



**LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU**  
*Lahti University of Applied Sciences*

# TUOTANTOLINJAN LAYOUT- SUUNNITTELU

Case: Kemppi Oy

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Tuotantopainotteinen mekatroniikka  
Opinnäytetyö  
Kevät 2012  
Jyri Ruotsalainen

Lahden ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka

RUOTSALAINEN, JYRI:

Tuotantolinjan layoutsuunnittelu  
Case: Kemppi Oy

Tuotantopainotteisen mekatroniikan opinnäytetyö, 27 sivua, 19 liitesivua

Kevät 2012

TIIVISTELMÄ

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli uuden kustannustehokkaan tuotantolinjan suunnittelu Kemppi Oy:lle. Työhön sisältyi myös varaston, materiaalivirtojen, työpisteiden ja valmistusprosessin suunnittelu mahdollisimman tehokkaaksi. Työ tuli ajankohtaiseksi, koska tarkoituksena oli lisätä tuotannon kapasiteettia uutta tuotetta varten, tehostaa tuotantoa ja mahdollistaa nopea reagointi alan eri tilanteisiin. Omat ongelmansa suunnitteluun toivat erilaiset tuotteet, joita piti pystyä valmistamaan myös samalla tuotantolinjalla.

Tuotantolinja koostuu osakoonnasta, koneen kasauksesta, koestuksesta, pellityksestä ja pakkauksesta, jotka kaikki tehdään omalla työpisteellään. Tuotantolinjan suunnittelussa pystyi käyttämään hyödyksi samalla paikalla olevan vanhan tuotantolinjan materiaaleja ja kuljettimia. Uuden tuotantolinjan toteutuksen edellyttämiä materiaaleja ja kuljettimia oli myös mahdollisuus hankkia, mikäli ne katsottiin tarpeellisiksi.

Työ aloitettiin tutustumalla vanhaan layoutiin sekä eri työpisteisiin, jolloin saatiin yleiskuva tuotteiden valmistamisesta sekä työpisteillä tehtävistä töistä. Samalla kerättiin tietoa työssä tarvittavista välineistä sekä puutteista. Alkupalaverissa kartoitettiin ongelmakohdat ja tehtiin luettelo suunnitteluun kuuluvista asioista. Lisäksi myös työntekijöitä haastateltiin.

Tuotantolinjan suunnittelijana sain käyttööni AutoCad-ohjelmiston ja tietokoneen, jonka avulla oli mahdollista tehdä useita malleja tuotantolinjan rakenteesta ja verrata niiden toimivuutta.

Työn tuloksena toimeksiantaja saa layoutratkaisun, jota voidaan hyödyntää uutta ja tehokasta tuotantolinjaa rakennettaessa. Muutosten toteutus jää yrityksen harkintaan, ja lopullinen päätös tehdään yrityksen sisällä.

Asiasanat: layout, suunnittelu, kuljetin

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

RUOTSALAINEN, JYRI:                      Layout design for a production line  
Case: Kemppi Oy

Bachelor's Thesis in Production Oriented Mechatronics, 27 pages, 19 pages of  
appendices

Spring 2012

ABSTRACT

---

The objective of this Bachelor's Thesis was to design a new cost effective production line for Kemppi Oy. The purpose was to design as functional and effective production line as possible for a new product. The work also included the design of the stock, the material flow, the workstations and the manufacturing process to be as effective as possible. The work was relevant because there was need to increase the capacity for a new machine, to intensify the production and to have the possibility to respond quickly to different situations in the field. The problem in the design was to consider the various products that had to be manufactured on the same production line as well.

The production line includes manufacturing of the parts, assembling the machine, testing, coping and packing. Each stage has its own workstation. In the design of the production line the materials and conveyors of the old production line could be utilized. New materials and conveyors for the new production line were also acquired.

The work began by familiarizing with the production line and different workstations to get a general view of the manufacturing of the products and the work done in the workstations. At the same time, information was gathered about the equipment needed in the work and about the deficiencies. The implementation started by familiarizing with the old layout and by interviewing the workers. At an early stage of the implementation, an initial meeting was held about the problems of the production line and about other issues to be considered in the design. Auto Cad software was used to make various models for the new layout of the production line and to be able to compare them.

