisen ja aihioden vaatimat siirrot.



KUVA 12. Hitsausaika nykyisellä ja uudella jauhekaarilaitteistolla

Yrityksessä on laskettu, että kahden tietyn mittaisen aihion hitsaamiseen nykyisellä jauhekaarilaitteistolla kuluu 816 minuuttia, kun uudella laitteistolla aihioi-

den hitsaamiseen kuluisi ainoastaan 256 minuuttia. Nämä ajat vaativat sen, että laitteisto toimii ongelmitta. Kuitenkin nykyinen laitteisto on jo epävarma toiminnaltaan, jolloin laitteiston korjaaminenkin lisää hitsausaikaa entisestään. Uudella laitteistolla saavutettaisiin 69 % nopeampi hitsausaika verrattuna nykyiseen laitteistoon, kun laitteistot toimisivat ongelmitta.

Kuvasta 13 nähdään, että tuottamattoman työn osuus hitsauksesta vähenisi 38,8 %:sta 1,6 %:iin. Tuottamaton aika sisältää laitteistojen paluuliikkeet ja nykyisellä laitteistolla hitsattavan aihion siirrot laitteiston pienen toiminta-alueen takia. Uudella laitteistolla olisi suuri vaikutus tuotannon läpäisyajan lyhenemiseen ja tätä kautta yrityksen kilpailukykyyn sekä kannattavuuteen, kun vaihtomaisuus pienenesi.



KUVA 13. Tuottamattoman ajan suhde tuottavaan aikaan

Kun varustelupisteitä tulisi kolme lisää nykyiseen verrattuna, jauhekaarihitsaus voi muodostua pullonkaulaksi. Jauhekaarihitsaukselta vaadittaisiin nopeaa hitsausaikaa ja erinomaista toimintavarmuutta, koska suurempi määrä varustelupisteitä tarvitsisi enemmän työstettäviä aihioita. Yrityksen tuotannon tehokkuuden kannalta olisi erittäin tärkeää, ettei jauhekaarihitsaus muodostaisi pullonkaulaa tuotannolle. Tämä edellyttäisi uutta jauhekaarihitsauslaitteistoa, joka pystyisi vastaamaan uusia tuotantovaatimuksia.

Myös osakokoonpano voi muodostua pullonkaulaksi tuotannolle. Osakokoonpanossa aihio valmistellaan jauhekaarihitsausta varten, ja aihoiden valmistelutarpeet vaihtelevat projektikohtaisesti. Jos osakokoonpanon vaatimat valmistelut ovat monimutkaisia ja haastavia, jauhekaarihitsaukseen ei välttämättä riitä töitä. Tämä takia tuotannolta vaadittaisiin joustavuutta muuttaa yksi varustelupisteistä osakokoonpanoa varten, silloin jauhekaarihitsaukselle riittäisi töitä, ja varustelupisteet pysyisivät työllistettyinä.

Taulukosta 1 nähdään, kuinka työtunnit jakautuvat työvaiheittain kolmelle aihiolle ja mitä niiden suhteet ovat kokonaisaikaan. Työvaiheiden ajat sisältävät myös aihoiden ja materiaalien siirrot. Taulukosta nähdään, että työvaiheiden ajat vaihtelevat suuresti aihion erilaisuuden mukaisesti, ja tähän vaikuttavat varusteluosien määrät ja muodot. Jauhekaarihitsaus vie kokonaisajasta kohtalaisen pienen määrän, mutta uudella laitteistolla tätä aikaa saataisiin entistä pienemmäksi, kuten kuvasta 12 nähdään.

