

Layoutsuunnittelu ja tuotannonohjauksen kehityssuunnitelma

Profile Vehicles Oy:lle

Sami Kvick

Opinnäytetyö

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Sami Kvick			
Työn nimi Layoutsuunnittelu ja tuotannonohjauksen kehityssuunnitelma			
Päiväys	12.4.2012	Sivumäärä/Liitteet	32
Ohjaaja(t) yliopettaja Esa Hietikko, projekti-insinööri Juhani Niiranen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Profile Vehicles Oy			
Tiivistelmä			
<p>Tämän opinnäytetyön aiheena oli suunnitella erikoisajoneuvovalmistaja Profile Vehicles Oy:lle uusi layout. Opinnäytetyöhön kuului lisäksi yrityksen tuotannonohjauksen ja muuttuneen varastoinnin alustava suunnittelu. Nykyisen layoutin suunnittelun lähtökohtana on ollut mahdollisimman joustava tuotanto, mikä vastaavasti näkyi tuotannon tehottomuutena ja hankalana ohjattavuutena. Volyymin kasvun myötä nykyinen layout oli käymässä liian tehottomaksi. Opinnäytetyön tavoitteena oli tehostaa materiaalien virtausta ja tuotannonohjausta uuden layoutin ja paremman materiaalinhallinnan avulla. Opinnäytetyössä käydään lisäksi läpi sekä layoutsuunnittelun että tuotannon- ja materiaalinohjauksen teoriaa.</p> <p>Layoutsuunnittelu käsitti tuotantolinjan suunnittelun ja osavalmistussolujen uudelleensijoittelun. Layoutin suunnittelu toteutettiin SolidWorks-ohjelmalla, jolla laadittiin uudesta layoutista kokoonpano ja työkuvat, joiden avulla layoutmuutos voidaan toteuttaa. Tämän lisäksi opinnäytetyössä tehtiin selvitystä siitä, miten tuotannonohjausta ja materiaalinohjausta voitaisiin kehittää layoutmuutoksen yhteydessä. Selvitystyö tehtiin tässä opinnäytetyössä esiteltyjen tuotannon- ja materiaalinohjauksen teorioiden pohjalta.</p> <p>Tuloksiksi opinnäytetyöstä saatiin valmis karkean tason layoutsuunnitelma ja työkuvat. Tämän lisäksi tuloksena oli arvovirta-analyysi nykyisestä tuotannosta, layoutmuutoksen alustava budjetti ja esiselvitys tuotannon- ja materiaalinohjauksen kehittämistä. Lisäksi työssä pohdittiin, mitä layoutmuutos vaatii ja miten yrityksen kannattaa viedä suunnitelmaa eteenpäin. Yritys oli tyytyväinen tuloksiin, ja valmis layoutsuunnitelma on tarkoitus ottaa käyttöön tulevaisuudessa.</p>			
Avainsanat layout, tuotannonohjaus, arvovirta-analyysi, vsm, imuohjaus			
salainen			

SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
THESIS

Abstract

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Sami Kvick			
Title of Thesis Layout Plan for Profile Vehicles Ltd			
Date	April 12, 2012	Pages/Appendices	32
Supervisor(s) Mr. Esa Hietikko, Senior Lecturer, Mr. Juhani Niiranen, Project Engineer			
Client Organisation/Partners Profile Vehicles Ltd.			
Abstract <p>The topic of this final year project was to design a new layout solution for Profile Vehicles Ltd to improve efficiency of production. Profile Vehicles Ltd is the market leader of special vehicles in Finland and their main products are ambulances. Another topic of this project was to make a preliminary plan of a new layout for production and material management. The basis of the current layout has been as flexible production as possible which on the other hand means that production is ineffective and hard to control, especially now that the demand of the production has increased. The aim of the project was to enhance material flow and make production management easier. In addition to planning, this thesis discusses the principles of layout design and theory about production management.</p> <p>Layout design comprised the planning of a production line and repositioning of product focused cells. Layout was designed with SolidWorks software which was used to make a 3D-model and drawings of the new layout. With the model and the drawings it is possible to carry out the changes in the layout. In addition, a preliminary research was made about how to improve the material management and production control in the new layout.</p> <p>As a result of this project there was a layout plan with necessary drawings. A value stream mapping of the recent production, tentative budget of the change in the layout and the preliminary research about enhancing production mentioned previously and material control in the new layout were made as well. In addition, it was also considered what this kind of layout change requires from the company and how the company should proceed when planning this layout further. The company was satisfied with the results and the layout plan will be implemented in the near future.</p>			
Keywords layout, production control, production management, value stream mapping, pull control			

ALKUSANAT

Haluan kiittää Profile Vehicles Oy:n tuotantojohtajaa Tero Halosta mielenkiintoisesta ja haastavasta opinnäytetyön aiheesta. Kiitokset myös koko Profile Vehicles Oy:n henkilöstölle opinnäytetyöhön saamastani avusta. Lisäksi iso kiitos ohjaajilleni yliopettaja Esa Hietikolle ja projekti-insinööri Juhani Niiraselle sekä Iisalmen yksikön yrityspalvelupäällikölle Pentti Haloselle, jonka ansiosta sain mahdollisuuden tehdä työni Profile Vehicles Oy:lle.

Kuopiossa 12.4.2012

Sami Kwick

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	6
2	PROFILE VEHICLES OY.....	7
3	LAYOUTSUUNNITTELUN TEORIAA.....	8
3.1	Layouttyypit.....	8
3.1.1	Funktionaalinen layout.....	9
3.1.2	Tuotantolinja	10
3.1.3	Solulayout	11
3.2	Layoutin valinta ja suunnittelu	12
3.2.1	Funktionaalisen layoutin suunnittelu	13
3.2.2	Tuotantolinjan suunnittelu	15
3.2.3	Solulayoutin suunnittelu.....	16
4	TUOTANNONOHJAUKSEN TEORIAA.....	18
4.1	Lean johtamisfilosofiana	18
4.2	JOT-tuotanto.....	19
4.3	Työntöohjaus	19
4.4	Imuohjaus	20
4.5	Kanban-järjestelmä.....	22
4.6	5S-menetelmä.....	23
4.7	Arvovirta-analyysi	25
5	NYKYISET TUOTANTOPROSESSIT	27
6	NYKYINEN LAYOUT JA TUOTANNON ONGELMAT	28
7	SUUNNITTELU TYÖ.....	29
8	YHTEENVETO	30
	LÄHTEET	31

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella iisalmelaiselle vuonna 1982 perustetulle erikoisajoneuvojen valmistajalle Profile Vehicles Oy:lle uusi layout. Opinnäytetyöhön kuuluu myös yrityksen tuotannonohjauksen ja muuttuneen varastoinnin alustava suunnittelu. Opinnäytetyössä käydään lisäksi läpi layoutsuunnittelun sekä tuotannon- ja materiaalinohjauksen teoriaa. Suunnittelussa on joitain tuotantotiloista johtuvia rajoituksia, mutta muuten layoutsuunnittelu koskee koko tehdasta ja tarkoituksena onkin, että layoutiin ja tuotannonohjaukseen saataisiin tuotua ulkopuolista näkemystä.

Nykyisen layoutin suunnittelun lähtökohtana on ollut mahdollisimman joustava tuotanto, mikä vastaavasti näkyy tuotannon tehottomuutena ja hankalana ohjattavuutena. Volyymien kasvun myötä nykyinen layout on käymässä liian tehottomaksi. Opinnäytetyön tavoitteena on tehostaa materiaalien virtausta ja tuotannonohjausta uuden layoutin ja paremman materiaalinhallinnan avulla. Layoutmuutos on osa yrityksen isompaa strategista linjausta vuodelle 2012. Tästä syystä suurin osa aineistosta on toimeksiantajan pyynnöstä salattu.

Opinnäytetyö on jatkoa syksyllä 2011 yritykseen tekemälleni tuotannonprojektille, jonka aiheena oli tehdä esiselvitys nykyisestä layoutista. Lisäksi olin yrityksessä töissä kesällä 2011, jolloin pystyin tutustumaan hyvin yrityksen tuotantoon ja sen kehittämiskohteisiin. Suunnittelutyö toteutetaan SolidWorks-ohjelmalla ja käytettävissä olevien 3D-mallien pohjalta layoutista laaditaan työkuvat, joiden pohjalta layoutin muutos toteutetaan. Suunnittelutyö tehdään tiiviissä yhteistyössä yrityksen kanssa, millä varmistetaan toimeksiantajaa tyydyttävä ratkaisu.

2 PROFILE VEHICLES OY

Profile Vehicles (myöhemmin PV) on iisalmelainen erikoisajoneuvojen valmistaja. PV:n päätuotteita ovat ambulanssit, joiden lisäksi PV valmistaa pikkubusseja ja muita erikoisajoneuvoja. Yritys on tullut tunnetuksi muotoilustaan ja moduloituvasta tuotarakenteestaan. Moduulirakenteeseen perustuva tuotanto tarkoittaa käytännössä sitä, että sisustuskomponentit valmistetaan erikseen osavalmistuksessa ja asennetaan linjassa valmiina moduleina ambulanssiin. PV rakentaa ambulansseja pääasiassa MB Sprinter ja VW Transporter -pakettiautoista. Tehtaalta tulevasta alustasta puretaan pois varustelutyön tiellä olevat osat, minkä jälkeen siihen asennetaan osavalmistuksen valmistamina asennusvalmiina moduuleina mm. katto ja potilastilan seinät. Tämän lisäksi ambulanssin varusteluun kuuluu runsaasti sähkö- ja tietoteknisten laitteiden asennusta ja potilastilan varustelua. (Repo s.a.)

PV perustettiin vuonna 1982 nimellä likori Ky. Perustajajäseniä olivat Kosti Repo, Keijo Repo ja Matti Sollo, joilla kaikilla oli aiempaa taustaa erikoisajoneuvojen valmistuksesta Erikoiskori Oy -nimisestä yrityksestä, jonka päätoimialaa olivat korien valmistus linja-autoihin. Yrityksen toiminta alkoi Iisalmen kaupungilta vuokratuissa tiloissa ja ensimmäinen oma tehdasrakennus rakennettiin vuonna 1985 Iisalmeen Muovikadulle. (Repo s.a.)

