

Juha Rajala

Layoutsuunnitelma ja kapasiteetin kasvattaminen

Opinnäytetyö

Syksy 2013

Tekniikan yksikkö

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Kone- ja tuotantotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Juha Rajala

Työn nimi: Layoutsuunnittelu ja kapasiteetin kasvattaminen

Ohjaaja: Lasse Tarhala

Vuosi:2013

Sivumäärä: 65

Liitteiden lukumäärä: 2

Tämä opinnäytetyö tehtiin toimeksiantona Tikli Group Oy:lle, joka sijaitsee Vimpelissä. Yritys valmistaa korkealaatuisia alumiinitikkaita, vesivaakoja ja nauhaikkuna- sekä ovielementtejä. Se on perustettu vuonna 1992 ja työllistää tällä hetkellä 38 työntekijää. Työ oli tarpeellinen, koska yrityksellä on tarve muuttaa uusiin tiloihin ja lisätä tuotannon kapasiteettia. Tavoitteena oli löytää layoutsuunnitelma, joka palvelee yritystä sen tulevissa tiloissa. Ja samalla tehostaa tuotannon kapasiteettia olemassa olevilla koneilla.

Työ oli tarkoitus tehdä aluksi jo olemassa oleviin tuotantotiloihin, mutta tarkemman tarkastelun jälkeen tilat osoittautuivat käyttötarkoitukseen sopimattomaksi ja tämän vuoksi työ toteutettiin tyhjälle pohjalle.

Työ toteutettiin jakamalla nykyiset tuotantotilat omiin soluihinsa ja kartoitettiin kunkin työpisteen tarvitsema pinta-ala, kaikkine koneineen, henkilöineen ja varastoineen. Tämän jälkeen tarkasteltiin yrityksen tarpeiden mukaan sopivaa layouttia kullekin työpisteelle erikseen sen toiminnan mukaan.

Työssä hyödynnettiin Lean-ajattelumallia ja sen sisältämillä työkaluilla onnistuttiin rakentamaan kokonaisuus, joka vastaa yrityksen tulevaisuuden haasteisiin. Työssä saavutettiin sille asetetut tavoitteet osapuolia tyydyttävästi.

Avainsanat: Layoutsuunnittelu, tuotannon tehostaminen, kapasiteetti

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical and Production Engineering

Author: Juha Rajala

Title of thesis: Layout planning and improving the capacity

Supervisor(s): Lasse Tarhala

Year: 2013

Number of pages: 65

Number of appendices: 2

This thesis was commissioned by Tikli Group Oy which is located in Vimpeli. It manufactures high quality aluminium ladders, scales and aluminium framed doors and windows. It was founded in 1992 and currently it employs 38 employees. The work is necessary because the company needed to move to new premises and to increase the production capacity. The goal was to find out a layout plan which serves its businesses in its future premises and increases the production capacity with the existing machines.

The project was meant to be done for already existing production facilities, but a more detailed review showed that the facilities proved to be unsuitable for its intended purpose. Therefore, the work was built from scratch.

The project was executed by dividing the existing production facilities into their own cells and mapped out to the space needed by every work station, with all the goods, persons and storages. After this the suitable layout was examined for every workstation by its functionality and based on the company needs.

The project utilised the Lean thinking and with its tools a successful entity could be created that answers to the company's future challenges. The project achieved its objectives that was satisfactory to all the parties.

Keywords: Layout planning, Improving capacity, Capacity,

Alkusanat

Tämä opinnäytetyö tehtiin toimeksiantona Tikli Group Oy:lle. Työ tarjosi todella laajaan ja haasteellisen, mutta mielenkiintoisen suunnitteluprojektin. Haluan kiittää Tikli Group Oy:tä mahdollisuudesta työn tekemiseen.

Tämä opinnäytetyö on opettanut minulle paljon layoutsuunnittelusta sekä siihen vaikuttavista tekijöistä. Aion perehtyä aiheeseen jatkossa lisää ja soveltaa oppimaani työelämässä.

Haluan kiittää työni ohjaajaa lehtori Lasse Tarhalaa hyvistä neuvoista sekä aktiivisesta ohjauksesta työn eteenpäin viemiseksi. Lisäksi suuret kiitokset projektissa mukana olleille tukijoukoille.

Seinäjoella Joulukuussa 2013

Juha Rajala

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
Alkusanat	4
SISÄLTÖ.....	5
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	7
Käytetyt termit ja lyhenteet	8
1 JOHDANTO	1
1.1 Työn taustaa	1
1.2 Tavoitteet	1
1.3 Toimenpiteet tavoitteiden saavuttamiseksi.....	1
1.4 Työn rajaukset.....	2
1.5 Yritysesittely	2
2 KIRJALLISUUSOSA	5
2.1 Lean-ajattelumalli yleisesti	5
2.2 Lean management	7
2.2.1 Leanin käyttöönotto yrityksessä	7
2.2.2 Tuotannon virtauttaminen	7
2.2.3 Lean-toimintamallin työkalut.....	8
2.2.4 Lean-toiminnankehittämisen työkalut.....	9
2.2.5 Muda eli hukka.....	14
2.2.6 Lean-toimintamallin käyttö solupohjaisessa tuotannossa	16
2.3 Layout.....	17
2.3.1 Funktionaalinen layout	17
2.3.2 Tuotantolinjalayout.....	18
2.3.3 Solulayout	22
2.3.4 Tuotetehtaat ja -verstaat	23
2.3.5 Layoutin valinta ja -suunnittelu.....	24
2.4 Logistiikka	29

2.4.1	Materiaalinhallinta	30
2.4.2	Hankintatoimi	31
2.4.3	Varastot.....	32
2.4.4	Varastoinnin analysointi ja tunnusluvut	33
2.4.5	Kuljetukset	35
3	KOKEELLINEN OSA.....	37
3.1	Nykytilanteen selvitys.....	37
3.2	Layoutsuunnittelu	37
4	TULOKSET JA TUOLOSSIEN TARKASTELU	39
4.1	Materiaalinohjaus	40
4.2	Varaston tunnusluvut	40
4.3	Nykyinen layout ja sen suunnittelu	41
5	JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET	42
6	YHTEENVETO.....	43
	LÄHTEET	44
	LIITTEET	45

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Mitax-vesivaaka	2
Kuvio 2. Jatko- ja tasotikkaat	3
Kuvio 3. Tikli-ikkunaprofiili.....	4
Kuvio 4. 5S kiertokulku	11
Kuvio 5. Jatkuvan parantamisen PDCA-kierto	13
Kuvio 6. Hukka arvoketjussa.....	14
Kuvio 7. Funktionaalinen layout	18
Kuvio 8. Tuotantolinjalayout.....	19
Kuvio 9. Rinnakaisryhmitys ja tuotantolinja	21
Kuvio 10. Funktionaalisen ja tuotantolinjalayoutin vertailua	22
Kuvio 11. Solulayout	23
Kuvio 12. Tuotemääräanalyysi.....	26
Kuvio 13. Hyötyarvomatriisi.....	29
Taulukko 1. Lean-ajattelun viisi pääperiaatetta	6
Taulukko 2. Hukan määrittely	15

Käytetyt termit ja lyhenteet

Logistiikka	Materiaali-, tieto- ja pääomavirtojen, hankinnan, tuotannon, jakelun ja kierrätyksen, huolto- ja tukipalvelujen, varastointi-, kuljetus- ja muiden lisäarvopalvelujen sekä asiakaspalvelun ja -suhteiden kokonaisvaltaista johtamista.
Läpimenoaika	Aika, joka kuluu tuotteen siirtymiseen läpi logistisen järjestelmän.
Tuotanto	Tavaroiden, tarvikkeiden, raaka-aineiden, materiaalien, komponenttien ja jossain tapauksissa myös palvelujen tuottaminen. Tuotannon määräysperusteisia muotoja ovat massatuotanto, sarjatuotanto, pienerätuotanto ja yksittäistuotanto. Toimintaperusteisia muotoja ovat tuotanto varastoon, tuotanto tilaukseen, kokoaminen tilaukseen ja suunnittelu ja tuottaminen tilaukseen.
Prosessi	Sarja suoritettavia toimenpiteitä, jotka tuottavat määritellyn lopputuloksen. Prosesseja ovat esimerkiksi valmistusprosessi ja suunnitteluprosessi.
Layout	Tuotantojärjestelmän fyysisten osien sijoittelua tehtaan pinta-alaan nähden. Esimerkkejä fyysisistä osista ovat laitteiden ja varastopaikkojen sijoittelu.

1 JOHDANTO

1.1 Työn taustaa

Työhön ryhdyttiin, koska yrityksellä oli tarve muuttaa uusiin suurempiin tiloihin nykyisen vuokrasopimuksen päättymisen vuoksi. Lisäksi kaikki toiminnot pystyttäisiin siirtämään saman katon alle. Aluksi uudet tuotantotilat olivat selvillä, mutta työn edetessä selvisi, että myös uusissa tiloissa olisi tullut ahdasta. Tästä syystä layout tehtiin tyhjälle pohjalle ilman seiniä ja siihen kartoitettiin yrityksen tilantarve nykyisillä työpisteillä.

1.2 Tavoitteet

Työn ensisijaisena tavoitteena on tehdä yritykselle toimiva layoutsuunnitelma ilman suuria muutoksia nykyiseen tuotantoon, mikäli yritys muuttaisi uusiin tiloihin. Toissijaisena tavoitteena on kapasiteetin kasvattaminen ja sen kehittäminen tulevaa kasvua ajatellen entistä tehokkaammaksi.

1.3 Toimenpiteet tavoitteiden saavuttamiseksi

Työhön lähdetään perehtymällä layouttiin ja sen tehostamiseen liittyviin teoretietoihin. Siinä käsitellään kirjoihin, opiskelumateriaaleihin, teksteihin ja haastatteluihin perustuvia tietoja. Näiden tietojen pohjalta siirrytään käytännön osuuteen ja itse layoutin suunnitteluun konkreettisesti. Aluksi kartoitetaan nykyisen layoutpiirustuksen perusteella materiaali- ja varastopaikat, tilat ja koneet. Edellisistä tiedoista nähdään toimintojen vaatima tilantarve, jonka jälkeen on helpompi aloittaa itse mallintaminen. Työn lopuksi käydään läpi tuloksia, mahdollisia parannusehdotuksia ja loppuyhteenveto.

1.4 Työn rajaukset

Työn sisälle rajataan kaikki nykyisen tehtaan sisällä olevat toiminnot ja laitteet. Niiden tulee mahtua uusiin tiloihin. Hankintoja ei tehdä, vaan kaikki nykyiset koneet ja muut toiminnot pidetään ennallaan. Lean-filosofiaa käsitellään yleisellä tasolla, kuten myös varastointia ja logistiikkaa. Lean-ajattelun kautta pyritään tuottavuuden ja laadun parantamiseen. Työn ulkopuolelle rajataan yritystaloudelliset asiat.

1.5 Yritysesittely

Tämä opinnäytetyö tehtiin toimeksiantona Tikli Group Oy:lle. Tikli on Vimpelissä vuonna 1992 perustettu yritys, mutta sen juuret juontavat jo 60-luvun alkuun. Tikli valmistaa kattoturvaluotteita, alumiinitikkaita, alumiini-ikkunoita sekä -ovia ja Mitax-vesivaakoja, jotka ovat kotimaista laatua. Tikli työllistää tällä hetkellä 38 henkilöä ja yrityksen liikevaihto on noin yhdeksän miljoonaa euroa.

Tuotteisto. Tikli Group valmistaa tuotteensa pääosin alumiinista, poikkeuksena kattoturvaluotteet, jotka valmistetaan teräksestä. Yrityksellä on laaja valikoima niin alumiinitikkaita, -ikkunoita ja -ovia, sekä laadukkaita teräksisiä kattoturvaluotteita. Valikoimiin kuuluu lisäksi laadukkaat Mitax-vesivaat.

Mitax. Tikli valmistaa laadukkaita Mitax-vesivaakoja (Kuvio 1), jotka soveltuvat niin kovaan ammattikäyttöön tai satunnaisempaan mittailuun. Ne ovat kevyitä mutta kestäviä, sillä ne on valmistettu laadukkaasta alumiiniprofiilista. Mitax-vesivaaoilla mittaaminen on helppoa.



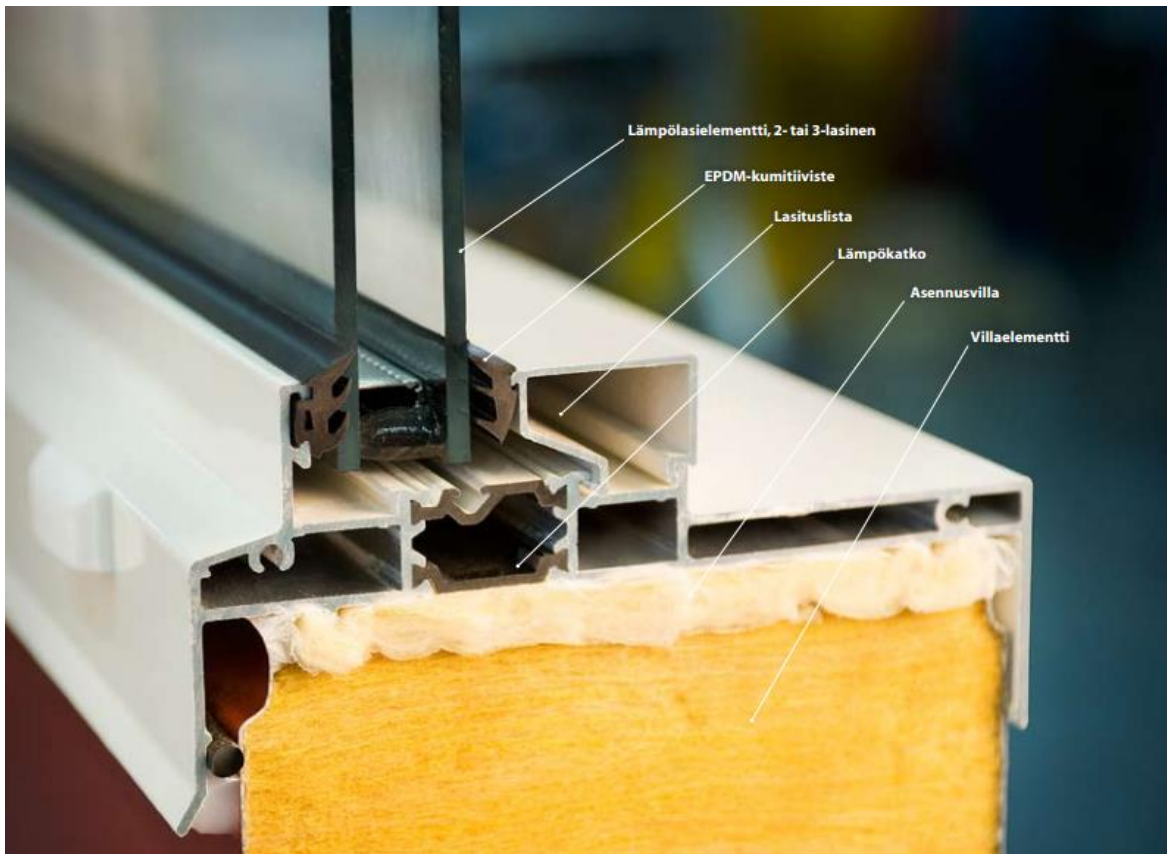
Kuvio 1. Mitax-vesivaaka
(Tikli, [viitattu 22.10.2013]).