TAULUKKO 1. Työajat kolmelle eri aihiolle

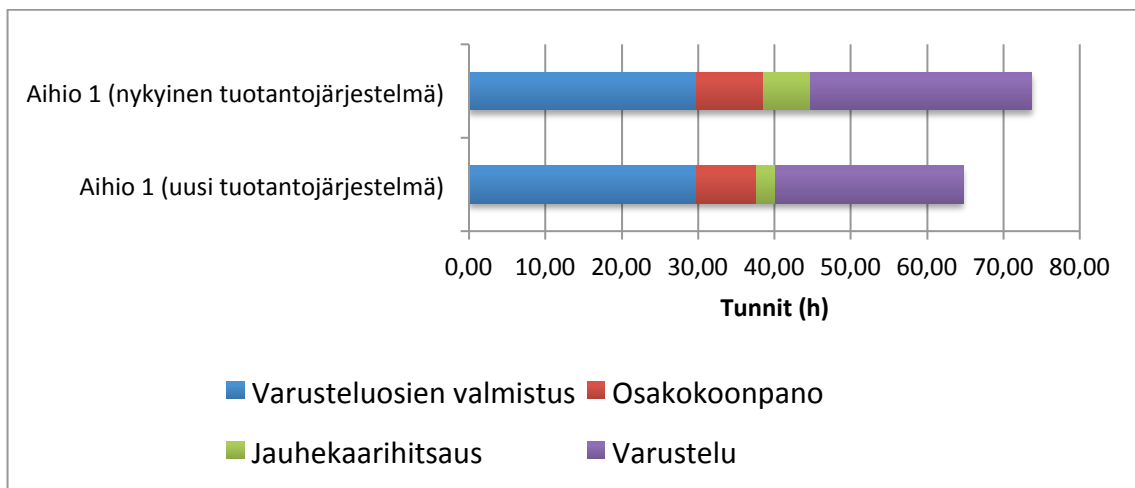
Työvaihe	Aihio 1		Aihio 2		Aihio 3	
	Tunnit (h)	Suhde	Tunnit (h)	Suhde	Tunnit (h)	Suhde
Varusteluosien valmistus	29,76	40,4 %	21,01	17,2 %	4,66	6,6 %
Osakokoonpano	8,79	11,9 %	26,43	21,6 %	22,58	31,8 %
Jauhekaarihitsaus	6,17	8,4 %	10,59	8,7 %	5,52	7,8 %
Varustelu	28,95	39,3 %	64,21	52,5 %	38,15	53,8 %
Yhteensä	73,67	100 %	122,24	100 %	70,90	100 %

Taulukon 1 mukaisilla ajoilla voidaan todeta, että osakokoonpano vaatii kohtalaisen paljon aikaa kokonaisajasta, joten se voi helposti muodostua pullonkaulaksi. Koska uudessa layoutissa varustelupisteistä olisi tuplasti enemmän kuin nykyisessä, varustelupisteitä voitaisiin myös käyttää osakokoonpanoon tarpeen vaatiessa. Tutkitun kolmen aihion tiedoista nähdään, että varusteluun kuluva aika vaatii suurimman osan kokonaistyöajasta, joten uuden layoutin mukaiset varustelupisteet parantaisivat tuotannon tehokkuutta varustelussa.

Työtä tehdessä arvioitiin, että uuden tuotantojärjestelmän ansiosta osakokoonpanon vaatima aika lyhenisi 10 %, jauhekaarihitsauksen 69 % ja varustelun 15