Yrityksen tuotevalikoimaan kuului 2,5–4,6 tonnin painoiset erikoisajoneuvot ja päätuotteeksi muodostuivat ambulanssit. likori Ky nousikin nopeasti Suomen johtavaksi ambulanssivalmistajaksi. Vuonna 1992 perustettiin Profile component Oy, jonka tarkoituksena oli keskittyä kehitys- ja vientityöhön. Profile component Oy:n perustivat Kosti, Keijo ja Marko Repo sekä Matti Sollo, ja sen omistaja oli likori Ky. Viennin osuuden kasvaessa alkoivat silloiset tuotantotilat käydä pieniksi. Vuonna 2001 koko tuotanto siirtyi uusiin tiloihin Iisalmen eteläpuolelle Yrittäjätie 1:een. Vuotta myöhemmin emoyhtiön nimi muutettiin nykyiseen muotoon Profile Vehicles Oy. (Repo s.a.)

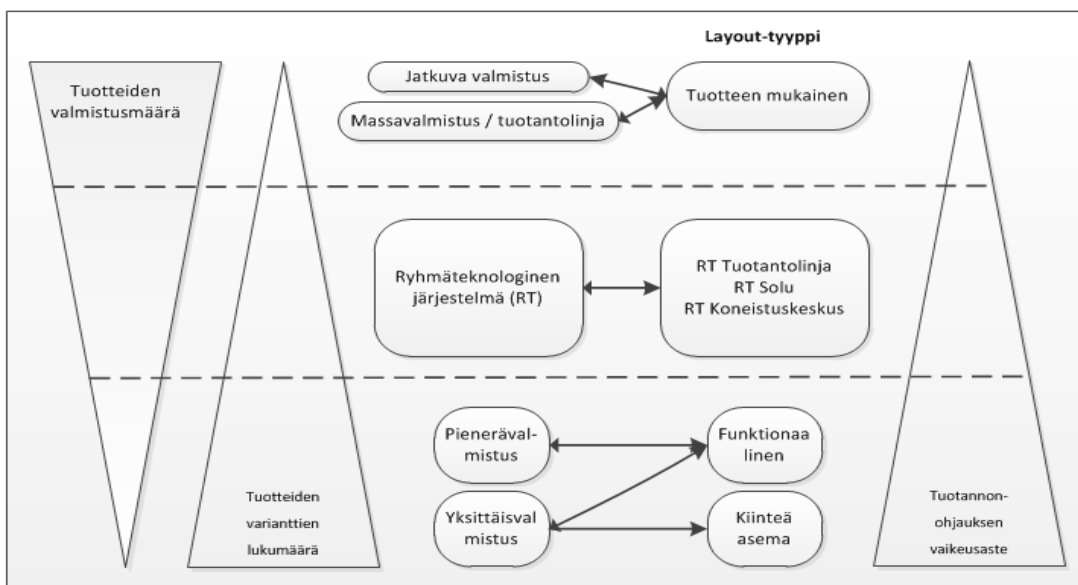
PV:llä on tytäryhtiöt Ruotsissa, Isossa-Britanniassa ja Virossa. Iisalmen toimipisteen lisäksi tuotantoa on Virossa, muut tytäryhtiöt pyörittävät myyntiä ja jälkimarkkinointia. Nykyisin yritys valmistaa vuodessa Iisalmen toimipisteessä yli 200 ajoneuvoa, joista pääosa menee pohjoismaihin. PV työllistää noin 100 työntekijää Suomessa ja ulkomailla. Yrityksen liikevaihto vuonna 2010 oli 13,1 miljoonaa euroa (Tulostiedote 2011).

3 LAYOUTSUUNNITTELUN TEORIAA

Layout on vakiintunut termi, jolla tarkoitetaan tuotantojärjestelmän fyysisten osien, kuten koneiden, laitteiden, varastopaikkojen ja kulkureittien sijoittelua tehtaassa (Haverila, Uusi-rauva, Kouri & Miettinen 2009, 475). Näin ollen layout määrittää myös sen, miten materiaalit, ihmiset ja informaatio virtaavat tuotantoprosessin läpi. Pienillä layoutin muutoksilla, kuten siirtämällä jotain yksittäistä konetta, voidaan vaikuttaa huomattavasti tuotannon materiaalivirtoihin. Toimivilla materiaalivirroilla puolestaan parannetaan koko tuotannon tehokkuutta, pienennetään varastoja ja vähennetään keskeneräisen työn määrää. (Allington 2006.) Toisin sanoen onnistuneessa layoutissa tuotanto virtaa paremmin koko tuotantoprosessin läpi.

3.1 Layouttyypit

Layout jaetaan kolmeen päätyyppiin: funktionaaliseen sekä solu- ja tuotantolinjalayoutiin. Oikean layouttyypin valinta riippuu valmistettavan tuotteen varioituvuudesta ja tuotantomäärästä. Kuvioista 1 nähdään, miten layouttyypin valinta riippuu tuotannon luonteesta ja miten se vaikuttaa tuotannonohjaukseen. Funktionaalinen layout soveltuu pienivolyymisten, mutta suuresti varioituvien tuotteiden tuotantoon. Tuotantolinjalayout tulee kysymykseen, kun tuotetaan suuria määriä vakiotuotteita. Vastaavasti solutuotanto asettuu näiden kahden ääripään väliin ja soveltuu tuotantoon, jossa eräkoot vaihtelevat ja tuotteilla on rajattu määrä erilaisia variantteja. (Allington 2006.)



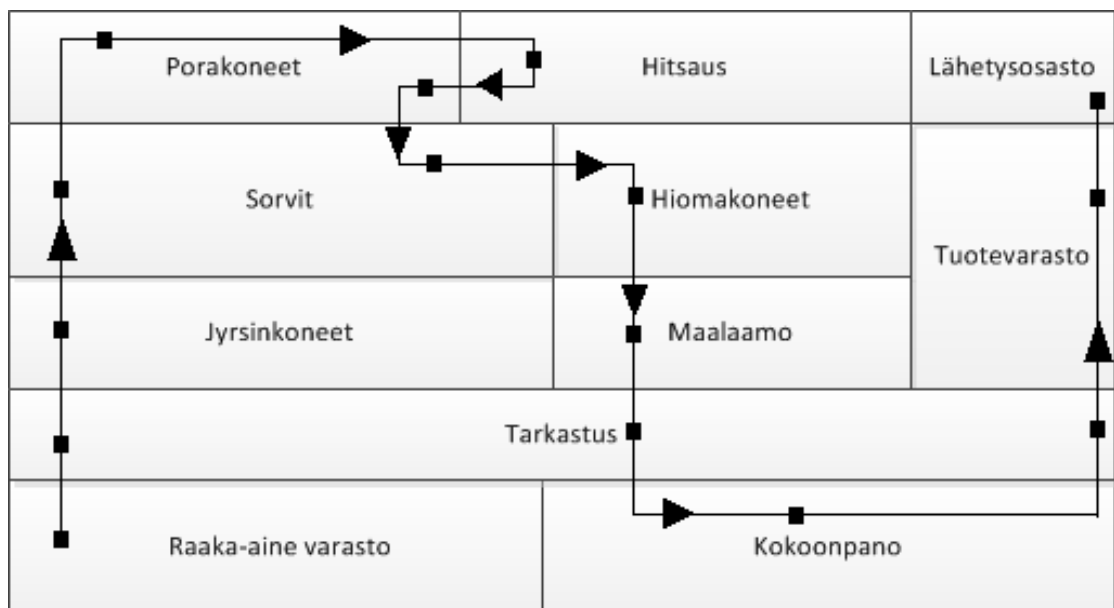
KUVIO 1. Layouttyypin valinta (Peltonen 1988, mukaillen)

3.1.1 Funktionaalinen layout

Funktionaalisessa layoutissa koneet sijoitetaan siten, että samanlaisista työvaiheista vastaavat työkoneet sijoitetaan samaan paikkaan, jolloin koneet muodostavat oman osaston, joka keskittyy tietyn funktion (leikkaus, hitsaus, jne.) suorittamiseen (Haverila ym. 2009, 476).

Toisaalta monet tuotteet vaativat useampia työvaiheita, jolloin tuote voi joutua kulkemaan pitkiäkin matkoja osastolta toiselle. Eri tuotteiden kulkiessa tehtaassa ristiin rastiin ovat materiaalivirrat usein sekavia ja tuotannonohjaus siten hankalaa. Lisäksi pitkien kuljetusmatkojen takia materiaalien kuljetus- ja käsittelykustannukset voivat nousta korkeiksi. Korkeiden suorien kustannusten lisäksi pitkät kuljetukset ja hankala tuotannonohjaus aiheuttavat sen, että pääomaa sitoutuu välivarastoihin ja kesken-eräiseen tuotantoon. (Haverila ym. 2009, 476.)

Funktionaalisen layoutin etuja ovat, että se on yleensä halpa toteuttaa ja tuotanto on joustavaa. Joustavuudella tarkoitetaan sitä, että tuotannossa voidaan valmistaa suuresti varioituvia tuotteita ja uuden tuotteen ottaminen tuotantoon käy helposti (Haverila ym. 2009, 476–477). Näin ollen funktionaalinen layout soveltuu hyvin esimerkiksi pienten konepajojen tuotantoon, joissa valmistetaan paljon yksittäisiä tuotteita. Esimerkki funktionaalisen layoutin materiaalinkulusta on esitetty kuviossa 2.



KUVIO 2. Funktionaalisen layoutin materiaalinkulku (Haverila ym. 2009, 477 mukailen)

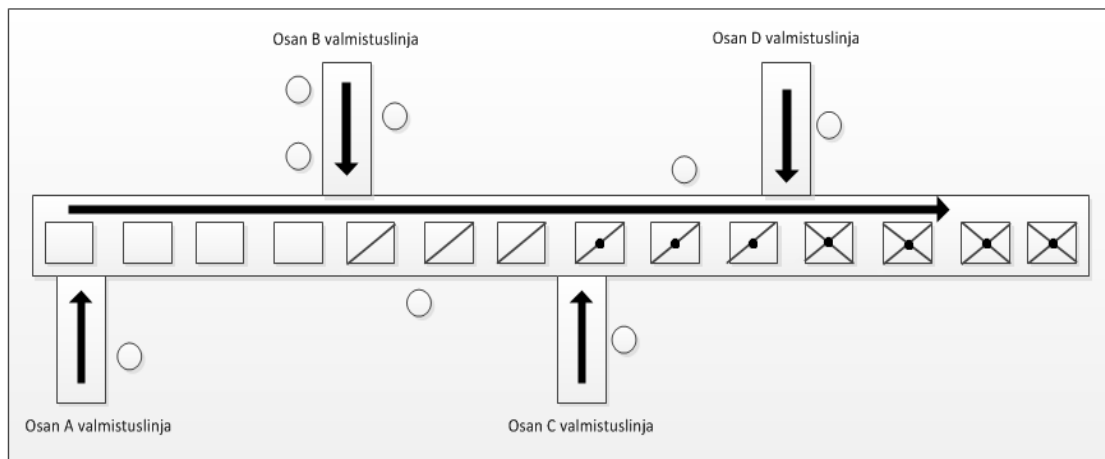
3.1.2 Tuotantolinja

Tuotantolinjassa koneet ja resurssit on sijoitettu siten, että tuotteet kulkevat linjaston läpi pisteeltä toiselle työvaiheiden edellyttämässä järjestyksessä. Tuotantolinjassa niin jalostava työ kuin työpisteiden välinen logistiikka voi olla pitkälti automatisoitu. Tuotantolinja on erikoistunut tekemään jotain tiettyä tuotetta suurina sarjoja. Tällöin tuotanto on toistuvaa, minkä ansiosta tuotannonohjaus on helppoa. (Haverila ym. 2009, 475–476.)