Tikkaat. Tikli valmistaa alumiinitikkaita, -telineitä ja työpukkeja (Kuvio 2) niin ammattilaisille kuin kotitalouksille. Tuotteet ovat korkealaatuisia ja niiden ulkonäkö on tehnyt niistä jo klassikoita. Tuotteet on testattu suomalaisten laatu normien mukaan ja Tikli onkin tikkaiden markkinajohtaja Suomessa. (Tikli 2013.)



Kuvio 2. Jatko- ja tasotikkaat (Tikli, [Viitattu 22.10.2013]).

Alumiini-ikkunat ja -ovet. Alumiini-ikkunat ja -ovet (Kuvio 3) tarjoavat nykyaikaisen ratkaisun moduulirakentamiseen. Tikli nauhaikkunat on helppo asentaa eivätkä ne vaadi erikoistyökaluja. Ne on kehitetty yhteensopivaksi nykyaikaisen sandwich-kevytelementtien kanssa. Nostot hoituvat paikalleen samalla kalustolla, jolla seinäpaneelit nostetaan paikalleen. Ne sopivat erinomaisesti nykypäivän vaativiin rakennusnormeihin, aina teollisuushalleista tuotantolaitoksiin. Tikli-ikkunan suunnittelun lähtökohtana on aina ollut korkea laatu, asennuksen helppous sekä tyylikäs lopputulos. (Tikli 2013.)



Kuvio 3. Tikli-ikkunaprofiili
(Tikli, [Viitattu 22.10.2013]).

Moduuleihin voidaan asentaa kiinteitä ikkunaelementtejä, sisään aukeavia tuuletusikkunoita tai savunpoistoikkunoita. Tikli-ikkunoiden väriskaala on erittäin laaja. Ikkunoita on saatavana kaikilla RR- ja RAL-sävyillä, sekä alumiinisena ja LV-anodisoituna. (Tikli 2013.)

2 KIRJALLISUUSOSA

Tässä työssä Lean-ajattelua käsitellään yleisellä tasolla, sekä Lean-ajattelun käyttöä solutuotannossa. Layoutsuunnittelussa on myös oleellisena osana logistiikka ja sen sisältämät toiminnot, joita käsitellään yleisellä tasolla. Itse layoutsuunnittelua ja sen eri muotoja käsitellään laajemmin.

2.1 Lean-ajattelumalli yleisesti

Lean on toiminnanohjausjärjestelmä. Se on eräänlainen muunnelma autonvalmistaja Toyotan käyttämästä TPS:stä (Toyota Production System). Sitä kutsutaan myös japanilaiseksi johtamisperiaatteeksi. Lean-ajattelulla halutaan tuottaa asiakkaalle paras mahdollinen arvo, tuottajan tarpeet huomioiden. Prosessia pyritään kehittämään jatkuvasti kohti täydellisyyttä. (Tuominen 2010 10–100; Liker 2006, 3–41; Kouri 2010, 5–20.)

Lean-ajattelun tulokset eivät synny hetkessä, vaan koko tuotantoketjun on omaksuttava sen ajattelumallin toiminta. Lean-ajattelu tarjoaa monia työkaluja, joilla prosesseja voi parantaa. Työkaluja ovat muun muassa: 5S, JIT, Poka-yoke, pullonkaula-analyysi ja monia muita. Perusajatuksen omaksumisen jälkeen voi prosesseja lähteä kehittämään Lean-työkalujen avulla kohti täydellistä virheettömyyttä. (Tuominen 2010 10–100; Liker 2006, 3–41; Kouri 2010, 5–20.)

Ideaalisessa tuotannossa sen valmistusprosessit ovat hyvin pitkälle standardisoituja, millä on mahdollisuus saavuttaa tuotteille korkea laatu läpäisyajkojen jäädessä lyhyiksi. Tämä on mahdollista tutkimalla arvovirtoja ja löytämällä sekä poistamalla kaikki arvoa tuottamattomat toiminnot tuotantoprosesseista. Lean pyrkii olemaan muunneltavissa aina prosesseista tuotteisiin ja työvoimasta tuotemääriin. Asiakkaalle toimitetaan ainoastaan sitä, mitä hän on tilannut, eikä esimerkiksi tuoteta liian hyvää laatua. Jokaisen yrityksen työntekijän tulisi pyrkiä poistamaan hukkan syntymistä tuotannossa. (Tuominen 2010 10–100; Liker 2006, 3–41; Kouri 2010, 5–20.)

Taulukossa 1 on esitelty Lean-ajattelun viisi pääperiaatetta, jotka ovat:

Taulukko 1. Lean-ajattelun viisi pääperiaatetta
(Tuominen 2010).

1. Asiakasarvon tunnistaminen: mistä asioista tuotteen valmistuksessa asiakas on valmis maksamaan laadusta, toimitusajasta, valmistusmenetelmistä. Mikä tuottaa lisäarvoa asiakkaalle.
2. Arvovirtojen tutkiminen: kuinka tuotteen arvo muuttuu matkalla raaka-aineista valmiiksi tuotteeksi. Kuinka paljon arvo lisääntyy kussakin työvaiheessa.
3. Tuotevirran ylläpito: tuote kulkee pysähtymättä työvaiheesta toiseen ilman välivarastointeja. Vältetään erätuotantoa ja jonotusta työvaiheisiin. Keskitytään yksittäiseen tuotantoon jos mahdollista.
4. Vetoperusteinen tuotanto: tuotteita valmistetaan vain tarpeeseen, niitä ei säilytetä valmiina varastoissa ja toivota niiden menevän kaupaksi.
5. Täydellisyyteen pyrkiminen: pyritään tuottamaan juuri sellaisia tuotteita, joita asiakas haluaa juuri oikeaan aikaan ja kilpailukykyiseen hintaan. Pyritään kaiken hukan poistamiseen tuotantoprosessista.

Asiakasarvon tunnistaminen on tärkeä osa tuotteita suunniteltaessa. Tuotteiden tulee olla asiakasta tyydyttäviä niin laadultaan kuin hinnaltaankin. Liian hyvän laadun tekeminen ei ole järkevää, sillä se nostaa kustannuksia, joista asiakas ei välttämättä ole valmis maksamaan.

Arvovirtoja seuraamalla voi tarkkailla miten tuotteen arvo muuttuu, kun sen valmistusprosessi etenee raaka-aineesta valmiiksi tuotteeksi.

Tuotteen virtaus on oleellinen, ettei suuria odotteluja synny missään vaiheessa tuotantoa. Näin ollen on hyvä valmistaa vai yhtä tuotetta kerrallaan asiakkaan tarpeeseen, että varastot pysyisivät mahdollisimman pieninä.

Pääperiaatteena Lean-ajattelumallissa on valmistaa tuote asiakkaan ehdoilla siten, että tuotteet valmistetaan ajallaan, ovat laadultaan tasalaatuisia ja hinnaltaan kilpailukykyisiä.

2.2 Lean management

Lean management on nuuka toimintatapa, sillä halutaan saada aikaan enemmän arvoa asiakkaalle käyttämällä vähemmän resursseja. Tavoitteena on saavuttaa kevyt ja joustava organisaatio siten, että kaikki asiakkaalle arvoa tuottamaton toiminta pyritään poistamaan. (Karrus 2001, 213.)

2.2.1 Leanin käyttöönotto yrityksessä

Lean-ohjelma aloitetaan analysoimalla yrityksen nykytila ja luodaan sille visio sekä strategia. Lean-mittareiden avulla saadaan selville yrityksen nykytila, jota voidaan verrata asetettuihin tavoitteisiin vision pohjalta. Visio määrittää yrityksen asettamat tavoitteet, ja kertoo mitä halutaan saavuttaa sekä mihin suuntaan yritystä ollaan viemässä. Yritykselle valittu strategia määrittää toimintatavat ja työkalut, joilla visio on tarkoitus saavuttaa. (Tuominen 2010, 11–30.)

2.2.2 Tuotannon virtauttaminen

Virtaus tarkoittaa prosessissa keskeyttämätöntä materiaalien, komponenttien, tuotteiden ja tiedon virtausta ilman väli- tai tuotevarastoja. Virtaus käynnistyy asiakastilauksesta, joka puolestaan käynnistää valmistuksen. Virtaus päättyy, kun valmis tuote on toimitettu asiakkaalle. Virtaus on Lean-organisaation tärkein periaate. (Tuominen 2010, 72–73; Liker 2006, 104–120, 129–130.)

Ihanteellinen virtaus tuotantoon saavutetaan, kun valmistetaan vain yksi tuote kerrallaan. Valmistusprosessista pyritään poistamaan kaikki turha sekä tuotteen arvoa lisäämätön työ ja keskitytään ainoastaan arvoa lisäävään toimintaan. Virtaus käynnistyy asiakastilauksesta, joka puolestaan käynnistää valmistuksen. Virtaus etenee kokotuotantoketjun läpi ja jokaisessa työpisteessä valmistetaan vain sen verran tuotetta, mitä edellinen työvaihe on kuluttanut asiakkaan suunnasta. (Tuominen 2010, 72–73; Liker 2006, 104–120, 129–130.)

Virtaus ei ole mahdollista tai järkevää soveltaa kaikkiin tilanteisiin. Tällöin käytetään valmistuote- ja puskurivarastoja eri työvaiheiden välillä. Vaarana kuitenkin on, että mahdolliset virheet jäävät huomaamatta varastoihin ja niihin ei ehditä reagoimaan tarpeeksi nopeasti. Virhe pysyy järjestelmässä niin kauan, kunnes se korjataan, joten tämän vuoksi virheet on korjattava välittömästi. (Tuominen 2010, 72–73; Liker 2006, 104–120, 129–130.)

Täydellinen virtaus vaatii toimiakseen muita Lean-työkaluja. Näitä ovat esimerkiksi ennaltaehkäisevä huolto (TPM) sekä laadun ohjauksen menetelmät. (Tuominen 2010, 72–73; Liker 2006, 104–120, 129–130.)

2.2.3 Lean-toimintamallin työkalut

Lean-ajattelu antaa työkaluja yrityksen toiminnan tehostamiseen. Näiden työkalujen avulla on mahdollista päästä kohti Lean-ajattelumallin ydintä. Toimintamalli kertoo millä keinoilla tuotannon virtausta voi suunnitella. Käyttämällä työkaluja layoutsuunnittelun yhteydessä, siitä saadaan mahdollisimman tehokas. Yleisiä Lean-toimintamallin työkaluja ovat:

- Just in Time
- Kanban
- Visuaalinen ohjaus
- Jidoka
- Poka-Yoke
- Arvoketjuanalyysi.

Just in Time (JIT). JIT on joukko periaatteita, työkaluja ja menetelmiä, joiden avulla on mahdollista tuottaa oikea määrä oikeita tuotteita oikeaan aikaan asiakkaan vaatimiin tarpeisiin. Erityistä huomiota on kiinnitetty laatuun, asetusajkojen minimointiin ja solutuotannon yleisrakenteeseen. (Liker 2006, 23, 32; Karrus 2001, 79.)

Kanban. Kanban voi olla vaikka tyhjä laatikko. Se on signaali, jolla ohjataan esimerkiksi kokoonpanossa edeltävää työvaihetta tuottamaan lisää osia seuraavalle työvaiheelle. Lean-kulttuurissa seuraava työvaihe on edeltävän työvaiheen asiakas. Kanban voidaan ajatella tilauksena, jolla tilataan palvelu oikealla hetkellä, oikeaan tarpeeseen. Virtaus ja imu luodaan kanbaneilla tuotantoon, jolloin se tuottaa vain sen verran tuotteita, kuin seuraava työvaihe kuluttaa. (Liker 2006, 35, 106–109.)

Visuaalinen ohjaus. Visuaalisessa ohjauksessa kunkin työpisteiden toiminnot ja työkalut on esitetty visuaalisesti. Tämä tarkoittaa, että työpisteessä sijaitsevat työkalut ja toiminnot on merkitty selkeästi esimerkiksi maalaamalla työkaluille paikat työkalutelineisiin tai teippaamalla työalueen rajat lattiaan. (Liker 2006, 156.)

Jidoka. Jidoka on toimintamalli, jossa keskitytään prosessien sisäisen laadun rakentamiseen. Virheen sattuessa työ tulee keskeyttää heti ja työntekijän on etsittävä vian syytä välittömästi. Prosessia tulee kehittää jatkuvasti, etteivät virheet uusiudu. Jidokassa hyödynnetään Poka-Yoke-työkalua virheiden ennaltaehkäisyyn. (Liker 2006, 55.)

Poka-Yoke. Kun pyritään 100% virheettömyyteen on Poka-Yoke-työkalu paikallaan. Poka-Yoke on väline eri työvaiheiden virheiden ennaltaehkäisyyn. Sen avulla voidaan suunnitella työvaiheita siten, että ne ennaltaehkäisevät ja varoittavat virheistä. Tällöin päästään mahdollisimman virheettömään tuotantoon. (Liker 2006, 55.)