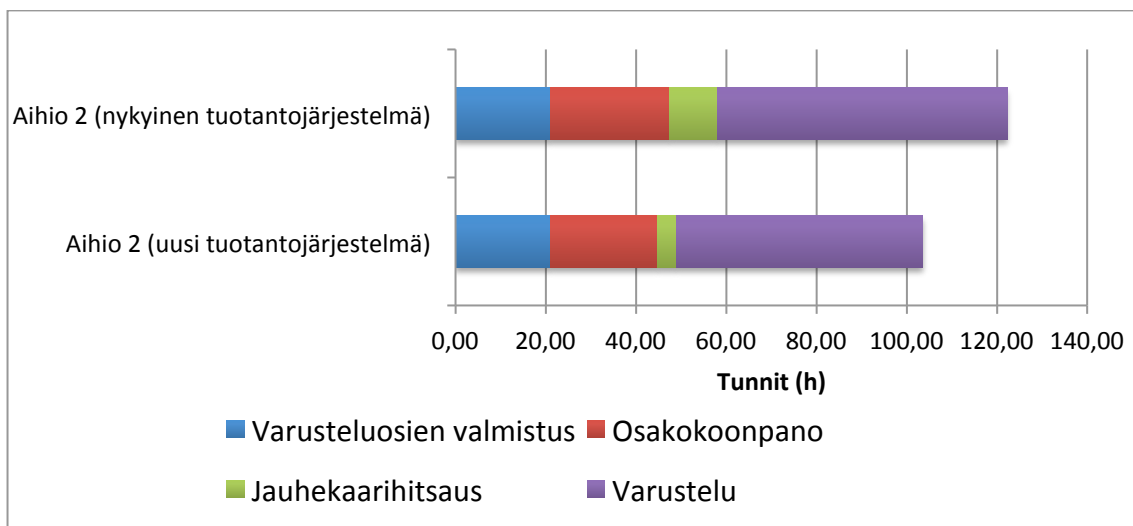
% Jauhekaarihitsauksen läpäisyajan lyheneminen saatiin tarkasti vanhoista tiedoista. Osakokoonpanon ja varustelun lyheneminen arvioitiin uusien työpisteiden sijaintien tuomien etujen kautta, kuten välivarastointipaikkojen poistumisella käytävältä ja työpisteiden muunneltavuudella. Varusteluosien valmistuksen läpäisy aikaan uusi tuotantojärjestelmä ei vaikuttaisi. Varusteluosien valmistuksen lyheneminen vaatisi investointeja varusteluosien valmistukseen tarvittaviin koneisiin sekä lisää työntekijöitä osien valmistukseen.

Kuvasta 14 nähdään aihio 1:n läpäisyajat nykyisessä ja uudessa tuotantojärjestelmässä. Nykyisessä tuotantojärjestelmässä aihion valmistamiseen kestää kokonaisuudessaan noin 74 tuntia, josta eri työnvaiheisiin kuluu taulukon 1 mukaiset ajat.



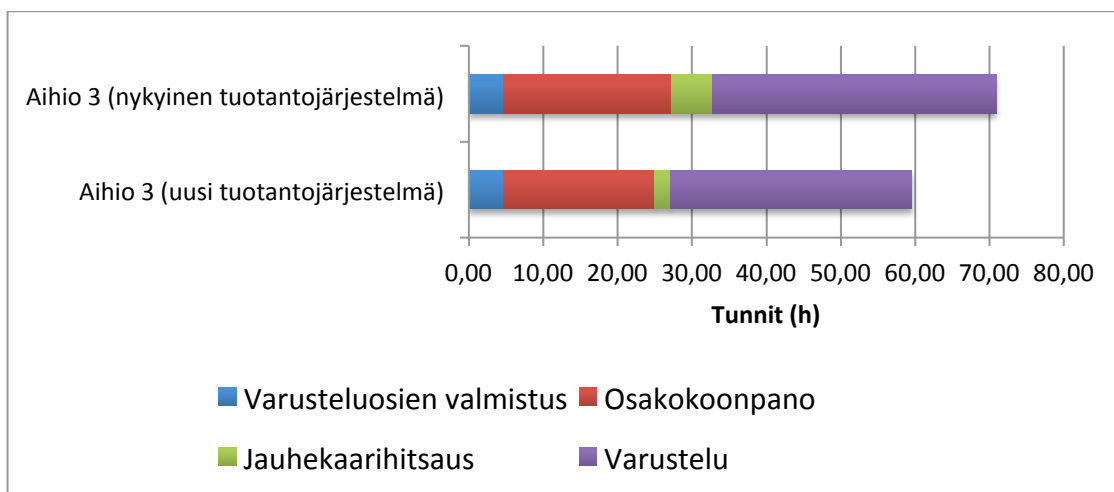
KUVA 14. Aihio 1:n läpäisyajat nykyisessä ja uudessa tuotantojärjestelmässä

Kuvasta 14 nähdään, kuinka aihio 1:n valmistuksen läpäisy aika muuttuisi, kun osakokoonpano lyhenisi 10 %, jauhekaarihitsaus 69 % ja varustelu 15 %. Uudessa tuotantojärjestelmässä läpäisy aika lyhenisi 74 tunnista noin 65 tuntiin, eli noin 12 %. Kuvasta 15 nähdään, läpäisy aikojen lyhenemiset aihio 2:lle.