Tuotantolinjan ohjauksessa käytetään hyväksi ns. fifo-periaatetta (first in - first out). Ohjaustavalla sidotaan työjärjestys kappaleen tullessa linjaan eikä suuria muutoksia tuotteiden järjestyksessä linjalla sallita. Tällä ohjauksella päästään tilanteeseen, jossa läpäisyajat ovat yleensä lyhyitä, tuotteet läpäisevät tuotannon varmasti ja suuretkin erät voidaan jakaa pienempiin kokonaisuuksiin. Toisaalta linjalla esiintyy seisovia resursseja, koska tuotantoa ei saada täysin tasattua. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 84.)

Tuotantolinjan rakentaminen on kallista, mutta vastaavasti yksittäisen tuotteen yksikköhinta saadaan tuotantolinjalla painettua alas. Toimivan linjaston edellytys on, että linja on koko ajan kuormitettuna ja tuotantomäärät suuria. Ongelmana tuotantolinjassa on, että se on erittäin häiriöaltis ja yhdellä pisteellä tapahtua häiriö pysäyttää koko linjan. Tämä korostaa laadunvalvonnan merkitystä, sillä linja voi pahimmassa tapauksessa tuottaa viallisia tuotteita samaan tahtiin kuin kunnossa olevia tuotteita. (Haverila ym. 2009, 475.) Häiriöherkkyyden vuoksi myös linjaston koneiden huollon merkitys korostuu, sillä yksi viallinen kone pysäyttää koko tuotantolinjaston, mikä tulee todella kalliiksi. Sama ilmiö voi tulla eteen myös osapuutteiden takia.

Tuotantolinja jaetaan kahteen alatyyppeihin, tahtilinjaan ja epätahtilinjaan. Tahtilinjassa kaikkia kappaleita on siirrettävä yhtä aikaa pisteestä toiseen, sillä tahtilinjassa ei ole työpisteiden välisiä puskurivarastoja. Tahtilinjassa kapasiteetti määräytyy pisimmän työvaiheen mukaan, jolloin se myös määrää linjaston tahdin eli ajan, jossa tuotteita valmistuu linjastosta. Vastaavasti epätahtilinjassa työpisteiden välillä on puskurivarasto, josta seuraava vaihe ottaa uuden kappaleen käsiteltäväksi edellisen korvatesa otetun osan uudella. Näin ollen periaatteena on, että välivarastossa on aina kaksi tuote-erää. (Lapinleimu ym. 1997, 81–83.) Kuviossa 3 on kuvattu materiaalin kulku tuotantolinjassa.



KUVIO 3. Tuotantolinjan materiaalinkulku (Haverila ym. 2009, 476 mukailten)

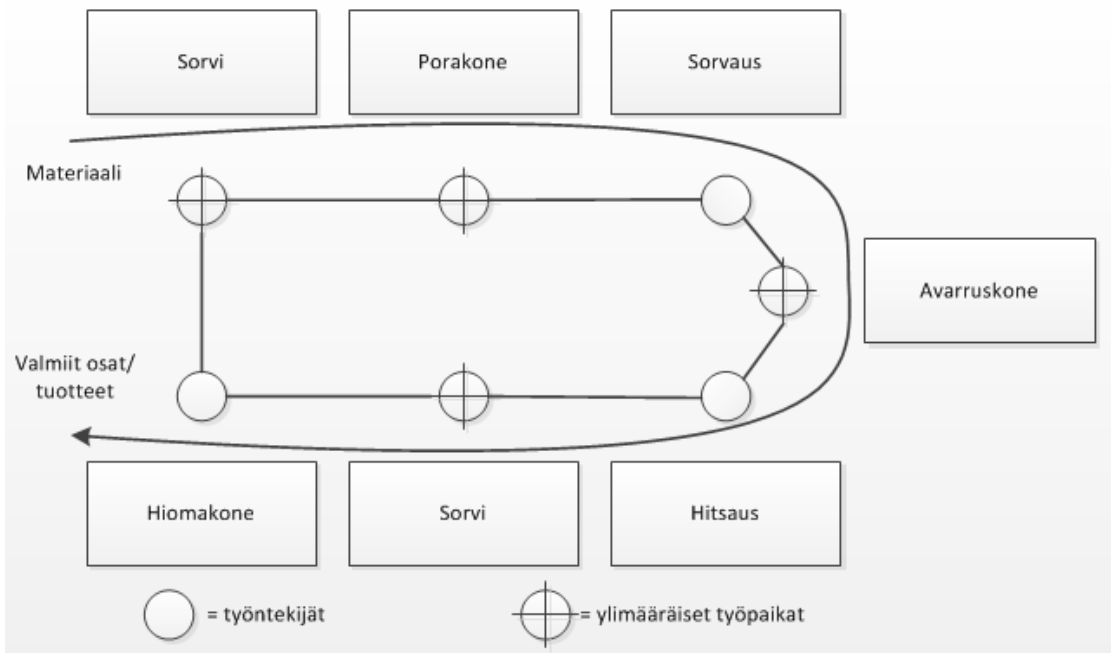
3.1.3 Solulayout

Solu muodostaa itsenäisen yksikön, jonka tehtävänä on valmistaa tiettyjä, ennalta sovittuja tuotteita. Soluun on sijoitettu vain ne koneet ja työpisteet, joita se tarvitsee valmistaa tuotteensa (Haverila ym. 2009, 477). Tuotannonohjauksellisesti solun yksikköluonne korostuu. Ohjattaessa tuotantoa impulssit koskevat koko solua ja solun on itsenäisesti huolehdittava tuotannon järjestelyistä (Lapinleimu ym. 1997, 87).

Solun valmistamat tuotteet määräytyvät joko lopputuote- tai teknologiaperusteisesti. Erona on, että lopputuoteperusteisessa solussa valmistetaan tietyt tuotteet lopputuotetta varten, kun taas teknologiaperusteisessa solussa valmistetaan lopputuotteisiin kaikki toiminnaltaan samanlaiset osat eli saman tuoteperheen osat. Hyvä esimerkki teknologiaperusteisesta solusta on solu, jossa valmistetaan kaikki yrityksen tarvitsemat akselit. Kokoonpanosolut ovat yleensä tuoteperusteisia, jolloin niiden tehtävänä on koota tietty lopputuote tai jokin moduuli, jolloin solu toimii osatoimittajana. (Lapinleimu ym. 1997, 87.)

Solun edut verrattuna tuotantolinjaan ja funktionaaliseen layoutiin ovat, että se valmistaa oman tuoteryhmänsä tuotteet joustavammin kuin linjasto ja huomattavasti tehokkaammin kuin funktionaalinen layout. Olennaista on, että solun materiaalivirrat ovat selkeitä verrattuna funktionaaliseen layoutiin eikä siinä esiinny välivarastoja. Koska tuotteella ei ole välivarastointia, tuote virtaa solussa käyden läpi kaikki tarvittavat työvaiheet ja lähtee sen jälkeen eteenpäin joko valmiina tuotteena tai puolivalmiina. (Haverila ym. 2009, 477–478.)

Joustavaan tuotantoon nähden tehokkaan tuotannon lisäksi solulayoutin valintaa puoltavat mahdollisuus työtehtävien kierrättämiseen solun työntekijöiden kesken, jolloin työ pysyy mielekkäänä, sekä helpottunut laadunvalvonta (Haverila ym. 2009, 478). Tuote kulkee siis solussa suoraan työpisteeltä toiselle, jolloin seuraava työpiste toimii laaduntarkkailijana edelliselle työpisteelle. Kuviossa 4 on esitetty u-muotoisen solun toimintaperiaate ja materiaalinkulku.



KUVIO 4. U-muotoisen solun materiaalinkulku (Haverila ym. 2009, 478 mukailten)

3.2 Layoutin valinta ja suunnittelu

Layoutsuunnittelun ensimmäinen vaihe on määrittellä yrityksen tuotannon luonne ja valita layouttyypeistä se, joka soveltuu parhaiten kyseessä olevan tuotannon lähtökohdaksi (Allington 2006). Tuotannon luonteen vaikutusta layouttyyppin valintaan on käsitelty sekä luvussa 3.1 että kuviossa 1. Tuotannon lopullinen layout on lähes aina jonkinlainen kompromissi eri layouttyypeistä, sillä yksikään niistä ei itsessään yleensä pysty tarjoamaan kaikkia tuotannon tekijöitä tyydyttävää ratkaisua. (Haverila ym. 2009, 480–481.) Sopivimman layouttyyppin valinnassa voidaan käyttää apuna kuvion 1 tarjoaman alustavan arvion lisäksi taulukon 1 kaltaista hyötyarvomatriisia. Matriisissa eri layoutvaihtoehdot (A–D) on pisteytetty antamalla jokaiselle vaikuttavalle tekijälle painoarvokerroin ja arvioimalla layouttyyppin soveltuvuus kunkin tekijän osalta. (Haverila ym. 2009, 481.)