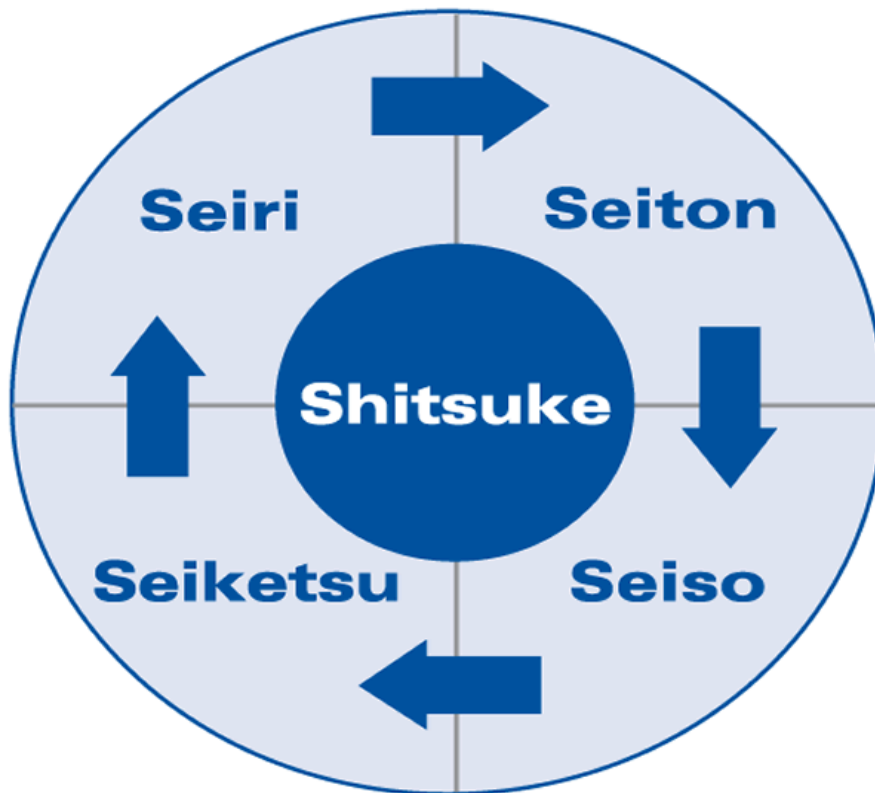
2.2.4 Lean-toiminnankehittämisen työkalut

Toiminnankehittämisen työkaluilla on mahdollisuus kehittää jo olemassa olevaa layouttia. Ne auttavat työpisteiden siistimisessä, työtehtävien sujuvoittamisessa ja auttavat eliminoimaan tuotannossa syntyvää hukkaa. Työkaluilla voidaan hallita ja paikallistaa nykyisen tuotannon virheitä ja ongelmia. Toiminnan kehittämisen työkaluja ovat:

- 5S
- Andon

- 5 x miksi
- Six Sigma
- Kaizen
- Benchmark
- Arvoketjuanalyysi

5S. 5S tulee japaninkielen sanoista Seiri(lajittele), Seiton(järjestä), Seiso(puhdista), Seiketsu(standardoi) ja Shiketsu(ylläpidä). 5S on työkalu, jossa viiden eri toiminnon läpikäyminen auttaa vähentämään hukkaa. 5S-työkalun avulla työpisteet ovat siistit, selkeät ja työkalut ovat niille kuuluvilla paikoillaan. Hukka-aikaa ei kulu tavaroiden etsimiseen. Työturvallisuus, -motivaatio ja -tehokkuus paranevat, kun kaikki työpisteeseen kuulumaton poistetaan. Kyseisen toiminnan noudattaminen vaatii kuitenkin työntekijöiden sitoutumista ja halua. Satunnaisilla tarkastuksilla ylläpidetään kyseistä tasoa. 5S on jatkuvaa kehittämistä ja sen sykli on kuvattu kuviossa 4. (Liker 2006, 150–152.)



Kuvio 4. 5S kiertokulku
(5S from the Lean Lexicon, [viitattu 30.10.2013]).

Andon. Andon on visuaalinen ohjauslaite, joka ilmoittaa tuotannossa olevista vioista, toimintahäiriöistä tai ongelmista, esimerkiksi valon tai äänen muodossa. Signaali ilmoittaa tuotannon tilassa tapahtuneen virheen. Virheen syy on selvitettävä huolellisesti ennen, kuin linja voi jatkaa toimintaansa. Siten virhe ei pääse lopputuotteeseen, koska se havaittiin jo valmistuksen alkuvaiheessa. Andoneita voi kehittää myös itse, mahdollisten virheiden ennaltaehkäisyyn. (Liker 2006, 35,130.)

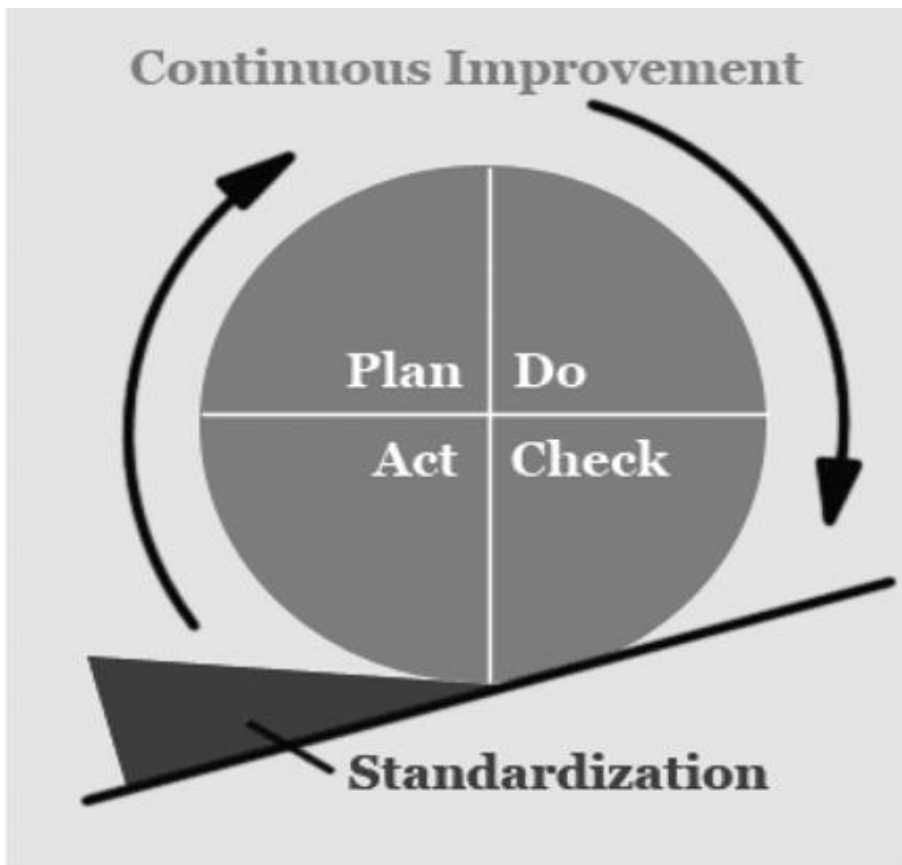
5xmiksi. Kysymällä viisi kertaa miksi on yksinkertainen toimenpide päästä ongelman ytimeen. Kysymyksillä pyritään löytämään aiheutuneeseen virheeseen ratkaisu. Eli virheen sattuessa lähdetään kysymyksellä ”miksi” etsimään ratkaisua ongelmaan ja sen syntymiseen. Löytämällä vastaus viidenteen miksi kysymykseen, on löydetty ratkaisu alkuperäiseen ongelmaan ja sen ilmaantumiseen uudestaan. (Liker 2006, 35,130.)

Six sigma. Six Sigma tarkoittaa kokonaisvaltaista laatujohtamisen (Total Quality Management; TQM) laajennosta. Se ei ole parannusohjelma, vaan suorituskyvyn

parannusmenetelmä. Six Sigma perustuu tieteelliseen parannusmetodiin, jossa hyödynnetään tilastollista ajattelua ja menetelmiä. Six Sigmassa keskitytään vaihtelun minimoimiseen ja Lean keskittyy hukkan poistamiseen. Sen tavoitteena on 3,4 vikaa miljoonaa tuotettua yksikköä kohti. (Liker 2006, 294–296.)

Kaizen. Kaizen on jatkuva parantaminen niin nopeisiin, työpistekohtaisiin pienten askelten kehittämistöihin kuin pitkäjänteisimpiin prosessien kehittämishankkeisiin. Tavoitteena on päästä aikaisempaa korkeammalle suorituskyvyn tasolle. (Liker 2006, 99.)

Jatkovaa parantamista PDCA-syklin mukaisella tavalla (Kuvio 5). PDCA on lyhenne sanoista Plan, Do, Check ja Act. Kuvion 5 mukaisesti suunnitellaan aluksi parannustoimenpiteitä, ja määritellään menetelmät tavoitteiden saavuttamiseksi. Tämän jälkeen suoritetaan toimenpiteet pilottihankkeelle, arvioidaan saatuja tuloksia ja tehdään tarvittavia muutoksia. Sitten toteutetaan parannussuunnitelmia kohdealueilla ja vakiinnutetaan hyväksi havaitut muutokset. PDCA-sykli alkaa taas alusta ja sama toistetaan, kunnes täydellinen toiminta on saavutettu. (Liker 2006, 99.)

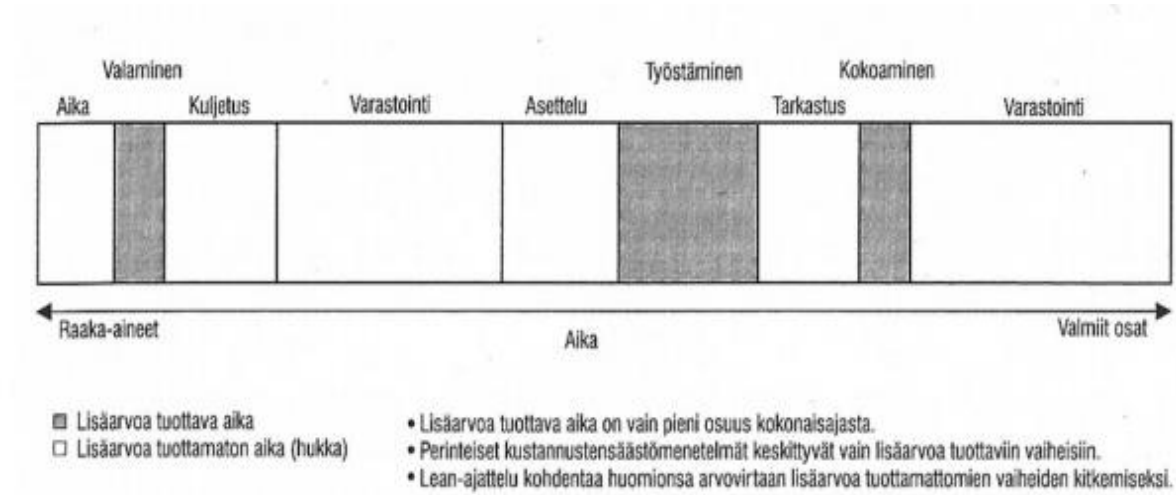


Kuvio 5. Jatkuvan parantamisen PDCA-kierto (PDCA-sykli, [Viitattu 30.10.2013]).

Kuten kuviosta 5. näkee, standardisointi toimii ikään kuin kehittämisen kiilana, joka nostaa toimintaa hitaasti eteenpäin jatkuvan kehittämisen syklissä.

Benchmark. Benchmark eli suoritustasovertailu on toimintatapojen ja suorituskyvyn vertailua ja mittaamista. Tavoitteena on mitata oman yrityksen tai toimialan toimintamalleja muiden samankaltaisten yritysten tai toimialojen hyväksi havaittuihin toimintamalleihin ja soveltaa näitä omassa yrityksessä. (Karrus 2001, 213.)

Arvoketjuanalyysi. Arvoketjuanalyysi on työkalu, josta voi nähdä prosessissa olevan työn määrän ja sen, miten paljon kyseisestä työstä on asiakkaalle arvoa alentamatonta arvoa. Kuviosta 6 voidaan havaita, että lisäarvoa tuottava aika on melko vähäistä, kun hukkan määrä on huomattavasti suurempi.



Kuvio 6. Hukka arvoketjussa
(Liker 2006).

2.2.5 Muda eli hukka

Hukan poistaminen on oleellinen osa Lean-ajattelua. Sen poistaminen ei kuitenkaan tapahdu käden käänteessä, vaan siihen täytyy paneutua ja analysoida mahdollisia ongelmakohtia. Analysoimalla asiakkaan tarpeita ja hänen vaatimaa laatutasoa, voidaan määrittää hukan synty kussakin tuotantoprosessin vaiheessa. Hukkaa esiintyy tuotantoprosessissa monessa muodossa. Hukka-sanalla tarkoitetaan tuotteen lisäarvoa tuottamatonta työtä. Taulukossa 2 on todettu hukan määrittely:

Taulukko 2. Hukan määrittely
(Liker, 2006).

Hukka	Selitys
Ylituotanto	Tuotetta valmistetaan enemmän kuin on tarvetta. Tuotteita joudutaan varastoimaan, mistä aiheutuu kustannuksia.
Odottelu	Tuotteen valmistuksessa joku työntekijöistä ei voi tehdä työtään, koska hän joutuu odottamaan, että edellinen saa työnsä tehtyä.
Tarpeeton kuljettelu	Tuotetta kuljetetaan paikasta toiseen kasvattamatta sen arvoa.
Tuotteen ylikäsittely	Tehdään liian hyvää laatua.
Turhat varastot	Varastoidaan tavaraa, jolla ei ole arvoa.
Tarpeeton liikkuminen tai liike	Työkalujen, osien ym. hakemiseen käytetty liikkuminen
Vialliset tuotteet	Vialliset tuotteet ja niiden korjaus tietää turhaa työtä.
Potentiaalisen työvoiman tuhlaus	Työntekijät voisivat tehdä töitä, mutta he ovat tekemättä mitään, juttelevat keskenään, juovat kahvia jne.