As an outcome of the study, the company will get a layout plan useful for the new and effective production line.

Key words: layout, design, conveyor

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	KEMPPI OY	2
3	ALKUTILANTEEN KARTOITUS	5
3.1	Varastointi	5
3.2	Osakoonta paneeliperustus	6
3.3	Osakoonta komponenttirunko	6
3.4	Materiaalinkäsittelijä	7
3.5	Loppukokoonpano	7
3.6	Koestus	8
3.7	Osakoonta virtalähteen kansi	8
3.8	Kotelointi	8
3.9	Pakkaus	8
4	SUUNNITTELU	9
4.1	Työmenetelmien suunnittelu	9
4.2	Varastojen suunnittelu ja valvonta	11
4.3	Tuotannon suunnittelu	13
4.4	Muut huomioon otettavat asiat	14
5	LAYOUTTYYPIT	16
5.1	Tuotantolinja	16
5.2	Funktionaalinen layout	16
5.3	Solulayout	17
5.4	Mallien valintaperusteet	18
6	LAYOUTSUUNNITTELU	19
7	TUOTANTOLINJAN LAYOUTIN SUUNNITTELU	20
7.1	Tavoitteet	20
7.2	Suunnittelun haasteet	20
7.3	Toteutus	21
7.4	Layoutin mallien pohdintaa	22
7.4.1	Layout 1	23
7.4.2	Layout 2	23
7.4.3	Layout 3	24
7.4.4	Layout 4	24

7.4.5	Layout 5	25
7.4.6	Layout 6	25
7.5	Lopullisen layoutin valinta ja perusteet	25
8	YHTEENVETO	27
	LÄHTEET	28
	LIITTEET	29

# 1 JOHDANTO

Kemppi Oy on vuonna 1949 Lahteen perustettu yritys, joka valmistaa hitsauslaitteita. Hain mahdollisuutta tehdä opinnäytetyöni kyseisessä yrityksessä. Kun minut kutsuttiin haastatteluun, kävi ilmi, että Kempillä olisi tarvetta henkilölle, joka pystyisi suunnittelemaan tehokkaan layoutin uutta tuotetta varten. Sovimme, että aloitan lopputyöni tekemisen Kempillä joulukuussa 2011.

Ennen varsinaisen suunnittelun aloittamista sain tutustua yrityksessä varastointiin, osavalmistukseen, koneiden kasaukseen, koestukseen ja pakkaamiseen sekä muihin niissä huomioon otettaviin asioihin. Tarkoituksena oli saada kattava kuva tuotteen valmistuksen eri työvaiheista. Työvaiheisiin tutustuminen helpottaa suunnittelua, koska silloin on tietoinen materiaaleista, joita eri työvaiheissa tarvitaan, sekä näkee myös lopputuloksen. Samalla sain tutustua myös vanhaan tuotantolinjaan sekä siinä oleviin toimintoihin, komponentteihin ja ongelma-kohtiin.

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella Kemppi Oy:lle kustannustehokas ja toimiva layout, jossa materiaalivirrat liikkuvat ongelmitta, välimatkat ovat siedettäviä ja tuotanto toimii muutenkin tehokkaasti. Tavoitteeksi asetettiin myös tuotantokapasiteetin nostaminen, että voitaisiin nopeasti reagoida kysynnän vaihteluihin ja muihin yllättäviin tilanteisiin.

Tehtävässä ohjaavina henkilöinä Kemppi Oy:llä toimivat tuotannonohjaaja sekä yhteyshenkilönä tehdaspäällikkö.

## 2 KEMPPI OY

Kemppi kuuluu maailman johtaviin kaarihitsauslaitteiden valmistajiin ja tuottaviin hitsauksen ratkaisutarjoajiin. Kempin hitsauslaitteistot ja ratkaisut kuuluvat maailman arvostetuimpien joukkoon. (Kemppi 2012.)

Kemppi Oy -konsernin liikevaihto on n. 110 miljoonaa euroa, josta n. 90 % tulee kansainvälisiltä markkinoilta. Kempin tuotantolaitokset sijaitsevat Lahdessa, Asikkalassa ja Chennaissa, Intiassa. Pääkonttorina toimii Lahden-tuotantolaitos. Kempin omat toimipisteet sijaitsevat 15:ssä eri maassa, ja säännöllisesti vientiä harjoitetaan n. 70:een eri maahan. Kemppi Oy -konsernin palveluksessa työskentelee yhteensä n. 600 henkilöä. Kemppi Oy toimii Kemppi Group Oy:n tytäryhtiönä. (Kemppi 2012.)