TAULUKKO 1. Hyötyarvomatriisi (Haverila ym. 2009, 481 mukailten)

Vaikuttava tekijä	Painoarvo	Vaihtoehtojen arvostelu ja painotetut pisteet				
		A	B	C	D	E
1. Materiaalinkulun tehokkuus	8	e 24	i 16	e 24	e 24	
2. Pinta-alan hyväksikäyttö	6	a 24	a 24	i 12	i 12	
3. Investointitarve	10	i 20	o 10	i 10	a 40	
4. Tuotannonohjaus	3	a 12	u 0	a 12	a 12	
5. Joustavuus laajennuksille	7	e 12	a 28	e 12	a 28	
6. Työkaluhuolto	6	a 24	o 6	i 12	i 12	
7.						
SUMMA		116	84	92	128	

a = melkein täydellinen (4) e = erittäin hyvä (3) i = hyvä (2)
o = välttävä (1) u = huono (0) x = ei toivottava (-)

Layout suunnittelun tärkein osa on materiaalivirtojen suunnittelu. Materiaalien siirtomatkojen ja -kertojen minimointi on koko detaljisuunnittelun lähtökohta. Siirtomatkojen lyheneminen vaikuttaa heti myös materiaalivirtojen selkeyteen, mikä puolestaan helpottaa huomattavasti tuotannon visuaalista ohjausta. Toinen tärkeä layoutsuunnittelussa huomioon otettava asia on muutos- ja laajenemistarpeiden huomioiminen. Tuotannon kasvaessa layoutiin voidaan joutua tekemään muutoksia, jolloin on tärkeää, että layout on joustava eikä vaikeasti siirrettävien kohteiden sijoittelua ole suunniteltu siten, että ne ovat laajenemisen esteenä. (Haverila ym. 2005, 482.)

3.2.1 Funktionaalisen layoutin suunnittelu

Funktionaalisen layoutin suunnittelu perustuu kuljetuskustannusten ja kuljetusmatkojen minimoimiseen. Lisäksi suunnittelussa tulisi pyrkiä mahdollisimman joustavaan tuotantoon (Haverila ym. 2009, 482). Funktionaalisen layoutin suunnittelussa tarvittavia pohjatietoja ovat sijoitettavien työpisteiden vaatima tila, eri työpisteiden välisten riippuvuussuhteiden määrittäminen, kuten kuljetuskustannukset pisteiden välillä sekä muut eri työpisteiden väliseen sijoitteluun vaikuttavat tekijät, kuten melu (Allington 2006).

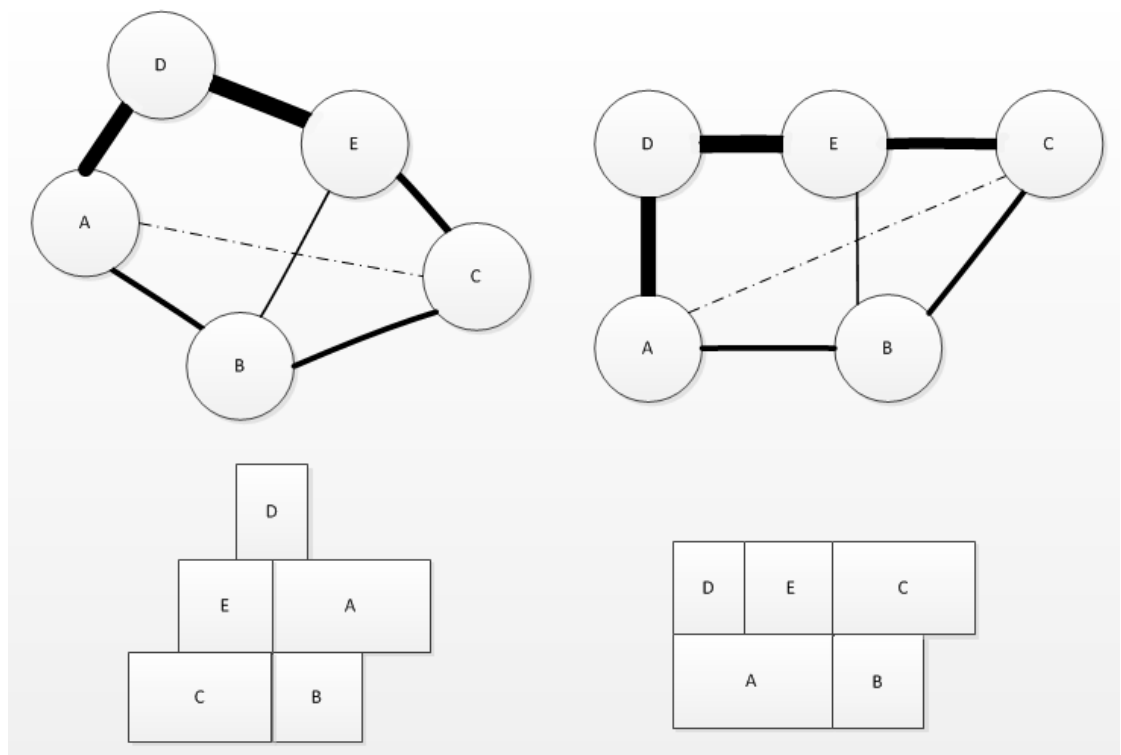
Taulukossa 2 on kuvattu eri työpisteiden välisten siirtojen aiheuttamia kustannuksia. Taulukossa on otettu huomioon siirtokerrat työpisteiden välillä, siirron yksikkökustannus ja laskettu niiden pohjalta työpisteiden välisten siirtojen kokonaiskustannukset (Allington 2006). Taulukosta nähdään, että eniten riippuvaisia toisistaan ovat pisteet A ja D sekä D ja E, kun riippuvuutta tarkastellaan logistisilla kustannuksilla. Mitä suuremmat kulut, sitä lähempänä pisteiden tulisi sijaita toisiaan.

TAULUKKO 2. Työpisteiden välisen logistiikan kustannukset (Allington 2006)

Päivittäiset kuljetuskerrat pisteiden välillä						Yksittäisen kuljetuksen kertakustannukset					
Mistä / mihin	A	B	C	D	E	Mistä / mihin	A	B	C	D	E
A		17	-	30	10	A		2	2	2	2
B	13		20	-	20	B	3		3	3	3
C	-	10		-	70	C	2	2		2	2
D	30	-	-		30	D	10	10	10		10
E	10	10	10	10		E	2	2	2	2	

Päivittäisten siirtojen kustannukset						Pisteiden välisen logistiikan kokonaiskustannukset					
Mistä / mihin	A	B	C	D	E	Mistä / mihin	A	B	C	D	E
A		34		60	20	A		73		360	40
B	39		60		60	B			80		80
C	0	20			140	C					160
D	300				300	D					320
E	20	20	20	20		E					

Taulukosta saatujen tietojen perusteella eri työpisteiden välisiä riippuvuussuhteita voidaan kuvata Mutherin yhteyssuhdepiirroksella, joka nähdään kuviossa 5. Piirroksessa työpisteiden välinen riippuvuus on sitä suurempi, mitä paksumpi viiva niiden välillä on (Allington 2006). Katkoviiva kertoo puolestaan, että pisteiden ei tulisi olla lähellä toisiaan, johon voi olla syynä esimerkiksi paloturvallisuus tai melu. Muuttamalla kuviota siten, että toisistaan eniten riippuvaiset työpisteet ovat lähekkäin, saadaan layout optimoitua (Lapinleimu ym. 1997, 310). Kuviossa 5 alustava sijoittelu näkyy vasemmalla ylhäällä ja optimoitu kuvio oikealla ylhäällä. Kuvion alapuoliset kuvat puolestaan kuvaavat eri työpisteiden vaatimaa tilantarvetta, jotka oikean puoleisessa kuviossa on järjestelty yhteyssuhdepiirroksen mukaisesti.



KUVIO 5. Mutherin yhteyssuhdepiirros ja työpisteiden järjestely (Lapinleimu ym. 1997, 309; Allington 2006 mukailleen)

3.2.2 Tuotantolinjan suunnittelu

Tuotantolinjan suunnittelun lähtökohta on, että työpisteet asetetaan työkulun mukaiseen järjestykseen. Tuotantolinjan layoutsuunnittelussa ratkaistavia ongelmia ovat materiaalivirtojen toimivuus suurivolyymisessa tuotannossa ja tuotannon tasapainottaminen. Tuotannon tasapainottamisella tarkoitetaan töiden jakamista linjan työpisteille siten, että työn suorittaminen kullakin työpisteellä veisi yhtä kauan. Linjan tasapainottamisen työkaluna käytetään tahtiaikaa. (Haverila ym. 2009, 485.)

Tahtiaika kertoo, millä tahdilla tuotteita on valmistuttava, jotta asiakaskysyntä saadaan täytettyä. Toisin sanoen työpisteellä on tahtiajan määräämän ajan verran aikaa saada oma vaiheensa tehtyä ja lähetettyä tavara eteenpäin. Tahtiaikaan ei vaikuta vaihetta tekevien ihmisten määrä. Tahtiaika lasketaan kaavasta

$$\text{Tahtiaika} = \frac{\text{Käytettävissä oleva aika}}{\text{Asiakastarve}} \quad (1)$$

jossa käytettävissä oleva aika on ajanjaksossa, esimerkiksi viikossa, tuotantoon käytettävissä oleva aika ja asiakastarve samassa ajanjak-

sossa tuotettavien tuotteiden määrä, jolla asiakastarve saadaan täytettyä. Käytettävissä olevassa ajassa otetaan huomioon mahdollisesti useammassa vuorossa tapahtuva tuotanto ja vuorossa olevat tauot, kuten ruokailut ja kahvitauot. (Department of Health and Human Services 2010.)

Tahtiaikaa voidaan käyttää tarvittavan henkilömäärän määrittämiseen kullekin työvaiheelle, jotta asiakastarve saadaan täytettyä. Henkilömäärä saadaan laskettua kaavasta

$$\text{Henkilömäärä} = \frac{\text{Jakson aika}}{\text{Tahtiaika}} \quad (2)$$

jossa jakson aika on todellinen, työvaiheen suorittamiseen kuluva aika. (Department of Health and Human Services 2010.)

Tahtiajan perusteella voidaan lisäksi laskea tarvittavien työpisteiden lukumäärä. Lukumäärä lasketaan kaavasta

$$\text{Työpisteiden määrä} = \frac{\text{Valmistusaika}}{\text{Tahtiaika}} \quad (3)$$

jakamalla tuotteen kokonaisvalmistusaika tahtiajalla. Tämän jälkeen tuotantoa voidaan tasapainottaa siirtämällä työvaiheita pisteeltä toiselle siten, että jokaisen työpisteen vaiheaika on mahdollisimman lähellä tahtiaikaa. E erityisen helposti tasapainotus onnistuu kokoonpanolinjastoissa, joissa työvaiheet eivät ole sidottu yhtä pitkälti koneisiin ja laitteisiin kuin osavalmistuksessa. (Haverila ym. 2009, 485–486.)