Yllä olevasta taulukosta nähdään, missä muodossa hukkaa ilmenee tuotantoprosessissa. Ylituotanto on suurin hukan muoto, koska se aiheuttaa suurimman osan muusta tuhlauksesta. Se esimerkiksi vie varastotilaa, joka puolestaan sitoo pääomaa. Lisäksi tuotteita varten hankitut materiaalit vievät lattiatilaa tuotannossa. Puskurivarastoja muodostuu paljon ja se laskee jatkuvan kehittämisen motivaatiota. Jos tuotanto seisahtuu viallisen tuotteen vuoksi, siitä ei ole haittaa, koska tuotteita on varastossa.

Lean-ajattelun mukaan kyseisiä varastoja ei pitäisi olla, koska kaikki tehdään ainoastaan asiakkaan tarpeeseen. Näin ollen ennalta ehkäisevä huolto olisi voinut estää tuotannon keskeytymisen, eikä viallisia tuotteita pitäisi päästä seuraavaan tuotantovaiheeseen. Lean-ajattelussa pyritään ennaltaehkäisemään virheiden syntymistä.

Teollisuudessa kannattaa todella käyttää aikaa tuotannon prosessien suunnitteluun ja sen myötä hukan eliminoimiseen, koska tällöin tuotanto toimii tehokkaammin joka osa-alueella.

2.2.6 Lean-toimintamallin käyttö solupohjaisessa tuotannossa

Solujärjestelmä on yksi Lean-toimintatavan avaintekniikoita, vaikkakin Lean-ajattelua vanhempi. Solut hoitavat itsenäisesti lähes kaikki niille kuuluvat tehtävät, joita ovat esimerkiksi siirrot, tarkastukset ja työvälinoiminnot. Täten solujen johtaminen on helpompaa, koska ohjauspisteitä on vähän. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 93.)

Laadun tarkkailu helpottuu, kun kukin solu hoitaa itsenäisesti laaduntarkkailun. Näin ollen laadunvarmistusorganisaatio supistuu. Tämä helpottaa laadunvarmistusta, jolloin se voi keskittyä esimerkiksi piirustuksissa olevien laatumääreiden ja valmistusmenetelmien keskinäiseen vastaavuuteen. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 93.)

Solujärjestelmän lisää työntekijöiden vastuuta, sillä jokainen tehty kappale voidaan jäljittää kullekin koneelle yksityiskohtaisesti. Tämä antaa motivaation siihen, että kaikkiin virheisiin ja ongelmiin puututaan saman tien, koska virheet ovat niin selvästi jäljitettävissä. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 94.)

Vastuun tuomaa motivaatiota ei kannata jättää käyttämättä. Kun solulle antaa vastuuta, se auttaa motivoimaan työntekijää olemaan ylpeä siitä mitä hän tekee. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 93.)

Lapinleimu ym. ovat luokitelleet solujen toiminnan laatua seuraavasti:

- A-luokka: Solun tuotteet eivät aiheuta häiriöitä seuraavassa vaiheessa, esimerkiksi kokoonpanossa niitä ei tarvitse tarkastaa. myöhästymisiä ei esiinny.
- B-luokka: Solun toiminnassa esiintyy satunnaisia häiriöitä, muttei vaadi jatkuvaa valvontaa ja ohjausta. Satunnaiset myöhästymiset voivat olla mahdollisia.
- C-luokka: Solun työnlaatua ja toimitustäsmällisyyttä on valvottava.

Eron täytyy näkyä A-solun henkilöstön peruspalkkauksessa, esimerkiksi koko ryhmän henkilökohtaisena laatulisänä, joka pitää sisällään niin tuotteen laadun kun solun toimitusvarmuuden. (Lapinleimu, Kauppinen, Torvinen 1997, 94.)

Työ on solussa tuottavaa, koska työntekijät ovat motivoituneita ja he ovat vastuussa tekemistään tuotteista. Solussa syntyy jatkuvaa kehitystä, tai näin ainakin on

ideaalisuhteessa. Vaiheajojen ollessa lyhyet, kyseisen solun toiminnan voi hoitaa yksi henkilö. Tämä voi johtaa siihen, että työntekijä joutuu pakkotahtiseen oravanpyörään eikä se palvele silloin solunmukaista toimintaa. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 93.)

2.3 Layout

Layout termillä tarkoitetaan tuotantojärjestelmän fyysisten osien sijoittelua tehtaan pinta-alaan nähden. Esimerkkejä fyysisistä osista ovat laitteiden ja varastopaikkojen sijoittelu. Tuotantoprosessien tavoitteet vaikuttavat layoutin valintaan oleellisesti, koska se määrittää käytettävät koneet, valmistusmenetelmän ja työskentelytavan. Layoutit voidaan jakaa eri päätyyppisiin työnkulun ja tuotantolaitteiden perusteella. Layoutityypit ovat funktionaalinen layout, tuotantolinja layout ja solulayout. (Haverila, Uusi- Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 475.)

2.3.1 Funktionaalinen layout

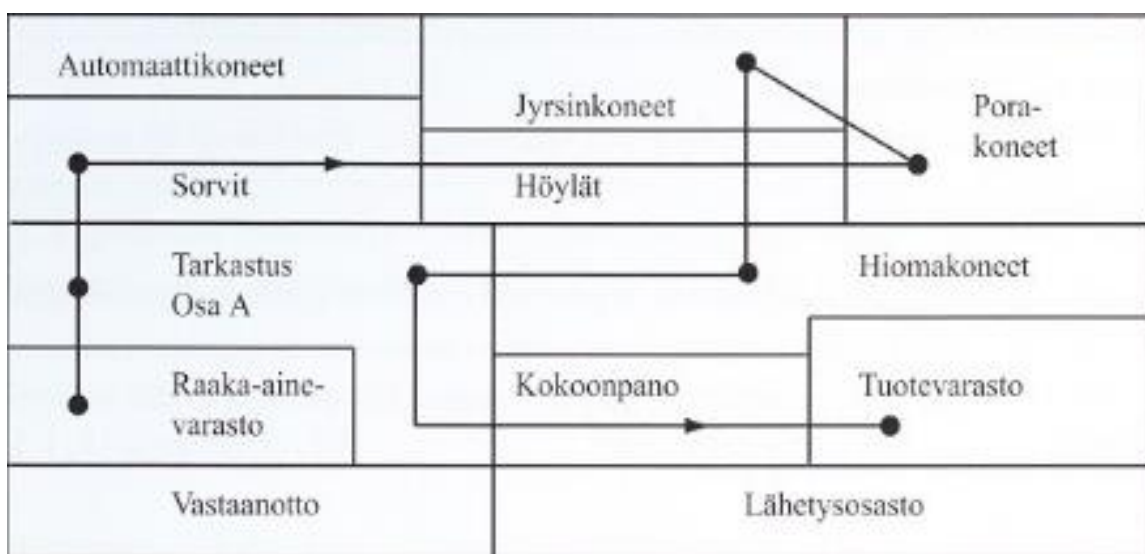
Funktionaalisisessa layoutissa periaatteena on samanlaisten työtehtävien ja koneiden sijaitseminen samassa pisteessä. Esimerkiksi sorvit ovat sorvaamossa ja hitsit hitsaamossa. Valmistettava tuote kulkee erilaisten vaiheketjujen välillä, joita tuote tarvitsee (Kuvio 7) (Lapinleimu, Kauppinen, Torvinen 1997, 79; Tiainen 1996, 67–69; Haverila, Uusi- Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 476–477.)

Funktionaalisisessa layoutissa koneet ja laitteet ovat monipuolisia yleiskoneita, joilla voidaan valmistaa joustavasti erilaisia tuotteita. Tällaisen layoutin edut tulevat esille sekatuotannossa, jossa on paljon erilaisia tuotteita ja sarjakoot ovat pienet. (Lapinleimu, Kauppinen, Torvinen 1997, 79; Tiainen 1996, 68–69; Sjölander, 1982, 62–64; Haverila, Uusi- Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 476–477.)

Tuotetyyppejä ja tuotantomääriä voidaan vaihdella joustavasti. Koneet ja laitteet pyritään valitsemaan siten, että ne pystyvät suoriutumaan erityyppisistä tehtävistä ja valmistamisesta joustavasti. Tuotteita on mahdollista valmistaa joko sopivina sarjoina tai yksittäiskappaleina. Funktionaaliseen layouttiin on hankala lisätä automaatiota, koska työnkulut poikkeavat

toisistaan lähes poikkeuksetta. Tuotannonohjaus perustuu pitkälti koneille jonottavien töiden järjestelyyn. (Lapinleimu, Kauppinen, Torvinen 1997, 79; Tiainen 1996, 67–69; Sjölander, 1982, 62–64; Haverila, Uusi- Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 475–477.)

Funktionaalinen layout on parhaimmillaan pienissä konepajoissa ja tehtaissa. Se on taloudellinen vaihtoehto jos verrataan sitä muihin layout tyyppeihin. Hyvin toteutettu tuotannosuunnittelu mahdollistaa koneiden korkean käyttöasteen, läpimenoaikojen pysyessä inhimillisinä. Lisäksi materiaalien virtaus on huomioitava, että siirtomatkat pysyvät lyhyinä. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 79; Tiainen 1996, 67–69; Sjölander, 1982, 62–64; Haverila, Uusi- Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 475–477.)

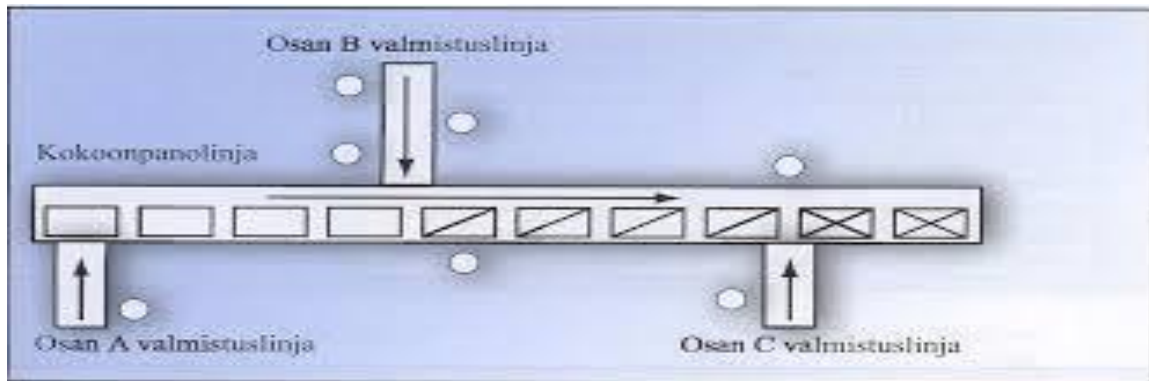


Kuvio 7. Funktionaalinen layout (Haverila, ym. 2009).

2.3.2 Tuotantolinjalayout

Tuotantolinjalayout muodostuu tuotekohtaisista koneista, jotka määräytyvät valmistettavan tuotteen mukaan. Tuotantolinja on erikoistunut tietyn vakiotuotteen valmistukseen. Tuotevariaatioita ei ole, vaan kyseistä tuotetta valmistetaan suuria määriä. Alla olevasta kuvasta (Kuvio 8) nähdään, että tuotantolinjalayout muodostuu päälinjasta ja sitä ruokkivasta suorasta sivulinjasta, solusta ja erikoissolusta. Sivulinjat ruokkivat päälinjaa eri menetelmin. Sivuvirrat voivat olla tehtaan sisäistä tai ulkoista logistiikkaa. Tuotantolinjalla on korkea kuormitusaste ja suuri volyymi. Sen valmistus ja kappaleenkäsittely on

automatisoitua ja tehokasta. Työnkulku on selkeää ja eri vaiheiden välillä voidaan käyttää mekaanisia kuljettimia.



Kuvio 8. Tuotantolinjalayout
(Haverila, ym. 2009).

Tuotantolinjan ongelmana on suuri häiriöalttius. Pienikin häiriö vaikuttaa välittömästi linjan toimintaan tai pahimmillaan pysäyttää sen kokonaan, kunnes häiriö on saatu poistettua. Virheellisten tuotteiden määrä kasvaa tuotantovolyymien kasvaessa. Siksi onkin tärkeää, että laadunvalvontaan kiinnitetään huomiota linjatutantoa suunniteltaessa. Näin häiriöitä saadaan ehkäistä mahdollisimman tehokkaasti, ettei virhe pääse lopulliseen tuotteeseen. (Tiainen 1996, 67–69; Haverila, Uusi- Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 475–476.)

Tuotantolinjan selkeä kulku tekee linjan ohjauksesta helppoa, näin ollen sitä voidaan ohjata yhtenä kokonaisuutena. Tuotantolinjan perustamiskustannukset ovat suuret, mutta suurten valmistusmäärien vuoksi tuotteen yksikköhintaa voidaan laskea, joka puolestaan nostaa kilpailukykyä.