KUVA 15. Aihio 2:n läpäisyajat nykyisessä ja uudessa tuotantojärjestelmässä

Aihio 2:n työvaiheiden läpäisyajat lyhenisivät samassa suhteessa kuin aihio 1:n, jolloin valmistuksen kokonaislöpäisy-aika lyhenisi 122 tunnista 104 tuntiin, eli noin 15 %. Kuten aihio 1:ssä, niin myös aihio 2:n jauhekaarihitsaus ja varustelu lyhenisivät huomattavasti. Kuvasta 16 nähdään valmistuksen läpäisyajojen lyhenemiset aihiolle 3.



KUVA 16. Aihio 3:n läpäisyajat nykyisessä ja uudessa tuotantojärjestelmässä

Kuvasta 16 nähdään, että aihio 3:n valmistuksen läpäisy-aika lyhenisi 71 tunnista 60 tuntiin, eli noin 16 %. Tuloksissa pitää huomioida se, että läpäisyajan lyhentymiset eri työvaiheissa ovat arvioita. Arviot perustuvat yrityksen viimeisimpien projektien valmistusaikoihin, jotka sisältävät turhaa työtä. Turhaa työtä

ovat muun muassa siirrot ja muut arvoa tuottamattomat työt, kuten työkalujen etsimiset ja aihoiden välivarastoinnit. Vaikka varustelupisteitä olisi uudessa layoutissa tuplasti nykyiseen verrattuna, itse varustelun työaika ei nopeutuisi huomattavasti.

Työssä arvioitiin siirtojen vähenemisen ja työpisteiden paremman järjestyksen vähentävän arvoa tuottamattoman työn määrää ja näin ollen nopeuttavan valmistusprosessia eniten. Asetusaikoja ei uudella layoutilla saada vähennettyä, vaan se vaatisi suurempia investointeja työpisteisiin, kuten työpisteiden asennusalojen muokattavuuden helpottamista. Tuottava työaika ei lyhenisi merkittävästi uuden layoutin ansiosta, joten työaikojenkin lyhentäminen vaatisi investointeja laitteisiin ja lisää työntekijöitä tuotantoon.