3.2.3 Solulayoutin suunnittelu

Tuotantosolun layoutsuunnittelu käsittää solun laajuuden (soluun sijoitettavien resurssien määrä) ja luonteen (tuote- vai teknologiaperusteinen) määrittämisen. Tämän lisäksi solun sisäiseen suunnitteluun kuuluu resurssien jako solujen kesken. Yleinen tapa jakaa valmistettavat tuotteet ja niiden valmistamiseen tarvittavat koneet soluihin on osa-vaihekaavio, jonka avulla voidaan tarkastella samanaikaisesti sekä valmistettavien tuoteperheiden että resurssien jakoa soluihin. (Allington 2006.) Taulukon 3 avulla siis saadaan selville, mitkä tuotteet käyttävät samoja resursseja keskenään, jolloin ne on järkevä valmistaa samassa solussa.

TAULUKKO 3. Osa-vaihe-kaavio (Allington 2006 mukailten)

		Tuoteperhe							
		1	2	3	4	5	6	7	8
K o n e	1						x		x
	2	x			x			x	
	3		x			x			x
	4			x			x		x
	5	x			x			x	
	6			x					x
	7				x			x	
	8		x			x			x

		Tuoteperhe							
		3	6	8	5	2	4	1	7
K o n e	4	x	x	x					
	1		x	x	Solu A				
	6	x		x					
	3			x	x	x	Solu B		
	8				x	x			
	2						x	x	x
	5					Solu C	x	x	x
	7						x		x

Analyysiä varten tuotteet on jaettu tuoteperheisiin sen mukaan, mitä koneita niiden valmistaminen vaatii. Esimerkiksi tuoteperheen 1 tuotteet käyvät koneilla 2 ja 5. Tässä vaiheessa taulukossa ei ole minkäänlaisia selviä ryhmiä, joiden perusteella soluja voitaisiin muodostaa. Alempaa taulukkoa varten rivien ja sarakkeiden järjestystä on muutettu siten, että rastit asettuvat mahdollisimman lähelle taulukon vasemmasta yläkulmasta oikeaan alakulmaan kulkevaa diagonaalia. Uudelleenjärjestelyn jälkeen samoja resursseja käyttävät tuoteperheet asettuvat lähekkäin. Tämän perusteella koneet ja tuoteperheet voidaan jakaa kolmeen soluun A, B ja C. (Allington 2006.)

Kuten taulukosta nähdään, jako solujen kesken menee harvoin tasan. Taulukon tapauksessa A-solussa valmistettava tuoteperhe 8 tarvitsee tuotantoprosessissaan konetta 3, joka on sijoitettu B-soluun. Ongelma voidaan ratkaista investoimalla kone 3 A-soluun, lähettämällä tuoteperheen 8 tuotteet A-solun jälkeen jatkojalostettavaksi B-soluun tai mikäli vastaavia tapauksia on useampia perustamalla oma erikoissolu näille jatkojalostettaville tuotteille. (Allington 2006.) Solujen sisäisen layoutin suunnittelun lisäksi solujen layoutsuunnittelu käsittää solujen sijoittelun tehtaaseen. Sijoittelussa

voidaan käyttää apuna Mutherin yhteyssuhdepiirroksella, mutta se onnistuu yleensä helposti myös ilman apukeinoja. (Lapinleimu ym. 1997, 310.)

4 TUOTANNONOHJAUKSEN TEORIAA

4.1 Lean johtamisfilosofiana

Lean on japanilaisen autoteollisuuden toimintaperiaatteisiin pohjautuva johtamisfilosofia. Lean-filosofian kolme ydinajatusta ovat arvoa lisäämättömän työn poistaminen, henkilöstön sitouttaminen yrityksen toimintaan ja jatkuvan parantamisen periaate. Lean-ajattelussa toimitusketjussa katsotaan olevan seitsemän erilaista hukkaa, joista tulee päästä eroon. Näitä hukkia ovat ylituotanto, odotusajat, tarpeeton kuljettelu, tarpeeton käsittely, tarpeettomat varastot, ylimääräinen liikkuminen ja vialliset tuotteet. Näistä tärkein on ylituotanto, joka useasti johtaa muihin arvoa lisäämättömiin ja pääomaa sitoviin prosesseihin, kuten suuriin välivarastoihin. (Greasley 2008, 76–77.)

Lean-ajattelussa pyritään luomaan yritykselle uusi kulttuuri, jossa kaikki työntekijät osallistuvat yrityksen toiminnan kehittämiseen. Työntekijöitä rohkaistaan olemaan oma-aloitteisia ja kehittämään omaa ja samalla koko yrityksen toimintaa osana jokapäiväistä työskentelyä. Tämä edellyttää työntekijöiden koulutusta ja sitouttamista yhteisiin päämääriin. Tätä ajattelutapaa kutsutaan Japanissa termillä Kaizen ja siinä painotetaan, että Leanin myötä tavoitteisiin päästään vain pitkäjänteisemmän, jatkuvan kehittämisen avulla. (Greasley 2008, 77–78.)

Lean-tuotannolle on ominaista joustavuus ja tuotanto, joka täyttää asiakkaan tarpeet mahdollisimman vähillä resursseilla. Lean-tuotannossa pyritään poistamaan kaikki lisäarvoa tuottamaton työ. Tuotantoprosessi asiakastilauksesta valmiiksi tuotteeksi pyritään pitämään niin yksinkertaisena kuin mahdollista. Olennaista on, että koko yrityksen henkilöstö saadaan sitoutettua Lean-ajatteluun ja sille tyypilliseen jatkuvan parantamisen periaatteeseen. Tämä vaatii paljon koko organisaatiolta, sillä jokainen on vastuussa omasta työstään ja vähäiset resurssit edellyttävät monitaitoista henkilöstöä. (Miettinen 1993, 61–62.) Lean-filosofian asettamiin päämääriin pääsemiseksi on sen ympärille kehitetty useita työkaluja ja tuotannonohjausperiaatteita, joiden avulla tuotantoa saadaan tehostettua ja hukkaa vähennettyä.

4.2 JOT-tuotanto

JOT-tuotanto on Japanissa kehitetty tuotantoperiaate, jossa tuotteita tuotetaan vain, kun niille on tarvetta. JOT-tuotannon lähtökohtana on asetusaikojen lyhentäminen. Tällä pyritään siihen, ettei ole välttämätöntä tehdä suuria eriä, jotta tuotanto olisi tehokasta. Kun asetusajat ovat lyhyitä, voidaan haluttu osa tai erä valmistaa milloin tahansa nopeasti, ilman että aikaa kuluu jalostamattomaan työhön. Eräkokojen pieneneminen lyhentää suoraan tuotannon läpimenoaikoja ja pienentää välivarastoja. (Haverila ym. 2009, 361.)

JOT-toimintaperiaate edellyttää selkeitä materiaalivirtoja ja selkeää layoutia, jossa kuljetusmatkat ovat lyhyitä. JOT-periaatteen mukaisesti layout suunnitellaan tuotteen työkulun ehdoilla, jolloin materiaalivirrat selkiytyvät ja kuljetusmatkat lyhenevät, mikä edelleen pienentää välivarastoja ja keskeneräisen tuotannon määrää. Tuotteet valmistetaan tilausten perusteella ja osat toimitetaan, kun niitä tarvitaan, eli juuri oikeaan tarpeeseen. (Haverila ym. 2009, 428–429.)

Koska tuotannon välivarastot ovat pienet tai niitä ei ole, on tärkeää, että tuotteet ovat laadukkaita. JOT-tuotannossa kappaleissa tai tuotannossa esiintyvät virheet pysäyttävät koko tuotannon välittömästi, ja tämä onkin JOT-tuotannon suurin haaste. Toisaalta virheen syy saadaan yleensä selville nopeasti ja se on siten nopea korjata. (Haverila ym. 2009, 361–362.) Tämä tukee hyvin lean-ajattelun mukaista jatkuvan parantamisen ideologiaa.

4.3 Työntöohjaus

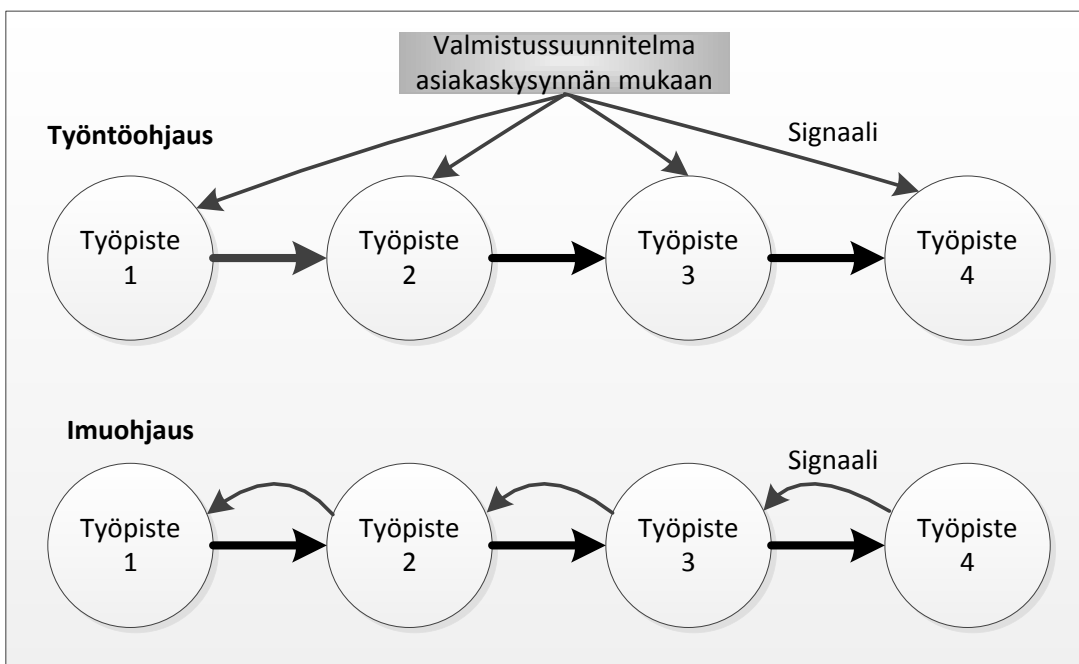
Työntöohjaus perustuu ennalta tehtyyn tuotantosuunnitelmaan, jossa osia valmistetaan ennustetun menekin mukaisesti. Tuotantoprosessi etenee siis laaditun aikataulun mukaan välittämättä siitä, mikä tuotteiden todellinen tarve on. Tästä johtuen tuotantoprosessien välissä on puskurivarastoja, joihin työpisteet työntävät osia ennusteen mukaisesti. Tällöin puskurivarastot voivat kasvaa todella suuriksi. (Liker 2010, 106.)