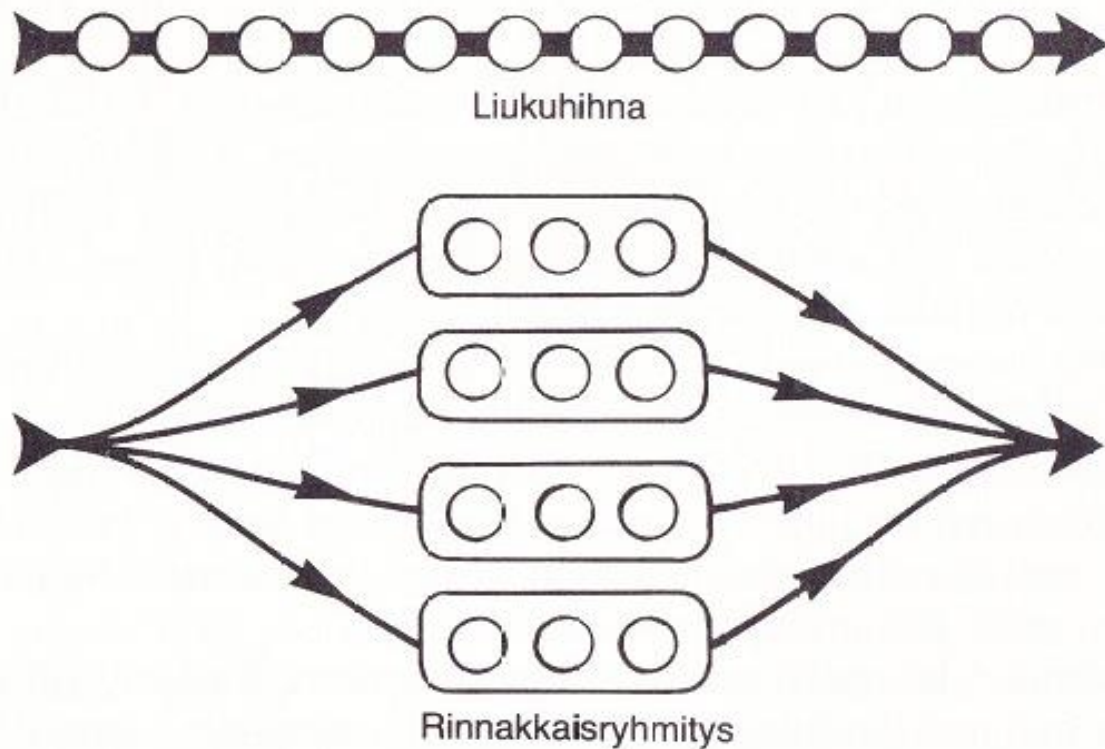
Tuotantolinjan toteutuksen jälkeen, sen kapasiteetin kasvattaminen vaikeata, joten valmistettavan tuotteen rakenne tulee suunnitella huolellisesti. Rakenteen jakaminen pienempiin osiin tekee tuotantolinjasta mahdollisimman tehokkaan. Tuotantolinjan kapasiteetti on otettava huomioon jo sitä suunniteltaessa, koska sen kapasiteetin muuttaminen toimivaan linjaan on työlästä. Linjan tasapainotus on tehtävä uudelleen, jos se räätälöidään uudelle tuotteelle. Linjan tuottavuus kärsii useiden tuoteversioiden valmistamisesta samalla linjalla, koska eri tuotteiden vaiheajojen muuttuessa sen tasapaino heikkenee. Tuottavassa linjassa virheelliset tuotteet ja puolivalmisteet siirretään linjalta sivuun. Tällöin linjan tuottavuus ei laske juurikaan ja kyseiset tuotteet valmistetaan

loppuun sen ollessa mahdollista. Tuotantolinjaa käytetään yleensä kokoonpanotuotannossa, erityisesti autoteollisuudessa. (Lapinleimu, Kauppinen, Torvinen 1997, 79; Tiainen 1996, 67–69; Sjölander, 1982, 62–64; Haverila, Uusi- Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 476–477.)

Rinnakkaisryhmitys. Rinnakkaisryhmitys on tuotantolinjasta jalostettu tuotantomalli. Kyseisessä mallissa, tuotantolinja on jaettu pienempiin osiin, jotka kulkevat rinnakkain tuotantolinjan mukaisesti, kuten kuvista 9. voidaan nähdä. Rinnakkaisryhmitys lisää perinteiseen linjatuotantoon joustavuutta, sillä jokainen ryhmä muodostaa pienen tuotantolinjan. Ryhmät eivät ole riippuvaisia toisistaan vaan, jokainen ryhmä valmistaa itsenäisesti lopputuotetta. Jokaiseen ryhmään ohjataan materiaalivirrat erikseen, jolloin ne voivat keskenään muuttaa työtahtiaan. (Sjölander, 1982, 73–75.)

Rinnakkaisryhmitys tukee tiimityötä. Työntekijät toimivat itsenäisesti ja heillä on enemmän vastuuta, koska he suorittavat valmistuksen kokonaan itsenäisesti alusta loppuun. Tämä nostaa myös motivaatiota niin yksilötasolla kuin ryhmässäkin. Häiriön sieto kasvaa, sillä toiminnan keskeyttäminen ryhmässä ei vaikuta toisten ryhmien toimintaan. Tuotantovolyymia tai tuotevariaatioita voidaan muuttaa ilman, että järjestelmää joudutaan tasapainottamaan uudelleen. Tämän vuoksi ryhmiä tai ryhmien miehitystä voidaan tarvittaessa vaihdella sujuvasti. (Sjölander, 1982, 73–75.)

Rinnakkaisryhmien suurin ongelma on logistiikassa. Se vaatii tarkkaa materiaalinhallinnan suunnittelua. Pullonkaula voi muodostua, kun materiaalivirtaa yritetään sovittaa päälinjalle. Ryhmien kuljetusjärjestelmät ovat hankalat ja niiden pitää olla huolellisesti suunnitellut, ettei linjatuotannon etuja menetetä. Tämä voi aiheuttaa kalliita kustannuksia materiaalin kuljetusten suhteen. (Sjölander, 1982, 73–75.)



Kuvio 9. Rinnakkaisryhmitys ja tuotantolinja
(Sjölander 1981).

Rinnakkaisryhmitys on hyvä vaihtoehto tavallisen tuotantolinjan tilalle, koska se antaa enemmän vapautta työntekijöille ja nostaa näin ollen motivaatiota. Ryhmitys voisi olla hyvä vaihtoehto esimerkiksi valmistussolujen tilalle esikokoonpanoon. Tällöin olisi helpompi reagoida mahdollisiin häiriöihin. Rinnakkaisryhmityksen toteutus perinteisen linjakokoonpanon tilalle on hankalaa, koska valmistettavan tuotteen olisi mahdollista valmistaa moduuleista, joita olisi helpompi valmistaa toisistaan riippumattomien ryhmien kesken.

Funktionaalinen layout	Tuotantolinjalayout
<ul style="list-style-type: none"> - suuret yksikkökustannukset - paljon keskeneräisiä töitä - joustava tuotepolitiikassa - helppo rakentaa - pieni häiriöalttius - tuotannonohjaus vaikeaa - joustava kapasiteetin lisäämisessä - kuormitusaste 60 - 90% 	<ul style="list-style-type: none"> - pienet yksikkökustannukset - vähän keskeneräisiä töitä - jäykkä tuotepolitiikassa - vaikea rakentaa - suuri häiriöalttius - tuotannonohjaus helppoa - joustamaton kapasiteetin lisäämisessä - kuormitusaste 80 - 100%

Kuvio 10. Funktionaalisen ja tuotantolinjalayoutin vertailua (Haverila, ym. 2009).

Kuviosta 10 nähdään, että tuotantolinjalayout soveltuu parhaiten yrityksille, jotka valmistavat yhtä tuotetta suurella volyymillä, mutta pienillä tuotevariaatioilla. Tällöin se on kustannustehokas tuotteen hinnan kannalta, vaikka tuotantolinjan perustamiskustannukset ovat kalliit. Funktionaalinen layout sopii taas pienemmille yrityksille, jotka valmistavat yksittäisiä tai pieniä sarjoja, niiden sisältäessä paljon eri tuotevariaatioita. Se on helppo rakentaa ja sen kapasiteettia on helppo lisätä, toisin kuin tuotantolinjatyyppisen valmistuksen. Lisäksi funktionaalisen layoutin valttina on pieni häiriöalttius ja juostavuus kapasiteettia lisättäessä toisin kuin tuotantolinjalayoutissa.

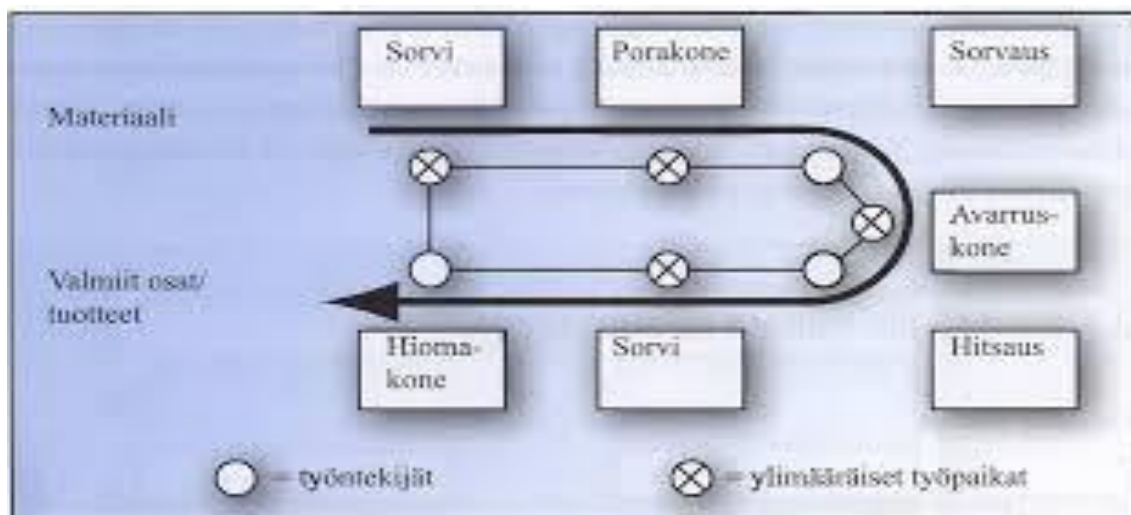
2.3.3 Solulayout

Solulayout (Kuvio 11) on eräänlainen välimuoto tuotantolinjasta ja funktionaalisesta layoutista. Se on itsenäinen pieni valmistusyksikkö. Solun sisällä olevat koneet ja työpaikat, muodostavat oman ryhmän, joka on erikoistunut tiettyjen työvaiheiden ja osien valmistamiseen.

Solulayoutin materiaalivirta on selkeä eikä siinä esiinny välivarastoja. Solussa valmistus on joustavaa sille suunnitellulle tuotteelle ja asetusajat tuotteiden vaihtuessa ovat lyhyet. Solun läpäisyajat ovat huomattavan lyhyitä funktionaaliseen layouttiin verrattuna. Solu on joustavampi kuin tuotantolinja ja tehokkaampi kuin funktionaalinen järjestelmä oman tuoteryhmänsä puitteissa. (Tiainen 1996, 67–69; Haverila, Uusi- Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 475–478.)

Solulayoutissa eräkoot voivat vaihdella yksittäiskappaleesta aina pieniin sarjoihin. Solun ohjaus on helppoa, koska se muodostaa vain yhden kuormituspisteen ja läpäisy aika on lyhyt. Virheiden löytäminen ja korjaaminen on helppoa, koska valmistettavan tuotteen valmistusvaiheet ovat pienellä alueella peräkkäin. Kuormitusasteet vaihtelevat huomattavasti solun sisällä olevilla koneilla ja ovat alhaisemmat kuin tuotantolinjalla. Solulayout on herkempi kuormituksen vaihteluilla ja tuotevalikoiman voimakkailla muutoksille kuin funktionaalinen layout. (Lapinleimu, Kauppinen, Torvinen 1997, 79; Tiainen 1996, 67–69; Haverila, Uusi- Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 476–477.)

Solulayout nostaa työntekijän motivaatiota työntekoa kohtaan ja parantaa tuottavuutta, koska solun sisällä toimiva ryhmä vastaa itse tehtäviensä suunnittelusta ja suorittamisesta. Ryhmä on tiivis ja toimii yhtenäisesti erittäin hyvin, joka nostaa puolestaan tuottavuutta. Työntekijät voivat itse vaikuttaa solunsisäiseen työnjakoon ja tehtävien kierrättämiseen. (Lapinleimu, Kauppinen, Torvinen 1997, 79; Tiainen 1996, 67–69; Haverila, Uusi- Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 475–477.)



Kuvio 11. Solulayout
(Haverila, ym. 2009).

2.3.4 Tuotetehtaat ja -verstaat

Tuoteverstas on solua suurempi, pienehkö itsenäinen valmistusyksikkö, joka toimii osana suurta tuotantolaitosta. Se tuottaa osia pääosin laitoksen omiin sisäisiin tarpeisiin. Tuoteverstaan organisaatioon kuuluu oma työnjohto, työnjärjestely ja laadunvalvonta

tavallisessa tuotannossa. Tuoteverstaan henkilöstö on vastuussa tuottamastaan laadusta. Materiaalivirta liikkuu tuoteverstaan sisällä, eikä liity näin ollen muun tehtaan toimintaan, koska se on suunniteltu tuoteverstaan sisällä olevien tuotteiden valmistukseen ja ohjaukseen. Tämän vuoksi tuoteverstaalla on myös oma kalusto. Tuoteverstaisten muodostama järjestelmä mukautuu joustavasti ja nopeasti tuotanto-ohjelmien muutoksiin ja tuotevariaatioiden valmistamiseen, muttei kuitenkaan erilaisten tuotteiden vaihteluun. (Lapinleimu, Kauppinen, Torvinen 1997, 96–98; Haverila, Uusi- Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 477–479.)

Tuotetehtas on tuoteverstasta laajempi käsite. Se on oma organisaatioyksikkö, joka vastaa itsenäisesti omasta tuotteestaan. Siinä missä verstaas on pelkkä valmistusyksikkö, on tuotetehtaalla muun muassa tuotekehitysvalmiutta ja myyntiresursseja. Se voi valmistaa tuotteita muuhunkin kuin oman tehtaan sisäisiin toimintoihin. Tuotetehtas koostuu osavalmistus- ja kokoonpanoyksiköistä. Tehtaan materiaalivirta yhdistää yksiköiden toiminnan kokonaisuudeksi. (Lapinleimu, Kauppinen, Torvinen 1997, 96–98; Haverila, Uusi- Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 477–479.)

Tuotetehtaan ja tuoteverstaan tavoitteet ovat samat kuin solujärjestelmässä, eli nostaa tuottavuutta. Näitä kyseisiä järjestelmiä on myös helpompi johtaa, koska ne toimivat omana yksikkönään yrityksessä. Tuotetehtaan henkilömäärä vaihtelee 30 ja 100 välillä, kun taas tuoteverstaassa se on 20–60 henkilöä. (Lapinleimu, Kauppinen, Torvinen 1997, 96–98; Haverila, Uusi- Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 477–479.)

2.3.5 Layoutin valinta ja -suunnittelu

Layoutin suunnittelu on usein kompromissi edellä mainitusta layout tyypeistä. Niistä valitaan yrityksen tuotantotiloihin sopivin, jota käytetään runkona layoutin suunnittelulle. Sitä lähdetään kehittämään siten, että se toimii kaikilla tuotantoratkaisuilla eikä vain yhdellä.

Layoutin valinta. Layouttyyppi valitaan tuotevalikoiman laajuuden ja määrän perusteella. Toimiva layout voi pitää sisällään useampiakin layout tyyppisiä, koska yhdentyyppinen layout ei välttämättä ole toimiva ratkaisu joka paikassa. Tuotantostrategiat voidaan jakaa karkeasti kolmeen ryhmään.