Kempin toimintaa ohjaavat perusarvot ovat vuosien saatossa pysyneet samana. Menestyksen perustana toimii yrittäjyys ja usko omiin kykyihin, jotka ovat luoneet perustan rohkeudelle ja valmiudelle ottaa riskejä eri tilanteissa. Kyseisiä arvoja tarvitaan säilyttääkseen kyvyn vastata uusiin markkinatilanteisiin. Kempin toiminnassa näkyvät myös innovatiivisuus, uteliaisuus ja ennakkoluulottomuus. Asioita tarkastellaan usein toiseltakin puolelta, jolloin saattaa syntyä jotakin uutta. Virheitäkin voi sattua mutta niitä ei pidä pelätä, vaan ottaa niistä opikseen. Kemppiläisille rehellisyys ja luotettavuus on luonnollinen asia, joten lupauksista pidetään kiinni. Kempillä kuunnellaan ja otetaan myös muut huomioon, jolloin on helpompi ymmärtää asioita eri eripuolilta katsottuna. Silloin kansainvälisen liiketoimintaympäristön ymmärtäminenkin on helpompaa. (Kemppi 2012.)

Yhtiöllä on historiaa jo yli kuusikymmentä vuotta, jonka aikana se on tuonut markkinoille uusia innovaatioita ja toiminut suunnannäyttäjänä hitsauslaiteteknologiassa sekä hitsausratkaisuiden kehittämisessä. Tulevaisuudessa Kemppi panostaa tuotteiden kehittämiseen ja tutkimukseen, jossa päällimmäisenä tulevat käytettävyys ja muotoilu laatua unohtamatta. Kempin tuotelupaus Arc Under Control viestittää asiakkaille valokaaren hallinnasta ja kokonaisvaltaisempien ratkaisujen kehittämisestä. (Kemppi 2012.)

Kempin maailmanlaajuisia liiketoimintaa johdetaan Suomesta, Lahden pääkonttorista käsin. Lahden pääkonttorissa toimii hallinto- ja myyntiosasto sekä

tutkimus- ja tuotekehitysosasto. Vuonna 2009 valmistui myös täysin uusi elektroniikkatehdas. (Kemppi 2012.)

Kemppin työorganisaatioon kuuluu 530 henkilöä, jotka omalla osaamisellaan varmistavat tuotteiden saatavuuden, laadun sekä asiakaspalvelun toimivuuden. Kemppi haluaa osaamisellaan taata asiakkaille laadukkaan työnjäljen sekä laitteistojen helpon käytettävyyden, jotta kaikilla olisi ilo käyttää Kemppin tuotteita. Niistä asioista syntyy Kemppin asiakaslupaus The Joy of Welding. (Kemppi 2012.)

Kemppin historiaan mahtuu monia tärkeitä tapahtumia vuosien varrelta.

- 2010 Kemppi DataStore-konseptille presidentti Tarja Halosen jakama Vuoden 2010 laatuinnovaatio -palkinto.
- 2009 Kemppin FitWeld 300 -hitsauslaite ja SuperSnake-välisyöttölaite saivat kunniamaininnat kansainväliseltä red dot -kilpailun palkintoraadilta.
- 2006 MinarcMig 180 Adaptive -hitsauslaitteelle myönnettiin kansainvälisen teollisen muotoilun red dot -palkinto.
- 2005 Vuoden liikemieheksi valittiin Jouko Kemppi, joka toimii Kemppi Oy:n hallituksen puheenjohtajana.
- 2004 Kempowerilta tilattiin 200 erikoisvirtalähdettä Euroopan ydintutkimusjärjestön Cerni:n toimesta, uutta LHC-hiukkaskiihdytintä varten.
- 2001 Kempille myönnettiin ISO 14001 -ympäristösertifikaatti.
- 2001 Kemppin miljoonas valmistama hitsauslaite oli Master MLS 2500, joka lahjoitettiin Suomen Punaiselle Ristille 23.11.2001.
- 2001 Hitsausalan historianäyttelyssä Essenissä esiteltiin yksi tärkeimmistä hitsausteknologian virtanpylväistä, Kemppin Hilarc 250.
- 2001 Laadukaisen käyttöliittymien tarpeeseen lanseerattiin MLS™ -järjestelmä (Multi Logic System).
- 2001 Kemppi esitteli hitsauslaitteiden luotettavuutta parantavan ICS™ -jäähdytysjärjestelmän (Isolated Cooling System).
- 1997 Kemppi toi markkinoille uusinta ohjaustekniikkaa käyttävät Mastertig AC/DC -hitsauslaitteet.