Välivarastojen avulla pyritään tasoittamaan tuotannossa esiintyviä ongelmia, mutta todellisuudessa välivarastot vaikeuttavat entisestään tuotannosuunnittelua ja pidentävät läpimenoaikoja. Tämän lisäksi tuotantoprosessin hallinta ja tuotannonohjaus

hankaloituvat välivarastojen kasvaessa. Toimiva työntöohjattu tuotanto edellyttää kurinalaisuutta ja hallittavissa olevaa tuotantoprosessia. (Haverila ym. 2009, 422.)

4.4 Imuohjaus

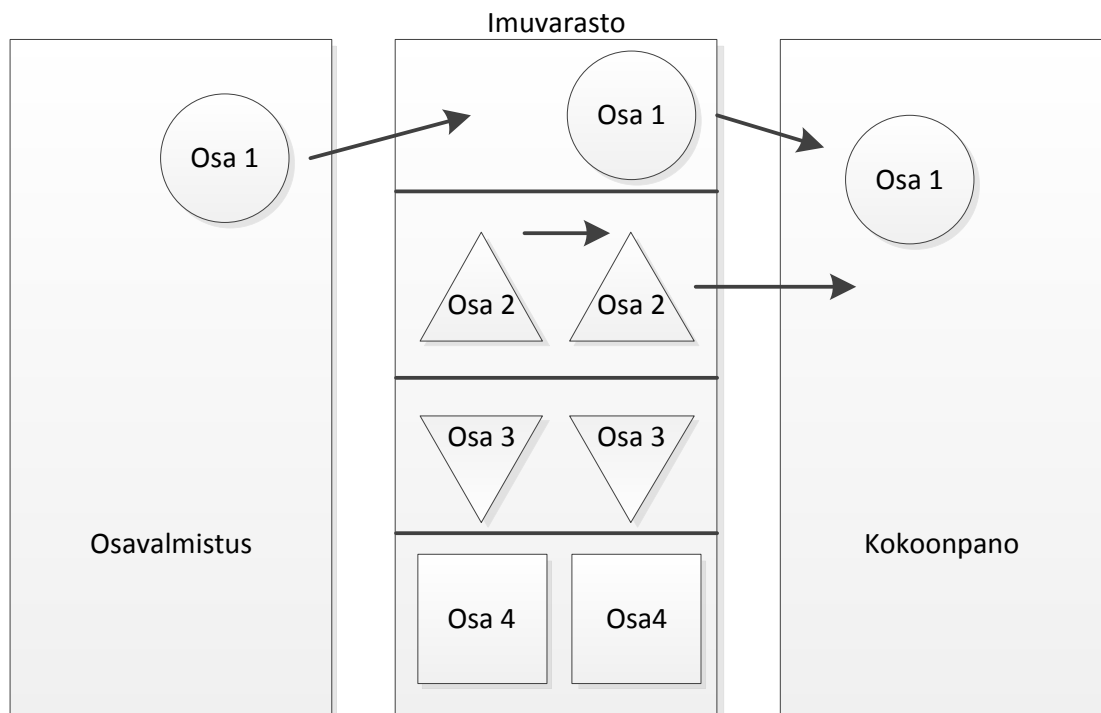
Imuohjaus perustuu ideaan, että osia tuotetaan asiakkaalle vain, kun niitä tarvitaan, oli kyseessä oleva asiakas sitten loppukäyttäjä tai tuotantoprosessin seuraava vaihe. Hyvä esimerkki imuohjauksesta ovat supermarketit, joissa hyllyssä pidetään tarkasti mitoitettua, ostohistoriaan perustuvaa varastoa, jota täydennetään kysynnän mukaan. Tuotannossa nämä supermarketit tarkoittavat puskurivarastoja, joista asiakas ottaa tarvitsemiaan tuotteita. Tuotteen ottaminen toimii signaalina puskuria täyttävälle osavalmistajalle tai -toimittajalle aloittaa korvaavan osan valmistaminen ja täyttää puskurin imutyhjiö. (Liker 2010, 105–106.) Työntö- ja imuohjauksen ohjaussignaalien eroa on kuvattu kuviossa 6.



KUVIO 6. Työntö- ja imuohjauksen ohjaussignaalit ja materiaalivirrat (Haverila ym. 2009, 423 mukaillen)

Tuotannossa imuohjaus soveltuu hyvin osavalmistuksen ja kokoonpanon väliin, jolloin imuvarastoa käyttävä kokoonpano-osa toimii tilausohjautuvasti ja toimittava osa eli osavalmistus toimii tilausten rytmissä imuvaraston ohjaamana. Jotta imuohjaus toimisi hyvin osavalmistuksen ja kokoonpanon välissä, tuote ei saa olla liian varioitu-

va. Imuvarastossa on oltava valmiina jokaista tuotevarianttia, jotta imuvarastoa käytävällä kokoonpanolla on käytettävissään aina tarvitsemansa tuote. Tällaisessa järjestelmässä osavalmistuksen ohjaus on helppoa ja visuaalista ja toimitusajat ovat nopeita. (Lapinleimu 2007, 112.) Aidon imuohjauksen toimintaperiaate on esitetty kuviossa 7. Imuvarasto toimii yleensä niin sanottuna läpivirtaushyllynä, jolloin sitä käytetään edestä ja täytetään takaa eli samalla periaatteella kuin supermarkettien ruokahyllyjä.



KUVIO 7. Aidon imuohjauksen toimintaperiaate (Lapinleimu ym. 1997, 222 mukaillen)

Edellä kuvattua imuvarastoon perustuvaa imuohjausta kutsutaan aidoksi imuohjaukseksi. Ohjausmuodossa, jota kutsutaan hierarkkiseksi imuimpulssiohjaukseksi, on imuohjauksen piirteitä, mutta siinä ei ole imuvarastoja. Imuimpulssiohjauksessa yksiköt tilaavat tarvitsemansa osat omilta toimittajiltaan saadessaan tilauksen. Tällöin siltä puuttuu aidon imuohjauksen etu tuotannon nopeudessa, sillä tuotanto on aloitettava hierarkkisesti tilausketjun alkupäästä. Imuimpulssiohjaus voi toimia hyvin esimerkiksi moduulikokoonpanon ja osavalmistusyksikön välillä. Tällaisessa systeemissä moduulikokoonpano toimii pääyksikkönä eli se määrää työjärjestyksen. Osavalmistusyksikköä ohjataan puolestaan imuimpulssilla. (Lapinleimu 2007, 111.)

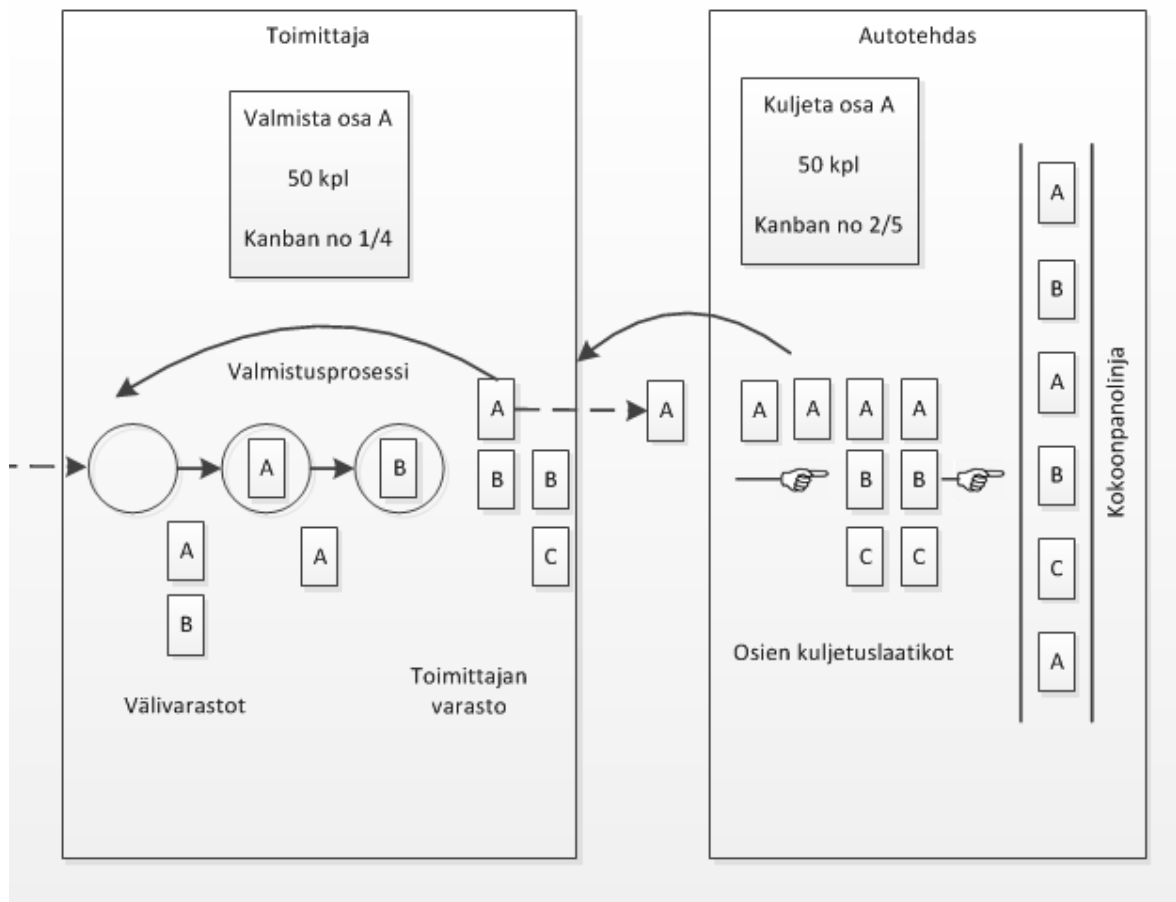
4.5 Kanban-järjestelmä

Kanban-järjestelmä on Toyotan imuohjauksen rinnalle kehittämä työkalu, joka helpottaa tuotannon visuaalista ohjausta. Ihanteellisessa tilanteessa osatoimittaja näkee imuvarastossa tyhjän aukon, joka toimii suorana signaalina aloittaa uuden osan tuotanto. Yleensä tuotantotilat ovat kuitenkin suuria ja toisistaan riippuvaiset pisteet voivat olla niin kaukana toisistaan, että signaaliksi ei riitä pelkkä nähtävissä oleva puute varastossa. Tällöin kannattaa ottaa käyttöön Kanban-järjestelmä. (Liker 2010, 106–107.)