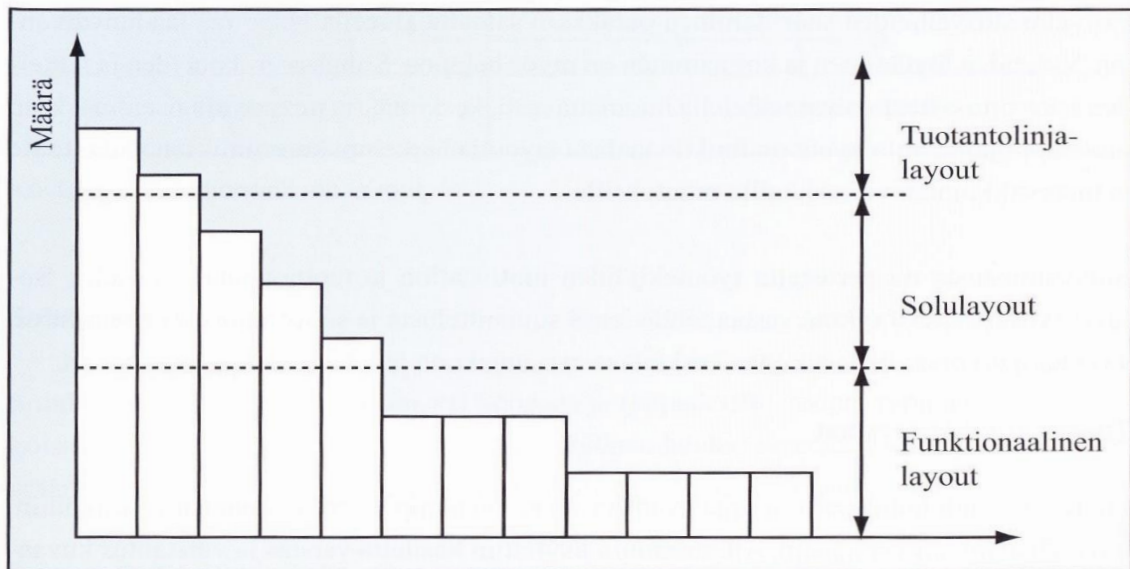
Strategiassa 1 yrityksessä on tilausohjattu piensarjatuotanto. Tällöin tuotanto on joustavaa ja suunnittelu nopeaa. Joustavuus on pääosassa, eikä niinkään nopeus. Yrityksessä on monitaitoisia työntekijöitä yleiskoneilla ja laatu vastuussa ovat työntekijät. (Sjölander 1981, 148–150.)

Strategiassa 2 yritys tuottaa joustavasti pieniä sarjoja, jolla on paljon tuotevariaatioita. Suunnittelulla on suurempi arvo kuin joustavuudella, se on nopeaa ja toimivaa. Laadunohjaukselta on jonkin verran ja laatuorganisaatio vastaa tuotteiden laadusta. Työntekijät ovat tuotannon moniosaajia, jotka ovat erikoistuneet johonkin tiettyyn koneeseen. (Sjölander 1981, 148–150.)

Strategiassa 3 yritys valmistaa tuotteita, joilla on suuri volyyymi mutta tuotevalikoima on suppea. Tuotteita tehdään sarjatuotantona, jolloin tuotannon tehtävät jäävät pieniksi. Tämän lisäksi rinnakkaisjärjestelmien käyttö on haasteellista sekä kallista toteuttaa, joskin tuotannon työvaiheita voidaan yhdistellä lisäämällä automaatiota. (Sjölander 1981, 148–150.)

Strategian valinnan pohjalta voidaan miettiä tuotantoa ja määrittellä päälayout tyyppi. Myös talous- ja henkilöstöresurssit on otettava huomioon, koska ne vaikuttavat oleellisesti layoutin toimivuuteen. Funktionaalinen layout on hyvä valinta strategiaa 1 käyttäville yritykselle, mikäli halutaan keskittyä enemmän tuotannon joustavuuteen. Mikäli tuotantostrategia on valittu suunnittelu ja nopeuspainotteiseksi, eli strategiaa 2 mukaan, on solulayout paras vaihtoehto. Se kuitenkin vaatii enemmän työntekijöitä. Solulayout ei ole niin joustava, kuin funktionaalinen layout ja sen läpimenoajat ovat lyhemmät. Strategiaa 3 käyttävät yritykset voisivat soveltaa myöskin solulayouttia tuotannossa, mutta suuri tuotantovolyyymi aiheuttaa ongelmia valmistukselle. Tällöin järkevin vaihtoehto on tuotantolinjalayout, jota voidaan tarvittaessa tehostaa automaatiolla, jos tuotantostrategia sitä vaatii. Strategiassa 3 voidaan tuotantolinjalayouttia ruokkia solu- tai funktionaalilla layoutilla esimerkiksi moduulien tai puolivalmisteiden muodossa. (Sjölander 1981, 75, 148–150; Haverila, Uusi- Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 478–480.)

Tuotemääräanalyysiä (Kuvio 12) voidaan käyttää apuna layouttia suunniteltaessa. Analyysi perustuu yllä esiteltyihin strategioihin, esittämällä graafisesti yrityksen tuotteiden määrää pystyakselilla ja tuotevariaatioiden määrää vaaka-akselilla. Vertailemalla yrityksen strategiaa kuvaajaan, voidaan löytää järkevin layoutvaihtoehto. (Haverila, Uusi- Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 478–480.)



Kuvio 12. Tuotemääräanalyysi (Haverila, ym. 2009).

Tuotantomäärät ja niiden suuruus vaikuttaa oleellisesti sopivan layoutin valintaan. Pieniä sarjoja ja yksittäistuotteita valmistavan yrityksen paras vaihtoehto on funktionaalinen layout. Sen perustamiskustannukset ovat halvat verrattuna suuriin ja monimutkaisiin tuotantolinjoihin. Solulayout on myös mahdollinen, jos käytössä on tarpeeksi työntekijöitä ja pääomaa. Tuotantolinjalayout sopii parhaiten yrityksille, jotka valmistavat suuria määriä tuotteita pienillä tuotevariaatioilla. Tuotantolinjalayouttia on mahdollista tehostaa solulayoutin avulla esimerkiksi tuotteiden osakokoonpanon avulla.

Layoutsuunnittelu. Layoutsuunnittelu on monimutkainen prosessi, johon vaikuttavat monet asiat ja tekijät. Siinä on otettava huomioon kaikki osa-alueet strategiasta lähtien. Strategia määrittää pitkälti yrityksen päälayoutin, mutta jokaisen yrityksen pitää räätälöidä layouttia sen tuotannon mukaan. Hyvä layout syntyy kompromisseista, joita on pakko tehdä, että

layout saadaan toimimaan optimaalisesti. (Haverila, Uusi- Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 480–482.)

Layoutsuunnittelun runkona voidaan pitää viittä kohtaa, jotka helpottavat suunnitelman tekemistä ja ohjaavat sitä oikeaan suuntaan.

1. tuotteiden rakennetiedoissa määritellään käytettävät raaka-aineet ja puolivalmisteet.
2. tuoterakenteen määrittäminen kertoo työjärjestyksen ja työvaiheet.
3. tuotantomäärän perusteella mitoitetaan tuotantokoneisto ja määritellään tuotantomuoto ja -tekniikka.
4. tuotannon aikajänne kertoo kuinka pitkän ajan tuotanto tulee säilymään suunnitelman mukaisena. Aikajänne vaikuttaa investointien kannattavuuteen.
5. tukitoiminnot kertovat mitä valmistusta tukevia toimintoja tarvitaan. Tukitoiminnot ovat sosiaalityöt, työkalunhuolto, jätteidenkäsittely ja paineilmalaitteisto. (Haverila, Uusi- Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 480–482.)

Layoutsuunnittelun tavoitteet. Keskeinen asia layouttia suunniteltaessa on materiaalivirtojen tehokas suunnittelu. Kuljetuskerrat ja -matkat on pyrittävä minimoimaan eri osastojen ja työpisteiden välillä, jotta virtaus olisi mahdollisimman tehokasta ja sujuvaa. Selkeät materiaalivirrat helpottavat tuotannonohjauksen ja toiminnan kehittämistä. Työpisteet tulisi sijoittaa niin, ettei ylimääräisiä siirtoja työpisteiden välillä tarvita. Lisäksi on huomioitava mahdolliset myöhemmät laajennukset ja muunneltavuudet esimerkiksi tuotannon kasvaessa. Näin ollen suuret koneet tai isot tuotantolinjat on sijoitettava siten, etteivät ne haittaa myöhempää kehitystä. Haverila ym. (2009) listanneet hyvän layoutin ominaisuuksia seuraavasti:

- Materiaalivirrat ovat selkeät.
- Materiaalin siirtotarve on pieni.
- Layout on helposti ja joustavasti muutettavissa.

- kuljetusmatkat ovat lyhyet
- erityisosaamista vaatima valmistus on keskitetty samaan paikkaan
- tehtaan sisäisten palvelujen sijoitus käyttöpaikan lähelle
- sisäinen kommunikointi on helppoa.
- materiaalin vastaanotto ja jakelu on helppoa
- eri valmistusvaiheiden tarpeet on otettu huomioon
- kaikki tila on tehokkaasti käytetty, ja
- Työturvallisuus ja -tyytyväisyys on otettu huomioon. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 482.)

Hyvässä layoutissa on otettu huomioon suurin osa yllä olevista ominaisuuksista. Oheista listaa on hyvä käyttää muistiona layouttia suunniteltaessa. Tärkeimpänä tekijänä on varmasti materiaalien liikuttelu ja kuljetuskerrat. Tällöin säästyy aikaa ja se lyhentää tuotannon läpimenoaikaa. Lisäksi on syytä keskittyä yrityksen erityisosaamista vaatimaan valmistukseen ja sen tulisi olla samassa paikassa.

Layoutsuunnittelun arviointi. Layoutvaihtoehtojen arvioinnissa voidaan käyttää esimerkiksi hyötyarvomatriisia (Kuvio 13). Lähteen kuvion ilmeiset painovirheet A ja B sarakkeiden viidennessä kohdassa on korjattu oikeilla arvoilla. Matriisiin voidaan listata tärkeimpiä ominaisuuksia, kun yrityksen layoutsuunnittelun tavoitteita asetetaan. Ominaisuudet listataan tärkeysjärjestykseen, minkä mukaan niille määräyty kerroin. Tämän jälkeen ominaisuudet pisteytetään, riippuen miten paljon arvoa kyseiselle toiminnalle halutaan. Lopuksi pisteet kerrotaan painoarvoilla ja lasketaan yhteen. Suurimmat pisteet kerännyt layout on tämän matriisin perusteella paras vaihtoehto. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 481.)

	Paino- arvo	Vaihtoehtojen arvostelu ja punnitut pisteet				
		A	B	C	D	E
1. Materiaalin kulun 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 20	A 40	
4. Valmistuksen ohjaus	3	A 12	U 0	A 12	A 12	
5. Joustavuus laajennuksille	7	E 21 12	A 28	E 21 12	A 28	
6. Työkaluhuolto	6	A 24	O 6	I 12	I 12	
7.						
SUMMA		116 125	84	92 101	128	

A = melkein täydellinen (4) E = erittäin hyvä (3) I = hyvä (2)
 O = välttävä (1) U = huono (0) X = ei toivottava (-)

Kuvio 13. Hyötyarvomatriisi
(Haverila, ym. 2009).

2.4 Logistiikka

Laaja-alaisen määritelmän mukaan logistiikalla tarkoitetaan yrityksen kaikkien materiaalivirtojen ja niihin liittyvien tietojen hallintaa. Sen keskeisenä tarkastelukohteena ovat yrityksen ulkopuoliset materiaalivirrat ja niihin liittyvä toiminnot. Logistiikan tavoitteena on ohjata ja hallita koko arvoketjua aina raaka-aineen valmistuksesta lopputuotteeseen asti. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 460–462.)

Logistiikan keskeisiin tehtäviin kuuluu kuljetusten ja varastoinnin suunnittelu sekä valmiiden tuotteiden varastointi. Logistiikka koskee myös yrityksen sisäistä materiaalivirtaa ja toimitusten hallintaa. Tuotteiden eri valmistusyksiköissä valmistetaan paljon osia ja logistiikan tehtävänä on huolehtia, että kaikki osat ovat asiakkaalla sovittuna aikana. Yrityksen sisäistä materiaalivirtojen suunnittelua ja ohjausta nimitetään sisäiseksi logistiikaksi. Ulkoinen logistiikka pitää sisällään yrityksen ulkopuoliset materiaalivirrat. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 460–462.)

Tehokkaalla materiaalin ohjauksella voidaan päästä suuriin säästöihin ilman, että kannattavuus kärsii. Se vaatii toimiakseen hyvää strategian hallintaa kuljetusten varastoinnin ja hankinnan osalta. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 460–462.)

2.4.1 Materiaalinhallinta

Materiaalin hallinnalla tarkoitetaan yrityksen raaka-aineiden, puolivalmisteiden ja lopputuotteiden hankinnan varastoinnin ja jakelun hallintaa. Sen puitteissa ohjataan kaikkia materiaalivirtoja toimittajalta aina asiakkaalle saakka. Materiaalihankintojen osuus on yritysten toiminnassa kasvanut viime vuosikymmeninä. Tämän vuoksi hankintatoimien ja materiaalihankintojen osuus on kasvanut viime vuosina. Yritykset ovat pyrkineet pienentämään varastojaan ja samanaikaisesti tilaus-toimintaprosessien aikajänteitä on lyhennetty. Tehokkaalla materiaalitoimintojen organisoinnilla ja hallinnalla on mahdollista päästä näihin tavoitteisiin. (Haverila, Uusi- Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 443.)