- 1993 Kemppi siirtyi analogisesta teknologiasta digiaikaan Kemppi Pro - laitejärjestelmän avulla.
- 1990 Kemppi sai ISO 9001 -laatusertifikaatin ensimmäisenä hitsauslaitteistojen valmistajana koko maailmassa.
- 1986 Laatuyhdistyksen myöntämä laatupalkinto.
- 1981 Invertteritekniikkaan perustuvan Multisystem- monitoimihitsausjärjestelmän tuominen markkinoille.
- 1978 Ulkomaan myynti ylitti kotimaan myynnin.
- 1977 Maailman ensimmäisten hitsausinverttereiden esittely Hilarc- tuoteperheessä.
- 1972 Tytäryhtiön perustaminen Ruotsiin.
- 1972 Yhtiön perustajan Martti Kempin nimittäminen teollisuusneuvokseksi.
- 1968 Vientipalkinnon myöntäminen Kemppi Oy:lle.
- 1968 Veljekset Kemppi Oy:n nimenmuutos muotoon Kemppi Oy.
- 1968 Tyristoriohjausta käyttävän Tylarc-virtalähteen esittely.
- 1960 MIG/MAG-hitsauslaitteen markkinoille tuominen.
- 1955 Vientitoiminnan aloittaminen Turkkiin.
- 1951 Tuotantotilojen laajentaminen Lahden Pekanmäkeen.
- 1949 Veljekset Kemppi Oy:n perustaminen Lahteen. (Kemppi 2012.)

### 3 ALKUTILANTEEN KARTOITUS

Aluksi tarkoitus oli kartoittaa tuotantolinjan nykytilanne ja siihen liittyvät ongelmat, jotta ne voitaisiin ottaa huomioon uuden tuotantolinjan layout-suunnitelmassa. Kävin läpi kaikki eri tuotantovaiheet ja niihin liittyvät toimenpiteet saadakseni kokonaiskuvan tämänhetkisestä toiminnasta ja sen tilasta. Tehtävässä tuli esille monia huomioon otettavia asioita, joita tulisi jatkossa parantaa paremman tuottavuuden saavuttamiseksi.

Koko tehtaan layout oli suunniteltu niin, että tavaran ja koneiden liikesuunta on tehtaan läpi. Varasto sijaitsee alkupäässä, jonne tavara tulee, ja toisessa päässä on pakkaamo, jossa ovat valmiit lähtevät koneet. Layout oli tarkoitus suunnitella tehtaan sivustalla sijaitsevan tuotantolinjan tilalle. Vanhan tuotantolinjan kapasiteetti ei riitä vastaamaan uuden tuotteen valmistuksen volyyymia. Uusi tuotantolinja on tarkoitus suunnitella uuden tuotteen tarpeita ajatellen, mutta aluksi linjalla valmistetaan myös muitakin tuotteita.

Vanhan layoutin ongelmakohtaksi paljastui pellitys, joka muodostaa tuotantolinjalla pullonkaulan. Sen muodostumisen syynä on PTC:n toiminnan testaus, joka vie paljon aikaa. Vanhassa layoutissa alueen tilaa rajoittaa myös taukotila, jonka viemä tila on tarkoitus käyttää hyödyksi uudessa layoutissa. Leveyssuunnassa tuotantolinja rajoittuu toiselta puolelta kulkukäytävään ja toiselta puolelta varastohyllyyn, jonka edessä on kulkukäytävä. Pituussuunnassa alkupäässä on laitoshuoltajien työtila ja loppupäässä kulkukäytävä.