Kanban voi olla kortti, tyhjä laatikko tai vastaava objekti, joka lähetetään edelliselle työvaiheelle. Kanban toimii tällöin signaalina uuden erän valmistamisen aloittamiselle ja syntyneen osapuutteen täyttämiseksi. Mikäli kanbanina käytetään korttia, siinä on ilmoitettu haluttujen osien tiedot ja tarvittava määrä. Kanbaneilla siis hallitaan materiaalien ja tuotannon virtausta JOT-tuotannossa. (Liker 2010, 107.)

Toimiessaan Kanban-järjestelmä on erittäin tehokas ja visuaalinen tapa ohjata tuotantoa, minkä avulla päästään eroon suurista varastoista ja varmistetaan, että oikeat osat sijaitsevat oikeassa paikassa. Joissakin tapauksissa on voitu luopua jopa joistakin tietokonepohjaisista tuotannonohjausjärjestelmistä ottamalla käyttöön yksinkertainen Kanban-ohjaus. (Liker 2010, 106–107.)

Toyotan Kanban-järjestelmä on kuvattu kuviossa 8. Toyotan järjestelmässä kuviossa näkyvät osien kuljetuslaatikot eli kuljetuskanbanit lähetetään osatoimittajalle, joka täyttää laatikot niiden mukana kulkevan osaluettelon mukaisesti. Tämän jälkeen täytetyt laatikot eli tuotantokanbanit menevät toimittajan varastoon, josta ne kuljetetaan edelleen autotehtaaseen ja kokoonpanolinjalle. Kun laatikossa olevat osat on käytetty, lähetetään laatikko takaisin osatoimittajalle. Jotta osapuutteita ei tuotannon vaihtelun takia syntyisi, tulee tuotantokanbaneja kulkea systeemissä riittävä määrä. (Have-riila ym. 2009, 423–424.)



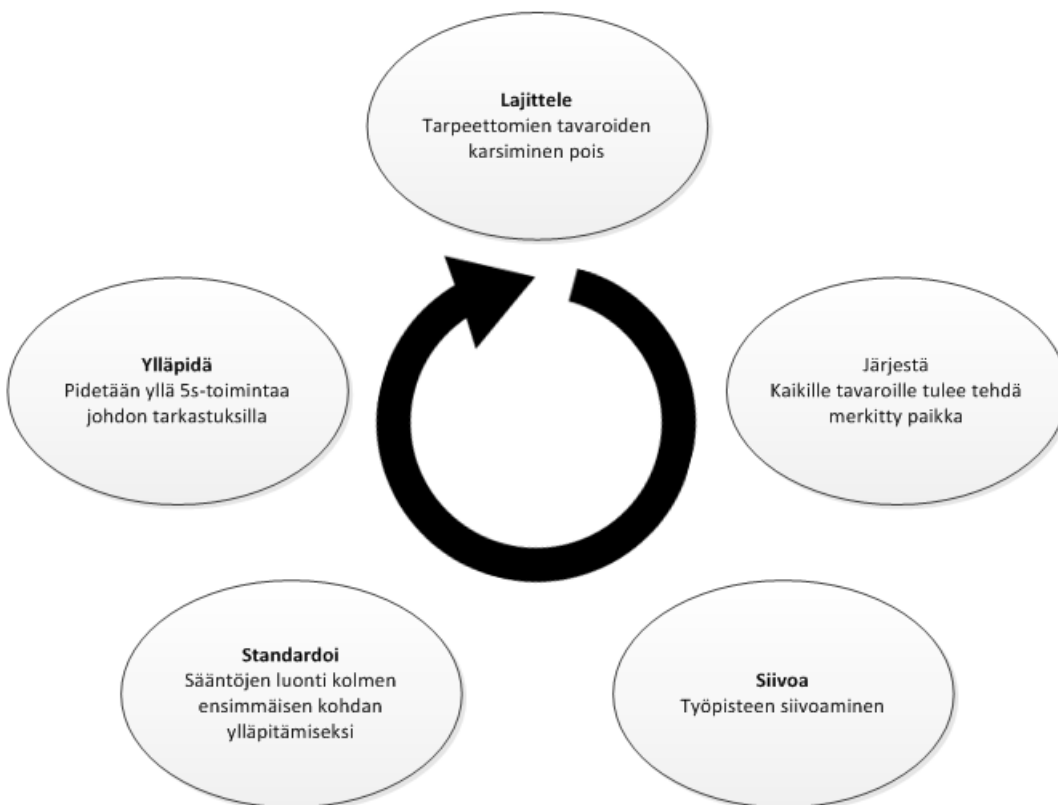
KUVIO 8. Toyotan kanban-järjestelmä (Haverila ym. 2009, 424 mukailten)

Eräs tapa toteuttaa kanban-järjestelmä on niin kutsuttu kaksilaatikkojärjestelmä, jossa kanbanina toimii kaksi laatikkoa, jotka muodostavat koko varaston kyseisille tavaroille. Kun työntekijä on käyttänyt kaikki ensimmäisessä laatikossa olevat osat, toimitetaan tyhjä laatikko osatoimittajalle, jolle tyhjä laatikko toimii signaalina täyttää laatikko. Työntekijälle jää jäljelle näin ollen toinen laatikko, jossa on osia uuden toimituksen ajaksi. (Liepman 2009.)

4.6 5S-menetelmä

Japanilaisista sanoista seiri (lajittele), seiton (järjestä), seiso (siivoa), seiketsu (standardoi) ja shitsuke (ylläpidä) koostuva 5S on lean-työkalu, joka lean-ajatusmallin mukaan keskittyy hukan poistamiseen. 5S:ssä keskitytään työpisteiden tehokkaaseen organisointiin ja työmenetelmien standardointiin viiden menetelmän avulla. Työpisteiden tehokkaammalla organisoinnilla saadaan poistettua hukkaa, vähennettyä jalostamatonta työtä ja tuotua esille ongelmia, jotka aiemmin hukkuivat turhan tavaran alle. (Skaggs 2010.)

Lajittelulla tarkoitetaan, että työpisteillä käydään läpi kaikki työkalut ja tavarat ja niistä säilytetään vain ne, joita tarvitaan päivittäisen työn tekemiseen. Ylimääräisiin työkaluihin voidaan kiinnittää punainen lappu ja ne viedään pois työpisteeltä. Mikäli käy ilmi, että jotain kyseisistä työkaluista tarvitaan työssä, voidaan se tuoda takaisin työpisteelle, mutta loput työkalut hävitetään lopullisesti. (Skaggs 2010.) Lajittelusta alkaa 5S:n työkierto, joka on kuvattu kuviossa 9.



KUVIO 9. 5S:n toimintaperiaate (Liker 2010, 151 mukaillen)

Järjestelyssä jäljelle jääneet työkalut ja tavarat järjestetään siten, että jokaiselle on oma, tietty paikka, johon se aina palautetaan käytön jälkeen. Tällöin tuote on aina helposti saatavilla samasta paikasta eikä aikaa kulu hukkaan työkalun etsimisessä. Samoin järjestelyssä tulee miettiä, kuinka monta kappaletta jotain tuotetta tarvitaan ja miten ne tulee sijoittaa työpisteeseen, jotta ne olisivat mahdollisimman hyvin saatavilla. (Skaggs 2010.)

Seuraavassa vaiheessa työpiste tulee siivota, jolloin kaikki roska raivataan pois. Siivouksesta tulee tehdä päivittäin toistuva rutiini, jotta ylimääräistä tavaraa ei ala uudestaan kertyä työpisteelle. Standardisoinnilla puolestaan kehitetään toimintatapoja

ja -ohjeita, joiden avulla pyritään tehostamaan työpisteen toimintaa ja jotka auttavat muiden 5S:n vaiheiden ylläpidossa. Viimeinen vaihe, ylläpito, on vaikein työvaihe, sillä ihminen on taipuvainen palaamaan vanhoihin tuttuihin tapoihinsa, jolloin epäjärjestys alkaa jälleen kasvaa. Ylläpitäminen vaatiiikin vahvaa sitoutumista yritykseltä ja johdon on kannustettava työntekijöitä ylläpitoon. (Skaggs 2010.)

4.7 Arvovirta-analyysi

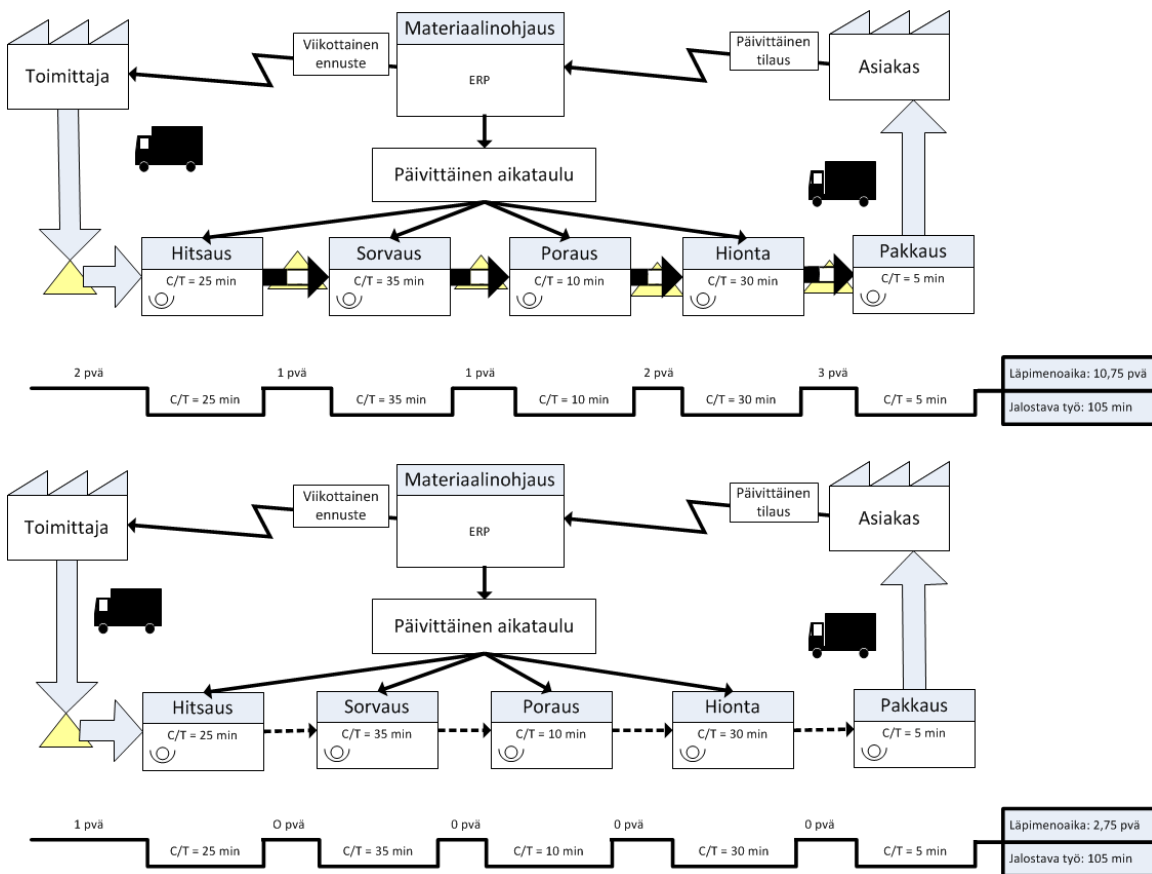
Value Stream Mapping eli suomeksi arvovirta-analyysi on Lean-työkalu, jonka avulla kuvataan yrityksen jonkin tuotteen tai tuoteperheen tuotantoprosessia ja sen arvovirtaa. Arvovirraksi kutsutaan jonkin tuotteen tuotantoprosessin perättäisten, lisäarvoa tuottavien toimintojen ketjua (Womack 2006).