Haverila ym. (2009) ovat listanneet materiaalihallinnon kaksi perustavoitetta:

1. Halutun palvelutason ylläpito. Materiaalihallinnon pitää pystyä ylläpitämään haluttua palvelutasoa. Lopputuote-, puolivalmiste- ja materiaalivarastojen palvelutaso muodostuu tuotteiden saatavuudesta sekä toimitusajan pituudesta. Materiaalihallinnon toimintoja tulee kehittää siten, että varastot pystyvät palvelemaan omaa tuotantoa sekä loppuasiakasta halutulla tavalla. Materiaalitoiminnolta edellytetty palvelutaso on yksi keskeisimmistä strategiapäätöksistä.
2. Materiaalihallinnan kokonaiskustannusten minimointi.
Materiaalihallinnankustannukset muodostuvat seuraavasti:
 - ostettavien materiaalien hinta
 - oston kustannukset
 - kuljetus, vastaanotto ja tarkastuskustannukset
 - varastointikustannukset
 - jakelukustannukset

- materiaalivirheiden aiheuttamat kustannukset tuotannossa
- puutekustannukset
- reklamaatiokustannukset. (Haverila, Uusi- Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 442–444.)

Yllä olevat kustannukset ovat materiaalien aiheuttamia kustannuksia yrityksille. Materiaalitoimintoja ja hankintoja on käsiteltävä kokonaisuutena, sillä yksilötasolla tehdyt päätökset eivät välttämättä ole kaikkein kustannustehokkaimpia. Esimerkiksi hankintapäätöksen teko puhtaasti ostohintojen perusteella voi johtaa kokonaiskustannusten kasvuun laatukustannusten noustessa omassa tuotannossa. (Haverila, Uusi- Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 442–444.)

2.4.2 Hankintatoimi

Hankintatoimi vastaa yrityksen materiaalien hankinnasta sekä siihen liittyvien toimintojen organisoinnista. Oleellisena osana hankintatoimia on materiaalien hinnan kehitys ja materiaalien teknisen kehityksen seuranta. (Haverila, Uusi- Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 460–462.)

Jo pienetkin hankinnalliset kustannukset vaikuttavat merkittävästi yrityksen kannattavuuteen. Materiaalien ja palvelujen osto on lähes 70 % suomalaisen teollisuuden liikevaihdosta. Tästä huomaa, että yrityksen hankinnat vaikuttavat erittäin paljon yrityksen kustannuksiin ja taloudelliseen tulokseen. (Haverila, Uusi- Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 460–462.)

Hankintatoimen keskeisinä tavoitteina ovat hankintojen kustannusten minimointi sekä häiriöttömyyden varmistaminen. Materiaalien hinnalla on luonnollisesti suuri merkitys, tarvittavat materiaalit on hankittava mahdollisimman edullisesti. Hankintojen edullisuuteen vaikuttavat monet muutkin tekijät. Materiaalien hallinnan kustannukset on otettava huomioon. Tilaaminen, vastaanotto, tarkastaminen, varastointi ja jakelu aiheuttavat omat kustannuksensa. Materiaalitoimintojen kehittämisellä ja toimittajayhteistyöllä voidaan vaikuttaa näihin kustannuksiin. (Haverila, Uusi- Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 460–462.)

Materiaalien laatu ja toimitusten täsmällisyys ovat erittäin tärkeitä yrityksen toiminnan häiriöttömyyden kannalta. Materiaalipuutteista tai laatuvirheistä aiheutuvat tuotantohäiriöt voivat aiheuttaa varsin merkittäviä kustannuksia. Hankintahinnaltaan edullisin materiaali ei välttämättä ole kokonaistaloudellisin valinta. (Haverila, Uusi- Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 460–462.)

Hankintatoimen tavoitteena on hankkia oikeanlaatuisia tuotteita oikea määrä oikeaan aikaan mahdollisimman alhaisilla kustannuksilla siten, että toimitusehdot ja toimituksiin liittyvät palvelut vastaavat yrityksen tarpeita. (Haverila, Uusi- Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 460–462.)

Materiaalien aiheuttamia kustannuksia pitäisi nykyisin tutkia pitemmällä aikajänteellä. Kustannuksia tulisi ajatella ja analysoida sen koko elinkaaren osalta. Haverilan ym. listaamia materiaalin elinkaaren kustannustekijöitä:

- hankintahinta
- materiaalihallinnan kustannukset
- tuotantoprosessin kustannukset
- vaikutukset tuoteominaisuuksiin ja asiakkaan saamaan arvoon
- tuotteen ylläpidon, korjauksen ja huollon kustannukset
- materiaalin vastaanoton, hävittämisen ja kierrätyksen kustannukset
- elinkaaren ympäristö kustannukset
- yhteiskunnalle aiheutuneet kustannukset. (Haverila, Uusi- Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 460–462.)

2.4.3 Varastot

Yritystoiminnassa materiaalinhallinta ja käsittely ovat välttämättömyys sen toiminnalle. Materiaalinhallinnalla on kaksi päätavoitetta: pyrkiä ylläpitämään haluttua palvelutasoa ja minimoimaan kokonaiskustannuksia. Palvelutasoon voidaan vaikuttaa varastoinnin lisäksi toimitustiheydellä, ennustamisella, tiedonvälityksen nopeuttamisella ja asiakastoimittajayhteistyön kehittämällä. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 460–462.)

Varastoihin sitoutuu paljon pääomaa ja materiaalin käsittely aiheuttaa lisäkustannuksia. Tämän vuoksi yrityksen ei ole järkevää pitää kohtuuttomia varastoja, ellei sitä ole taloudellista hyötyä esimerkiksi nopean toimitusajan muodossa. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 460–462.)

Tuotantotoiminnassa erityyppisiä varastoja syntyy erilaisten syiden vuoksi. Esimerkiksi, kun halutaan säilyttää sisäinen ja ulkoinen asiakkaan edellyttämä palvelutaso. Tällöin tuotteita voidaan valmistaa tai hankkia säilytettäväksi varsinaisessa varastossa. Lisäksi tilanteissa, joissa menekin vaihtelu ja tilausten toimitusajat eivät ole aikataulussa, tai kokonaiskustannusten optimointi edellyttää suurempia hankintaeriä esimerkiksi materiaalin hintojen noustessa. Näitä varastoja ovat varmuus-, kierto-, kausi- ja suojautumisvarastot. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 460–462.)

Varastot, jotka sijaitsevat tuotannossa ovat suuri kustannusten aiheuttaja. Nämä varastot syntyvät, materiaalien ja puolivalmisteiden puskuroinnista tai kuljetuksista eri työvaiheiden välillä. Varsinkin silloin, jos tuotantolinjat toimivat epätahdissa. Tämä edellyttää suurempia eriä käsiteltäväksi. Tällöin myös läpäisy aika on pidempi. Laadullisten ongelmien peittämiseksi saatetaan turvautua varmuusvarastoon. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 460–462.)

Varastotasojen valvontaa ja tilauspisteiden määrittelyä ei tässä työssä tarkastella. Varastoinnin kokonaiskustannuksiin vaikuttavat tekijät on esitelty luvussa 2.4.1. Optimaalisen varastotason suuruutta laskiessa tulee ottaa huomioon useiden eri muuttujien arvot. Sitoutuneen pääoman korko on suurin tekijä varastoinnin aiheuttamista kustannuksista suhteessa varaston arvoon. Pääomakoron arvon suuruus vaihtelee yrityskohtaisesti, mutta on yleensä 10–20% välillä. Kokonaisuudessaan varastoinnin aiheuttamat kustannukset ovat noin 20–40% varaston arvosta. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 460–462.)

2.4.4 Varastoinnin analysointi ja tunnusluvut

ABC-analyysi on tärkeä työkalu materiaalien luokittelussa. Se perustuu raaka-aineväestön nimikkeiden luokitteluun vuosikulutuksen arvon perusteella. Varaston luokittelua käytetään

varastonvalvontaperiaatteita suunniteltaessa ja kehityskohteiden analysoinnissa. A-luokan nimikkeisiin sovelletaan tarkkaa ohjausta ja valvontaa. A-luokan nimikkeitä tulee olla noin 10–20% kaikista nimikkeistä, niiden kustannusten ollessa 70–80%. B-luokkaan kuuluvien nimikkeiden määrä noin 30–40% kaikista nimikkeistä, niiden kustannusten ollessa noin 15% kaikkien nimikkeiden arvosta. Loput nimikkeet kuuluvat C-luokkaan ja ne muodostavat noin 5–10% kustannukset kaikista nimikkeistä, mutta määrällisesti ovat noin puolet kaikista nimikkeistä. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 456–458; Karrus, 2001, 175–177.)

A-luokkaan kuuluvat vuosikulutusarvoltaan suurimmat nimikkeet, B-luokkaan keskimäärin 30 % vuosikulutukseltaan olevat nimikkeet ja C-luokkaan vuosikulutukseltaan vähäisimmät nimikkeet. ABC-analyysiä voidaan soveltaa myös lopputuote ja puolivalmisteverastoon. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 456–458.)

Varaston kiertonopeus. Varaston kiertonopeus on tunnusluku, joka kuvaa varaston keskimääräisen kierron nopeutta vuoden aikana. Kiertonopeuksissa voi olla tuotekohtaisia tai toimialakohtaisia eroja. Tuotteiden kate on yleensä suurempi mitä hitaampi on varaston kiertonopeus. (Sutinen, Viklund 2004, 216; Karrus 2001, 175–179.)

Suuret varastot kertovat ainoastaan sen, että tuotteita on paljon varastossa. Ne sitovat pitkälti yrityksen pääomaa. Tämän vuoksi olisi hyvä tehostaa varaston kiertoa, koska tällöin sitoutuneen pääoman tarve vähenee huomattavasti. (Sutinen, Viklund 2004, 216; Karrus 2001, 175–179.)

Varaston riitto. Varaston riitto voidaan määritellä, kun tiedetään varaston kiertoaika. Siinä jaetaan yksinkertaisesti kiertoaika vuodessa olevien päivien määrällä. Saatava osamäärä kertoo, miten monta päivää keskimäärin tuotteet ovat varastossa ennen kuin ne lähtevät kiertoon. (Sutinen, Viklund 2004, 216; Karrus 2001, 175–179.)

Tunnuslukujen ja analysoinnin avulla voidaan määritellä varaston suurus ja siihen sitoutuneen pääoman määrä. On tärkeää, että varastot pyritään pitämään mahdollisimman pienenä. Tällöin varastoihin ei sitoudu suurta pääomaa. Tuotteita on oltava varastossa kuitenkin sen verran, että reklamaatioiden osalta korvaava tuote voidaan lähettää asiakkaalle viipymättä.

2.4.5 Kuljetukset

Kuljetukset ovat materiaalien ja tuotteiden kuljettamista asiakkaalle sovittuna aikana ja laatumääritykset täyttäen. Yleensä kuljetukset tapahtuvat pääosin kuorma-autoilla, mutta myös vaihtoehtoisesti junilla, laivoilla ja lentokoneilla. Kuljetustyyppi riippuu ensisijaisesti tuotteen koosta, määrästä ja kulkuyhteyksistä. Mitä erikoisempi on kuljetusmenetelmä, sitä korkeampi kustannus yleensä on. (Karrus 2001, 112–124.)

Keräilykuljetuksissa on perustehtävänä kerätä määräerät tuotteita, materiaaleja tai komponentteja varten. Nämä kuljetukset ovat oleellisena osana JIT-tuotannon tehokkuutta. JIT-tuotannon keruukuljetuksissa on kyse useiden pienerien säännöllisestä ja hyvin muuttumattomasta keruusta yhdellä kierroksella. Keräilykuljetuksissa on kyse jalostus- ja kuljetusketjussa ylävirran puolelta tulevien tuotannon tai edelleen jakelun vaatimien tuotteiden ja erien erikoistuneesta keruusta. (Karrus 2001, 122–124.)

Runkokuljetus on kuljetusta peräkkäisten päävarastointipisteiden välillä useimmiten jakeluvirran suunnassa asiakkaalle päin. Runkokuljetuksilla siirretään suureriä keskusvarastolta tai ketjun tuottajalta seuraaviin vaiheisiin eli yleensä aluevarastoihin. Oleellinen osa runkokuljetuksia on täyskuormat. Yleensä runkokuljetuksiin käytetään perävaunukalustoa tai junaa. (Karrus 2001, 122–124.)

Jakelukuljetuksissa on kyse tuotteiden viennistä myyntipisteeseen asiakkaiden lähelle tai jopa mahdollisesti asiakkaalle asti. Tyypillinen esimerkki jakelukuljetuksista on vähittäiskauppa, josta kuljetus edelleen tapahtuu asiakkaan toimesta. Jakelun ulottaminen asiakkaalle asti voi johtua monista syistä, esimerkiksi ettei asiakkaalle ole tarvittavaa kalustoa kuorman purkua varten. (Karrus 2001, 122–124.)

Paluukuljetuksissa on tyhjänä palaavan kapasiteetin hyödyntäminen. Tähän pätee hyvä suomalainen sanonta: ”Vie mennessä, tuo tullessa”. Paluukuljetusten ongelmana on, ettei niitä hyödynnetä tarpeeksi. Kuljetusten kehittämiseen on lähinnä kaksi vaihtoehtoa: pitkäaikaiset kahden- tai useamman väliset kuljetussopimukset, joissa on mahdollisuus hyödyntää kuljetuskapasiteettia molempiin suuntiin. Kuljetukset ovat materiaalien ja tuotteiden kuljettamista asiakkaalle sovittuna aika ja laatumääritykset täyttäen. Yleensä kuljetukset tapahtuvat pääosin kuorma-autoilla, mutta myös vaihtoehtoisesti junilla, laivoilla

ja lentokoneilla. Kuljetustyyppi riippuu ensisijaisesti tuotteen koosta, määrästä ja kulkuyhteyksistä. Mitä erikoisempi on kuljetusmenetelmä, sitä korkeampi kustannus on yleensä. (Karrus 2001, 112–124.)

Kuljetusten huolellinen suunnittelu on osa kuljetustoimintoa. Se voi säästää kuljetuskuluissa sievoisen summan. Kuljetukset tulisi pyrkiä suunnittelemaan siten, että samaan suuntaan toimitettavia tuotteita kuljetettaisiin samalla toimituksella, eikä niitä kuljeteta yksitellen kappale kerrallaan. Tällöin kuljetuskustannukset jäävät alhaisiksi. Lisäksi samalla voisi keräillä mahdolliset materiaalit tehtaalle, jos on tarvetta ja näin syntyy jälleen kustannussäästöjä. (Karrus 2001, 112–124.)