Kulkukäytävillä ei saa olla tavaraa, ja ne pitää olla tarpeeksi tilavat, jotta niissä mahdutaan liikkumaan sujuvasti. Uuden layoutin suunnitteleminen rajoittuu kyseiselle alueelle. (Liite 1.)

#### 3.1 Varastointi

Päävarasto sijaitsee kokonaan toisessa päässä tehdasta, jossa on osa koneiden kasaamisessa tarvittavista osista. Osat toimitetaan Kempille kuormalavalla, ja ne vievät paljon tilaa, joten tiettyjen osien säilytys on mahdollista vain päävarastossa. Varasto on siistissä kunnossa, ja kaikki tarvittavat osat löytyivät helposti tietyiltä hyllypaikoilta. Varastopaikat on merkitty selvästi näkyviin, joten oikeiden osien

etsiminen on nopeaa varaston koosta huolimatta. Tuotteen loppukoonnassa käytettäviä osia on varastoitu välivarastoon tuotantolinjan läheisyyteen, josta ne on nopea ottaa käyttöön konesarjan vaihtuessa. Välivaraston tyhjentyessä päävarastosta haetaan uudet materiaalit.

### 3.2 Osakoonta paneeliperustus

Ensimmäisessä osakoonnan työpisteessä kootaan paneelin runko, joka sisältää kolme erilaista pääosaa, jotka haettiin päävarastosta. Käytössä on pyörillä liikkuva kärry, jonka avulla osat voidaan tuoda varastosta lähelle työpistettä. Kärryyn ei mahdu kovin isoja määriä osia, jolloin osia haetaan aina tarpeen vaatiessa uudestaan. Paneeliperustuksen kokoamisessa tarvitaan lisäksi piirikortteja, baumeja sekä muita pienempiä osia, kuten ruuveja. Piirikortit tuodaan pyörillä liikkuvassa kärryssä suoraan lähelle työpistettä, josta ne on helppo ottaa käyttöön. Baumit sekä muutama muu pienempi osa haetaan automaattisesta varastosta, joka sijaitsee työpisteen läheisyydessä. Muut pienet osat haetaan erikseen niille tarkoitetuista hyllyistä. Valmiit paneeliperustukset asetellaan kärryyn ja ne kuljetetaan alueelle, jossa koneet kasataan. Osakoonnan työpiste sijaitsee eri paikassa kuin koneiden kasausalue. (Liite 2 ja Liite 3.)

### 3.3 Osakoonta komponenttirunko

Toisessa osakoonnan työpisteessä kootaan komponenttirunko, joka sisältää neljä varastosta haettavaa osaa. Komponenttirungon kokoaminen alkaa valurungon hakemisella, joka tulee päävarastoon kuormalavalla. Kuormalava kuljetetaan työpisteen läheisyyteen, josta valurunko on helppo ottaa. Kuormalavalla on useampi valurunko, joten niitä ei tarvitse hakea kovin usein varastosta. Muut osat, kuten rs-muuntaja, päämuuntaja ja kuristin, tulevat myös kuormalavalla, mutta ne sijaitsevat työpisteen läheisyydessä automaattisessa varastossa, josta ne haetaan aina tarvittaessa. Työpisteen lähellä ylimääräistä tilaa on vähän, joten automaattisesta varastosta osia haettaessa käytetään muovisia laatikoita, jotka asetellaan pyörillä liikkuvaan kärryyn. Komponenttirungon kokoamisessa tarvitaan lisäksi piirikortteja, baumeja sekä muita pienempiä osia, kuten ruuveja. Piirikortit tuodaan pyörillä liikkuvassa kärryssä suoraan lähelle työpistettä, josta

ne on helppo ottaa käyttöön. Baunit sekä osa muista pienemmistä osista haetaan työpisteen lähellä olevasta automaattisesta varastosta. Muut pienet osat haetaan erikseen niille tarkoitetuista hyllyistä. Valmiit komponenttirungot asetellaan telineeseen ja kuljetetaan alueelle, jossa koneet kasataan. Osakoonnan työpiste sijaitsee eri paikassa kuin koneiden kasausalue. (Liite 4 ja Liite 5.)

### 3.4 Materiaalinkäsittelijä

Materiaalinkäsittelijän tehtävänä on hoitaa varastoa, kuljettaa tavaraa ja pitää huolta että koneiden kasaajilla riittää osia koneiden kasaamista varten.