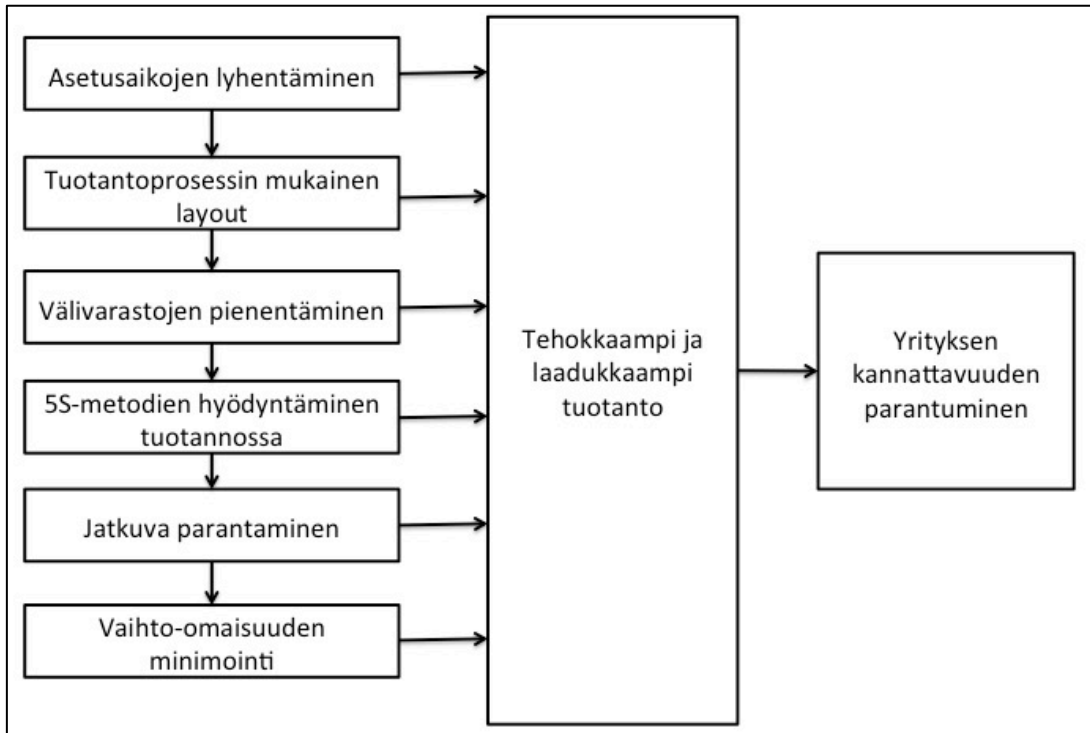
8.3 Tuotannon ohjattavuus

Työnjohtajat voisivat pitää ennen uutta projektia aloituspalaverin, jossa käytäisiin projektiin liittyviä asioita läpi. Projektin aikana voisi myös pitää palavereita, joissa käsiteltäisiin käynnissä olevan projektin etenemistä ja mahdollisia uusia muutoksia projektiin liittyen. Kuitenkin projektin aikana palavereita ei olisi pakollista pitää, jos projektissa ei tapahdu mitään muutoksia tai muuta erityistä, josta pitäisi tiedottaa työntekijöitä. Palavereilla työntekijöiden motivaatiota voitaisiin parantaa, kun he olisivat tietoisia uusista muutoksista ja tulevista projekteista.

Uusi layout ja selkeämpi tuotantoprosessi antaisivat myös hyvät edellytykset paremmalle informaation kulle. Selkeät työpisteet vaikuttaisivat positiivisesti informaation kulkuun ja tuotannon visuaaliseen ohjattavuuteen. Informaation kulkua voitaisiin myös edistää työpistekohtaisilla ilmoitustauluilla, joista löytyisi työhöjeet ja käynnissä olevien projektien piirustukset sekä muita tärkeitä asioita.

8.4 Yrityksen kannattavuuden parantaminen

Yrityksen kannattavuutta parannettaisiin, kun tuotantoa kehitettäisiin ja pyritäisiin parantamaan tuotantoa jatkuvasti. Kuvasta 17 nähdään, kuinka tuotannon kehittämisellä ja vaihto-omaisuuden pienentämisellä vaikutettaisiin yrityksen kannattavuuden paranemiseen.



KUVA 17. Yrityksen kannattavuuden parantaminen

Kuvasta 17 nähdään, että asetusajkojen lyhentämisellä, hyvällä layoutilla, pienillä välivarastoilla, 5S-metodin hyödyntämisellä, jatkuvalla parantamisella ja vaihto-omaisuuden minimoinnilla tuotannosta saadaan tehokkaampi. Kaikkia näitä keinoja ei tarvitse toteuttaa, vaan jo yhdelläkin keinolla tuotantoa saadaan parannettua, mikä samalla parantaa yrityksen kannattavuutta.

8.5 Riskit ja haasteet tuotantojärjestelmän uudistamisessa

Tuotantojärjestelmän muuttaminen sekä investointi uuteen laitteistoon sisältävät myös riskejä, jotka yrityksen täytyy huomioida. On ensiarvoisen tärkeää tietää tarkasti mitkä tuotannon työvaiheista vaativat muutoksia ja kohdistaa muutokset näihin työvaiheisiin. Jos yritys tekee tuotantoon muutoksia ilman tarkempia tutkimuksia, tästä voi tulla suuriakin kustannuksia yritykselle ja muutokset voivat pahimmillaan hidastaa läpäisyäikää.

Uuden tuotantojärjestelmän käyttöönotossa voi ilmetä muutosvastarintaa henkilöstön keskuudessa, minkä takia henkilöstön mielipiteet kannattaa huomioida. Jos muutoksia ei tehdä yhteistyössä asentajien kanssa, muutokset voivat aihe-

uttaa tuotannon tehokkuuden heikentymistä verrattuna nykyiseen tuotantojärjestelmään.