3 KOKEELLINEN OSA

3.1 Nykytilanteen selvitys

Opinnäytetyön kokeellinen osa aloitettiin tutustumalla tuotantoon ja valmistettaviin tuotteisiin. Sen avulla saatiin selville koko valmistusprosessi ja miten materiaalinohjaus toimii. Lisäksi se toi ilmi materiaalien virtauksen tuotantotiloissa. Lisäksi kartoitettiin tilan tarve.

Nykytilaa analysoitiin myös nykyisen layoutin pohjalta, josta ilmeni osittain varastopaikat, koneiden sijainti ja käytössä olevien tilojen suuruus. Materiaalivirtoja piirrettiin olemassa olevan layoutin päälle, jolloin niiden analysointi on helppoa. Materiaalin ohjausta selvitettiin ostohenkilön kanssa.

3.2 Layoutsuunnittelu

Layouttia lähdettiin suunnittelemaan nykyisen layoutin pohjalta, josta kävi ilmi tilantarve ja materiaalivirrat sekä varastopaikat. Siinä kartoitettiin kunkin työpisteen tarpeet ja miten materiaalit niihin tulevat ja niistä lähtevät. Varsinaista työtilapiirrosta ei tarvittu, koska työpisteet ovat yksinkertaisia ja niiden materiaalivirrat ja toiminnot näkyvät selvästi layoutpiirustuksessa. Myös työntekijöiden ehdotuksia kuunneltiin ja hyödynnettiin niiltä osin, kun mahdollista. Suurempana ongelmana oli materiaalien virtaus itse tehtaassa, ei niinkään yksittäisillä työpisteillä.

Tavoitteena oli tehtaan sisäisen materiaalivirran selkeyttäminen. Lisäksi kartoitettiin työsolujen vaatima tilan tarve nykyisine varastoineen.

Kaikki solujen tarvitsemat neliöt määriteltiin mittaamalla ja tarkemmin mallinnetulla layoutsuunnitelmalla. Muutaman solun varaston koossa jouduttiin turvautumaan arvioon, koska tuotannossa tuli äkillinen piikki suuren tilauksen muodossa. Layoutsuunnitelmia tehtiin saatujen tietojen ja analyysien pohjalta kolme kappaletta, joita analysoitiin

tuotantopäällikön kanssa. Näistä suunnitelmista paras vaihtoehto esiteltäisiin yrityksen hallitukselle.

4 TULOKSET JA TUOLOSTEN TARKASTELU

Tämä työ tehtiin toimeksiantona Tikli Group Oy:lle, joka sijaitsee Vimpelissä. Se valmistaa kattoturvatuotteita, alumiinitikkaita, alumiini-ikkunoita sekä -ovia ja Mitax -vesivaakoja, jotka ovat kotimaista laatua. Tikli työllistää tällä hetkellä 38 henkilöä ja yrityksen liikevaihto on noin yhdeksän miljoonaa euroa.

Työn alkuperäisenä tarkoituksena oli tehdä layoutsuunnitelma uusiin tuotantotiloihin, koska vuokrasuhde nykyisissä tiloissa oli loppumassa. Kyseiset tilat mitattiin osin käsin ja osaksi digitaalisella mitalla. Tarkoituksena oli kartoittaa kiinteistön pinta-ala, jossa onnistuttiin hyvin. Tämän jälkeen kyseinen rakennus mallinnettiin 2D-muotoon AutoCAD-ohjelmalla.

Aluksi kyseiset tilat piti olla kokonaan yrityksen käytössä, mutta tilanne muuttuikin työn edetessä. Kyseinen tila pieneni radikaalisti aiheuttaen sen, että kaikki nykyisen tehtaan toiminnot eivät enää mahtuisi saman katon alle. Tämän vuoksi nykyisissä tuotantotiloissa olevat toiminnot kartoitettiin entistä tarkemmin. Toiminnot priorisoitiin tärkeysjärjestykseen ja valittiin niistä tärkeimmät mukaan layoutsuunnitelmaan. Kyseisten valintojen pohjalta tehtiin layoutsuunnitelmia, joista valittiin hallitukselle esiteltävä layoutsuunnitelma.

Hieman ennen hallituksen kokousta minulle annettiin tehtäväksi tehdä suunnitelma, myös ilman seiniä niin sanotulle ”tyhjälle kankaalle”. Aikaa oli vain viikko eikä siinä ajassa ihmeitä tehty. Kyseinen suunnitelma tehtiin kyllä valmiiksi ja esiteltiin kokouksessa, mutta se olisi vaatinut ehdottomasti tarkempaa suunnittelua ja analysointia. Muuttosuunnitelmista luovuttiin ja nykyistä vuokrasopimusta saatiin jatkettua eteenpäin, jotta voidaan tehdä uusia toimintasuunnitelmia.

Siispä tämän vuoksi layoutsuunnitelmat tehtiin tyhjälle pohjalle ilman seiniä, kunkin työpisteen tarvitsemien resurssien suhteen, jotka voidaan sijoittaa tulevaan tuotantotilaan sen layout suunnitelman pohjalta.

4.1 Materiaalinhjaus

Tuotannon materiaaleja ohjataan neljällä eri tavalla. Materiaalit ovat joko projektiohjautuvia, ennuste/budjettiohjautuvia, hyllytettäviä tai varasto-ohjautuvia.

Projektiohjautuvissa materiaaleissa signaali tulee asiakkaalta. Näitä tuotteita ja materiaaleja ovat nauhaikkunaprofiilit, tippalistat, ikkunalavat ja ikkunat. Materiaalit voidaan tilata suoraan tarpeeseen noin kuukauden toimitusajalla.

Budjetti- ja ennusteohjautuvat materiaalit hankitaan budjetin tai ennusteen mukaisesti. Tuotteiden toimitusajat ovat noin kuukaudesta kahteen riippuen miten paljon alumiinitehtaalla on ruuhkaa. Kyseisiä tuotteita on alumiinitikkaiden ja vesivaakojen alumiiniprofiilit. Toimittajan kanssa on neuvoteltu maksusopimuksista ja tämän vuoksi tuotteita tilataan aina enemmän kuin on tarpeellista.

Hyllytättönä varastoidaan kattoturvatuotteiden ruuvit, mutterit ja prikat. Hyllyjen täytöstä vastaa alihankkija ja ne täytetään tarpeen mukaan.

Varasto-ohjautuvissa tuotteissa varastoa ohjaavat ostajat. Iso osa tuotteista on varasto-ohjautuvia, kuten esimerkiksi kaikki tikkaat ja vesivaat. Tuotteet lähetetään jälleenmyyjän varastoon päivän varoitusajalla.

Varastossa olevaa materiaalia ohjataan yleensä työmääräysten ja asiakastilausten perusteella. Jälleenmyyjien varastokirjanpidosta tulee terminaalitilauksia, joiden on oltava keskusvarastolla seuraavana päivänä.

Suunnittelijat tilaavat materiaalit projektikohtaisissa töissä. Tämän vuoksi materiaalit ovat tehtaalla juuri oikeaan aikaan. Tavaransaapuesssa työnjohtaja merkkää ne varastokirjanpitoon ja siirtää työn työjonoon.

4.2 Varaston tunnusluvut

Tulokset ovat työn tilaajan omaisuutta.

4.3 Nykyinen layout ja sen suunnittelu

Nykyisen tuotannon layout suunniteltiin jokaiselle solulle erikseen. Sen vuoksi, että ne on tulevaisuudessa helpompi sijoittaa tulevaan tuotantotilaan mahdollisimman toimivasti. Solujen sisäiseen toimintaan ei kiinnitetty tarkempaa huomiota, koska materiaalivirta kulki niissä selkeästi ja solun toiminta on tehokasta.

Tulokset ovat työntilaajan omaisuutta.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET

Nykyisen tuotannon kehittäminen. Nykyinen tuotanto toimii sinänsä jo hyvin, ongelmat sijoittuvat enemmänkin materiaalivirtoihin ja niiden epäloogisuuteen. Turhia siirtoja on liikaa ja aikaa kuluu hukkaan tavaroita etsiessä ja hakiessa. Tähän on ratkaisuna 5S-työkalu, jonka avulla kyseistä ongelmaa voidaan ehkäistä.

Tulevaisuudessa ikkuna ja ovituotannon työpisteet olisi hyvä siirtää vierekkäin. Näin tuotantoa toimisi joustavammin eikä se kärsisi juurikaan virheellisistä tai puutteellisista tuotteista. Ovi- ja ikkunalinjalle voisi kehitellä uusia apuvälineitä. Esimerkiksi kokoonpanopisteen uudelleensuunnittelu siten, että sen voisi kääntää vaakatasosta pystytasoon ilman, että erillisiä nostureita tarvitaan lainkaan. Tällöin tuotantolinja toimisi tehokkaammin.

Mitax-kokoonpanolinjan sijainti tehtaassa tulisi huomioida uutta layouttia suunniteltaessa. Yrityksen omista tuotteista voi rakentaa toimivan puhtaan ympäristön kyseiselle linjalle, joka lisää laatuvaikutelmaa entisestään.

Ennaltaehkäisevät huollot vaikuttavat oleellisesti koneiden toimivuuteen ja tähän seikkaan panostaminen olisi varmastikin hyödyllistä. Se ennaltaehkäisisi koneiden vikoja tai rikkoontumisia. Esimerkiksi, vaikka koneen viikoittainen tarkastus ja mahdolliset huoltotoimenpiteet, jotka merkattaisiin konekorttiin.

Näiden suositusten avulla tuotannon toiminnasta tulisi mielekkäämpää ja tehokkaampaa. Lisäksi se nopeuttaisi tuotantoa, koska mahdollisia ongelmia tuotannossa voitaisiin ennaltaehkäistä etukäteen.

6 YHTEENVETO

Työn alkuperäisenä tarkoituksena oli tehdä layoutsuunnitelma uusiin tuotantotiloihin, koska vuokrasuhde nykyisissä tiloissa oli loppumassa. Kyseiset tilat mitattiin osin käsin ja osaksi digitaalisella mitalla. Tarkoituksena oli kartoittaa kiinteistön pinta-ala, jossa onnistuttiin hyvin. Tämän jälkeen kyseinen rakennus mallinnettiin 2D-muotoon AutoCAD-ohjelmalla. Kyseiset tuotantotilat osoittautuivat työn edetessä kuitenkin liian pieneksi.

Tästä syystä suunnitelmia muutettiin siten, että layoutsuunnitelma tehtiin kokonaan tyhjälle pohjalle ilman seiniä, kunkin työpisteen tarvitsemien resurssien suhteen, jotka voidaan sijoittaa tulevaan tuotantotilaan sen layoutsuunnitelman pohjalta.

Suunnitelmat onnistuivat hyvin ja pienillä muutoksilla tuotantosolujen toimintaa saatiin tehostettua. Solukohtaisia layoutsuunnitelmia on nyt helppo sijoittaa tulevaan pohjakuvaan. Kyseisiä suunnitelmia voi hyödyntää jo nyt nykyisiin tuotantotiloihin. Pienten ideoiden ja kehitysten toteuttaminen on helppoa. Muutokset vaativat taakseen johdon tuen sekä tavoitteet, joiden toteutumista seurataan. On mahdollista, että suurimmat muutokset virtauksen parantamisessa voi johtua pelkästään toimintatapojen muuttamisesta.

Tulevaisuudessa tapahtuvia toimenpiteitä olisi hyvä kartoittaa tarkemmin jo etukäteen. Työssä käsitellyn Lean-ajattelumallin mukana tulevilla työkaluilla voi rakentaa joustavan ja tehokkaan tuotannon ilman, että nykyistä tuotantoa pitäisi merkittävästi muokata. Lean-ajattelusta on varmasti paljon apua tulevaisuuden layoutsuunnitelmaa silmälläpitäen. Esimerkiksi tuotteiden eräkokoja sekä, niihin liittyviä toimintoja on helppo karsia Lean-työkaluilla.

Työ onnistui kokonaisuudessaan hyvin ja layoutsuunnitelmasta tuli hyvä kokonaisuus, jota yritys voi hyödyntää parhaaksi katsomallaan tavalla.

LÄHTEET

- 5S from the Lean Lexicon. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. [Viitattu 30.10.2013]. Saatavana: <http://www.lean.org/Common/LexiconTerm.aspx?termid=209&height=550&width=700>
- Haverila, M. & Uusi-Rauva, E. & Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. 6. Painos. Tampere: Infacts Oy
- Karrus, K. 2001. Logistiikka. Juva: WS Bookwell Oy
- Kouri, I. 23.3.2010. Lean Management: Miten vähemmän voi olla enemmän. [Verkkójulkaisu] Tredea. [Viitattu 22.10.2013]. Saatavana: http://tredea-fi-bin.directo.fi/@Bin/030bf90c49ba5347e06b62b9ba1b76ca/1382516824/application/pdf/42650/Lean_Kouri.pdf.
- Lapinleimu, I. & Kauppinen, V. & Torvinen, S. 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo: WSOY
- Lapinleimu, I. 2000. Ideaalitehdas, Tehtaan suunnittelun teorian kehitys. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Tuotantotekniikan laitos. Laitosraportti nro. 50 Tampere: Tekes.
- Liker, J. 2006. The Toyota way, Toyotan tapaan. Suomentaja: Marko Niemi. Helsinki: Readme.fi.
- PDCA-sykli. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. [Viitattu 30.10.2013]. Saatavana: <http://humrep.oxfordjournals.org/content/early/2010/01/23/humrep.dep450/F2.expansions>.
- SixSigma. [Verkkosivu]. Six Sigma.fi. [Viitattu 30.10.2013]. Saatavana: <http://www.sixsigma.fi/fi/six-sigma>.
- Sjölander, S. 1981. Tuotannonjohdon käsikirja. Suomentaja: Matti Ruotsalainen. Helsinki: Oy Rastor Ab
- Tiainen, J. 1996. JOT: tie tulevaisuuteen ja menestykseen. Kuhmon yritysampo Oy.
- Tikli Group Oy. 2013. [Verkkosivu]. [Viitattu 22.10.2013]. Saatavana: <http://www.tikli.com>.
- Tuominen, K. 2010. LEAN: Kohti täydellisyyttä, Mitä Toyota ja lean-yritykset tekevät eritavalla kuin muut. Helsinki: Readme.fi.
- Von Bagh, A. & Günther, C. & Salmenkari, R. 2000. 2000-livun logistiikan johtaminen. Juva: WS Bookwell Oy

LIITTEET