Arvovirta-analyysillä voidaan kuvata yhdellä kuvaajalla tuoteperheen tuotantoprosessi, materiaalivirrat, informaatiovirrat ja prosessissa esiintyvät hukat. Analyysin avulla saadaan siis kuvattua tuotantoprosessien nykytila. Tämä helpottaa puolestaan yrityksen tulevaisuuden tuotannon kehittämistä ja visiointia, sillä se antaa selkeän kuvan siitä, mihin tuotantoprosessin osaan kehittämisessä tulee keskittyä. (Liker 2010, 275.)

Analyysissä kuljetaan läpi valitun tuoteperheen koko arvovirtaketju aloittaen tuotantoprosessin loppupäästä. Tuotantoa kartoitettaessa pysähdytään jokaisen työpisteen kohdalle ja kiinnitetään huomiota työn luonteeseen eli siihen, onko se lisäarvoa tuottavaa vai ei ja onko vaihe pakko tehdä, vaikka se ei tuottaisi lisäarvoa tuotteelle. Tämän jälkeen arvovirtakarttaan työvaiheen alapuolelle piirrettyyn laatikkoon kirjataan ylös kunkin työvaiheen kesto, henkilömäärä ja eritellään jalostavan ja jalostamattoman työn kesto. (Womack 2006.)

Kun tuotantoprosessi on kuljettu läpi, lisätään karttaan työvaiheiden välillä olleet varastot. Näitä välivarastoja merkitään kolmioilla, jotka piirretään työpisteiden laatikoiden väliin, mikäli tuote joutuu odottamaan vaiheiden välillä. Tämän jälkeen karttaan lisätään nuolet kuvaamaan prosessin materiaali- ja informaatiovirtoja sekä kohteet, joiden välillä informaatio ja materiaalit liikkuvat. Mahdollinen tuotannossa ilmennyt työntöohjaus merkitään paksulla katkoviivalla. Informaatiovirrat kuvataan nuolilla, ja mikäli viesti kulkee sähköisessä muodossa, nuoli tehdään salaman muotoiseksi. Lopuksi karttaan lisätään aikajana työvaiheiden alapuolelle. Aikajanan avulla voidaan laskea tuotteen kokonaisläpimenoaika ja eritellä arvoa lisäävän työn aika arvoa lisäämättömästä. (Pereira 2008.)

Kuviossa 10 nähdään valmis arvovirtakartta, jossa on kuvattuna satunnaisen tuotteen tuotantoprosessi. Laaditun, nykytilaa kuvaavan kartan pohjalta voidaan tehdä uusi, tulevaisuuden tilaa kuvaava kartta, joka myös nähdään kuviossa 10. Karttaan siis visioidaan, miltä prosessi näyttää, kun siitä on poistettu kaikki turhat työvaiheet ja välivarastot. Näin saadaan kuva siitä, miten paljon tuotannossa on ilmaa. Tavoitteena on imuohjautuvasti toimiva virtaava tuotanto, jossa ei ole lainkaan varastoja ja jossa asetusajat sekä jalostamattoman työn määrä on minimoitu. (Womack 2006.)



KUVIO 10. Kuvitellun tuotteen arvovirta-analyysi ja tulevaisuudentila

5 NYKYISET TUOTANTOPROSESSIT

Tämä kappale on salattu toimeksiantajan pyynnöstä.

6 NYKYINEN LAYOUT JA TUOTANNON ONGELMAT

Tämä kappale on salattu toimeksiantajan pyynnöstä.

7 SUUNNITTELUYÖ

Tämä kappale on salattu toimeksiantajan pyynnöstä.

8 YHTEENVETO

Koko tehtaan tuotantotilojen layoutin uudelleensuunnittelu oli erittäin haastava tehtävä. Kuten työstä huomaa, ei layoutsuunnittelu ole välttämättä pelkkää orjallista teorioiden mukaan suunnittelua, vaan layoutista tulee aina jonkinlainen kompromissi. Tässäkin työssä oli monia layoutia rajaavia kohtia sekä rakennuksen että pitkälti valmiin kokoonpanojärjestyksen takia. Työtä helpotti osaltaan se, että olin ollut yrityksessä töissä edellisenä kesänä ja voinut perehtyä yrityksen toimintaan myös esiselvitysprojektissa.

Näin ollen suurin haaste olikin suunnitella layout siten, että rajalliset tilat riittäisivät ja materiaalivirrat saataisiin optimoitua näihin tiloihin. Mielestäni onnistuin materiaalivirtojen yksinkertaistamisessa hyvin ja toivonkin, että opinnäytetyöstä oli apua PV:lle. Layoutiin voi tulla vielä joitain muutoksia ennen sen lopullista käyttöönottoa, mutta perusidealtaan layout ja uudistunut tuotannonohjaus ovat toimivia ratkaisuja.

Samoin toivon, että opinnäytetyön toinen puoli eli tuotannonohjauksen kehittäminen toi yritykselle uusia, ulkopuolisia ideoita tuotannonohjauksen kehittämiseen. Opinnäytetyön aikana opin todella paljon layoutsuunnittelusta ja tuotannonohjauksen teoriasta. Eritoten pystyin perehtymään laajasti japanilaisen autoteollisuuden luomiin toimintatapoihin, jotka ovat toimivia ja tehokkaita vielä tänäkin päivänä.

Uuden layoutin mukanaan tuomat muutokset vaativat koko henkilöstön tuen ja sopeutumisen kulttuurimuutokseen. Kaikki layoutiin ja tuotannonohjaukseen tehtävät muutokset tulee olla hyvin suunniteltuna ennen niiden lopullista käyttöönottoa, jotta toiminta lähtee muutosten jälkeen toimimaan kunnolla. Tällä luodaan pohja sille, että muuttunut tuotanto saadaan näyttämään uskottavalle työntekijöiden silmissä, minkä jälkeen heidät on helpompi saada muutoksen taakse.

LÄHTEET

- Allington, M. 2006. *Factory layout principles* [verkkodokumentti]. Joulukuu 2006. [viitattu 19.1.2012]. Saatavissa: www.cnpc.ru/library/docs/factory_eng.doc.
<http://www.cnpc.ru/eng/library/library.shtml>
- Department of Health and Human Services 2010. *Lean 101: Using Measurements - Takt Time* [verkkodokumentti]. State of Maine: Department of Health and Human Services [viitattu 28.3.2012]. Saatavissa: <http://www.maine.gov/dhhs/btc/training-material/>
- Greasley, A. 2008. *Operations Management*. London: SAGE Publications Ltd.
- Haverila, M., Uusi-rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. *Teollisuustalous*. 6. painos. Tampere: Tammer-paino Oy.
- Lapinleimu, I. 2007. *Ideaalitehdas tehtaan suunnittelun teoria ja kiteytys*. 3. painos. Tampere: TTKK Tuotantotekniikan laitos.
- Lapinleimu, I., Kauppinen, V. & Torvinen, S. 1997. *Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät*. Porvoo: WSOY.
- Liepman, G. 2009. *The Bottom Line on Two Bin Systems* [verkkodokumentti]. 2009. [viitattu 2.4.2012]. Saatavissa: <http://www.alliedfasteners.com/articles.html>
- Liker, J. 2010. *Toyotan tapaan*. Jyväskylä: WS Bookwell Oy.
- Miettinen, P. 1993. *Tuotannonohjaus ja logistiikka*. Helsinki: Painatuskeskus Oy.
- Peltonen, A. 1988. *Tuottava tehdas* [verkkodokumentti]. 1988. [viitattu 25.3.2012]. Saatavissa: <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/tuottavatehdas>
- Pereira R. 2008. *Let's Create a Current State Value Stream Map!* [verkkodokumentti]. Helmikuu 2008. [viitattu 28.3.2012]. Saatavissa: <http://lssacademy.com/category/lean>
- Repo, M. *Company Profile*. [verkkodokumentti]. [Viitattu 20.4.2012]. Saatavissa: http://www.olafurgislason.is/static/files/sjukrabifreidar/eng_profile_vehicles.pdf

Skaggs, T. 2010. *Essential in Lean Manufacturing is The 5-S Philosophy* [verkkodokumentti]. Joulukuu 2010. [viitattu 22.3.2012]. Saatavissa: <http://www.leanexpertise.com>

Tulostiedote. 2011. *Kauppalehti* [verkkolehti] 13.8.2011 [viitattu 20.4.2012]. Saatavissa: <http://www.kauppalehti.fi/5/i/yritykset/tulostiedote>

Womack, J. 2006. *Value Stream Mapping* [verkkodokumentti]. Toukokuu 2006. [viitattu 20.3.2012]. Saatavissa: <http://sme.org/manufacturingengineering/>