Riskien arviointi on tarpeen tehdä ennen kuin uusi jauhekaarilaitteisto hankitaan. Jauhekaarihitsauslaitteiston kallis hankintahinta on hyvä syy arvioida riskit ja uuden laitteiston tuomat hyödyt. Uuden laitteiston käyttöönotossa täytyy huomioida riskit, jotka liittyvät henkilöstön kouluttamiseen sekä rakenteellisiin muutoksiin.

9 JATKOKEHITYSEHDOTUKSIA VALMISTUKSEN TEHOSTAMISEKSI

Jatkokehityksenä valmistuksen tehostamiseksi olisi läpinäkyvä kommunikointi eri tahojen kesken, mikä auttaisi projektien tehokkaassa toteuttamisessa. Yhteistyötä projekteissa voitaisiin parantaa suunnittelijoiden ja asiakkaiden kanssa, koska tuotteiden suunnittelulla voidaan vaikuttaa suuresti tuotteiden valmistukseen. Tehokkaan tuotannon kannalta tuotteiden suunnittelua valmistusta varten pitäisi parantaa sekä järjestää suunnittelijoille ja asiakkaille mahdollisuutta tutustumaan yrityksen tuotantoon.

Työnvaiheiden vaatimia aikoja voitaisiin tutkia tarkemmin, jolloin työnvaiheiden vaatimista ajoista saataisiin tarkempi kuva. Tämä vaatisi yritykseltä pitkän aikavälin panostamista eri projektien ja työnvaiheiden vaatimien tuottamattomien sekä tuottavien töiden tarkkailuun. Jatkotutkimuksia olisi järkevä tehdä, jotta tuotannon muutokset kohdistuisivat oikeisiin työnvaiheisiin. Tällöin välttyttäisiin turhilta tuotannon muutoksilta, jotka pahimmassa tapauksessa vain heikentäisivät tuotannon toimintaa.

10 YHTEENVETO

Työssä kehitettiin hitsattavia teräsrakenteita valmistavan konepajan tuotantoa ja suunniteltiin uusi layout tuotantotilaan. Työ tehtiin osana kehitysprojektia, jonka tarkoituksena oli ottaa huomioon asiakkaiden muuttuvat tarpeet ja konekannan uudistaminen. Uutta layoutsuunnitelmaa ei otettu käyttöön tätä työtä tehdessä, vaan layoutin uudistaminen on tarkoitus toteuttaa lähitulevaisuudessa. Työn tarkoituksena oli löytää kehityskohteita, jotta tuotannosta saataisiin entistä tehokkaampi.

Työtä tehdessä selvitettiin tuotannon materiaalivirrat ja niiden perusteella koottiin kehitysehdotuksia tuotannon kehittämiseksi. Lähtökohtana layoutin suunnittelulle oli nykyiset tuotannon sekavat materiaalivirrat. Materiaalivirrat eivät tapahtu johdonmukaisesti ja materiaalien siirtelyyn kuluu liikaa aikaa. Tavoitteena oli saada materiaalivirta kulkemaan samaan suuntaan. Nykyisten materiaalivirtojen lisäksi uusi jauhekaarihitsauslaitteisto määritteli uuden layoutin tilankäyttöä, koska laitteiston ääriimitat vaativat suuremman tilan tuotantotilasta kuin nykyinen laitteisto.

Tuotannon nykyistä tilannetta tutkittiin visuaalisesti ja tutkimisessa käytettiin valmistuksen nykyisiä työaikoja hyväksi, koska tuotteet on valmistettu samalla tavalla aina. Näitä tietoja olivat nostoihin ja siirtoihin käytetyt ajat, asetusajat sekä nykyisen jauhekaarihitsauksen vaatima hitsausaika. Työssä haastateltiin tutkittavan yrityksen työntekijöitä, joilta kerättiin myös kehitysideoita, joita tätä työtä tehdessä käytettiin hyväksi.

Valmistuksen kehittämisessä mainitut keinot tuotannon tehostamiseen vaativat suurelta osin uuden layoutin käyttöönoton. Koska uuden layoutin perustana on uuden jauhekaarihitsauslaitteiston hankinta, se vaatii paljon resursseja yritykseltä. Kuitenkin tuotantoa voitaisiin myös mahdollisesti tehostaa ennen layoutin käyttöönottoa halvemmilla ja yksinkertaisimmilla ratkaisuilla. Ottamalla käyttöön 5S-metodit ja käyttämällä perinteisiä lean-tuotantotapoja parannettaisiin todennäköisesti tuotannon tehokkuutta ja tuotantotilan siisteyttä ilman suuria investointeja.

Työtä tehtäessä löydettiin kehitystarpeita nykyisestä tuotannosta ja työssä käsiteltiin erilaisia keinoja kehittää tuotantoa. Työssä saatiin läpäisyajojen lyhenemisien arviot kolmelle eri aihiolle työnvaiheittain jaettuna. Aihio 1:n läpäisy aika lyhenisi noin 12 %, aihio 2:n läpäisy aika lyhenisi noin 15 % ja aihio 3:n läpäisy aika lyhenisi noin 16 %. Nämä arviot perustuivat nykyisten aihoiden työaikoihin, joista olisi mahdollista karsia tuottamattoman työn osuutta. Tuottamattomia töitä olisivat turhat siirrot, työkalujen etsimiset ja aihoiden välivarastoinnit käytäville.

Työssä saatiin myös tulos jauhekaarihitsauksen läpäisyajan lyhenemiselle, hitsausaika lyhenisi noin 69 % nykyisestä. Läpäisyajan lyheneminen on laskettu kahden yhtä pitkän aihion hitsaamiselle. Uuden laitteiston etu on se, että sillä voidaan hitsata kaksi aihiota samaan aikaan, kun nykyisellä pystytään hitsaamaan vain yksi aihio kerrallaan. Jauhekaarihitsauksen läpäisyajan lyheneminen perustuu valmistajan antamaan tietoon hitsausajasta ja nykyisiin hitsausaikoihin, joita yrityksessä on tutkittu aikaisemmin. Todellisuudessa jauhekaarihitsauksen läpäisy aika ei välttämättä heti ole 69 % nopeampi kuin nykyään, koska työntekijöitä täytyy kouluttaa laitteiston käyttöön, jotta laitteisto toimisi täydellä kapasiteetilla.

Työssä löydettiin keinoja, joilla yrityksen kannattavuutta voitaisiin mahdollisesti parantaa ilman suuria investointeja. Esimerkiksi työpisteitä järjestelemällä ja työpisteiden omilla työkalukaapeilla saataisiin visuaalista ohjausta parannettua. Työssä löydettiin mahdollisia riskejä, joita voi ilmetä uuden tuotantojärjestelmän käyttöönotosta seurauksena.

Työtä tehtäessä löydettiin myös jatkokehitysehdotus yhteistyön lisäämisestä tilaajien, suunnittelijoiden ja valmistuksen välille. Kehitysprojektissa eri työnvaiheiden tarvitsemien aikojen tarkempi tarkastelu helpottaisi löytämään tuotannon työnvaiheiden kehitystarpeita. Kun työnvaiheiden työajoista saataisiin tarkemmat tulokset, yritys pystyisi kohdentamaan tuotannon tehostamisen vaatimukset oikeisiin työnvaiheisiin.

Tutkittava yritys pystyisi suurilla investoinneilla mahdollisesti tehostamaan tuotantoaan työpisteitä muuttamalla niin, että työpisteille rakennettaisiin siirtopöy-

tiä, kuljettimia ja helposti muunneltavia työalustoja. Myös nosturikapasiteettia lisäämällä saataisiin keskeneräisen työn osuutta vähennettyä, kun työntekijöiden ei tarvitsisi odotella nostureiden vapautumista.

Työn kannalta olisi ollut hyvä, jos uusi layout olisi saatu toteutettua käytännössä ja uusi jauhekaarilaitteisto hankittua. Tuolloin tuotannon läpäisyajoista olisi saatu konkreettisia tuloksia, joita olisi voitu verrata vanhaan tuotantojärjestelmään. Myös nykyisten työvaiheiden työaikojen mittaamiseen olisi voinut varata aikaa enemmän, jolloin työvaiheiden työajoista, asetusajoista, siirroista ja muista työajoista olisi saatu tarkempia tuloksia.

LÄHTEET

Al-Aomar, Raid A. 2011. Applying 5S LEAN Technology: An infrastructure for continuous process improvement. World Academy of Science, Engineering and Technology vol. 5. Saatavissa: <http://waset.org/Publication/applying-5s-lean-technology-an-infrastructure-for-continuous-process-improvement/930>.

Hakupäivä 19.2.2015.

Anvari, Alireza – Hojjati, Seyed Mohammad Hossein – Ismail, Yusof 2011. A Study on Total Quality Management and Lean Manufacturing: Through Lean Thinking Approach. World Applied Sciences Journal 12. IDOSI Publications. Saatavissa:

http://www.improvegroup.net/images/ig_library_downloads/Case_Study.pdf.

Hakupäivä 3.2.2015.

Arleo, Maria Antonietta – Borgia, Orlando – De Carlo, Filippo – Tucci, Mario 2013. Layout Design for a Low Capacity Manufacturing Line: A Case Study. International Journal of Engineering Business Management vol. 5. Intechopen. Saatavissa:

http://www.intechopen.com/books/international_journal_of_engineering_business_management/layout-design-for-a-low-capacity-manufacturing-line-a-case-study. Hakupäivä 24.2.2015.

Cochran, David S. – Duda, James W. – Linck, Jochen – Taj, Shahram 1998. Simulation and production planning for manufacturing cells. Los Alamitos: IEEE Computer Society Press. Saatavissa: <http://www.informs-sim.org/wsc98papers/131.PDF>. Hakupäivä 3.2.2015.

Eloranta, Eero – Räisänen, Juha 1986. Ohjattavuusanalyysi, tutkimus tuotannon ja sen ohjauksen kehittämisestä Suomessa. Sarja B, nro 85. Helsinki: SIT-RA.

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

Heragu, Sunderesh S. 2008. Facilities Design. 3rd edition. CRC Press. Saatavissa: <https://books.google.fi/books?id=AgDMBQAAQBAJ&hl=fi>. Hakupäivä 3.2.2015.

Hitomi, Katsundo 1996. Manufacturing Systems Engineering: A Unified Approach to Manufacturing Technology, Production Management and Industrial Economics. 2nd edition. CRC Press. Saatavissa: <https://books.google.fi/books?id=7ooQ0iNzocYC&hl=fi>. Hakupäivä 3.2.2015.

Jones, Daniel T. – Roos, Daniel – Womack, James P. 1990. The Machine that changed the world. New York: Macmillan Publishing Company.

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

Melton, Trish 2005. The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. Chemical Engineering Research and Design, 83. Elsevier B.V. Saatavissa: <http://mimesolutions.com/PDFs/WEB%20Trish%20Melton%20Lean%20Manufacturing%20July%202005.pdf>. Hakupäivä 18.2.2015.

Miller, Geoff – Pawloski, Janice – Standridge, Charles 2010. A case study of lean, sustainable manufacturing. Journal of Industrial Engineering and Management. OmniaScience. Saatavissa: <http://www.jiem.org/index.php/jiem/article/view/156/50>. Hakupäivä 18.2.2015.

Neilimo, Kari – Uusi-Rauva, Erkki 2007. Johdon laskentatoimi. 6.–8. painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

Russel, Roberta – Taylor, Bernard 2011. Operations Management. 7th edition. John Wiley & Sons Ltd.

Sakki, Jouni 1994. Logistinen materiaalin ohjaus. Espoo: MH-Konsultit Oy.

Telsang, Martand T. 2007. Production Management. S. Chand. Saatavissa: <https://books.google.fi/books?id=K0ILAgAAQBAJ&hl=fi>. Hakupäivä 3.2.2015.

Tuotantotyöntekijät 2015. Normek Oy, Oulu. Haastattelut 23.2.2015.