Materiaalinkäsittelijä seuraa työjonoa tietokoneen välityksellä ja huolehtii siitä, että konesarjat tehdään ajallaan valmiiksi. Työjonosta nähdään, mikä konesarja on tehtävä seuraavaksi, jolloin varastosta haetaan koneen kokoamiseen tarvittavat materiaalit valmiiksi. Materiaalinkäsittelijä asettaa koneeseen tulevat osat paletille ja lähettää paletin koneen loppukokoonpanon kasaajalle automaattisen kuljettimen avulla. Kasaajan viereen tuleva paletti sisältää isoimmat koneen kasaamiseen tarvittavat osat.

### 3.5 Loppukokoonpano

Koneen kasaajan tehtävänä on kasata koneita paletilla tulevista osista. Pienimmät koneen osat kasaaja hakee hyllystä tai automaattisesta varastosta. Kasaajalla on vieressään hyllykkö, joka sisältää pieniä laatikoita. Niissä varastoidaan ruuveja ja muita pieniä osia. Laatikoiden täyttämisen kasaaja hoitaa itse. Kasaajalla on vieressään kaikki työn tekemiseen tarvittavat välineet, kuten ruuvinväännin, jolloin työn tekemiseen ei tule turhia katkoja. Kasaajan työpisteen vieressä on myös tietokone, josta näkee tarvittavat ohjeet koneiden kasaamista varten.

Tietokoneella on myös mahdollista kuitata kasaajan itse kasatut koneet. Koneen valmistuttua kasaaja lähettää sen automaattisen kuljettimen avulla koestukseen, jossa kone testataan. (Liite 6.)

### 3.6 Koestus

Koestuksen tarkoitus on testata laitteen toimivuus ja katsoa, että laite on säännösten mukainen. Koestus toimii kahdessa eri pisteessä. Ensimmäisessä pisteessä koneeseen tehdään ylijännitetestaus ja toisessa pisteessä ajetaan läpi ohjelma, jonka perusteella tarkastetaan koneen toimivuus. Lisäksi ensimmäisessä pisteessä kone tarkastetaan ulkopuolisesti ja katsotaan samalla, että laite on oikein koottu ja että kaikki liitokset on oikein kiinnitetty. Toisessa pisteessä säädetään kone toimimaan oikein, läpiajettavan ohjelman mukaisesti. Koestajalla on testaukseen vaadittavat välineet sekä tietokone, jonka avulla ohjelma läpiajetaan. Koneiden koestuksen jälkeen ne lähetetään rullarataa pitkin kotelointiin.

### 3.7 Osakoonta virtalähteen kansi

Työpiste sijaitsee erillään rullaradasta lähellä koteloinnin työpistettä. Tässä työpisteessä kasataan virtalähteeseen kiinnitettävä kansi, joka kiinnitetään koteloinnin yhteydessä. Kanteen kiinnitetään kaksi puhallinta ja niiden päälle ritilä. Osia valmistetaan työpisteellä kerralla useampi kappale kuormalavalle ja valmis kuormalava kuljetetaan kotelointipisteelle kiinnitystä varten. (Liite 7 ja Liite 8.)

### 3.8 Kotelointi

Koteloinnissa kone tarkastetaan samalla vielä ulkopuolisesti, minkä jälkeen koneeseen laitetaan kaikki ulkopuoliset muovit, renkaat ja paneelin suojakansi kiinni. Sen jälkeen koneelle tehdään vielä lämmitystestaus, jossa testataan PTC:n toimivuus. Sen jälkeen kone on valmis pakattavaksi ja se työnnetään rullarataa pitkin pakkauspisteeseen. (Liite 9.)

### 3.9 Pakkaus

Pakkauspisteessä kone pakataan pahvilaatikkoon, joka varustetaan maakaapelilla, kaasuletkulla ja käyttöohjeilla. Pakkauksen jälkeen pahvilaatikko nauhoitetaan ympäriltä kiinnipysymisen varmistamiseksi. Lopuksi paketti asetetaan kuormalavalle ja kuljetetaan trukilla lähtevien koneiden varastoon.

## 4 SUUNNITTELU

Suunnittelijoiden tehtävänä yrityksessä on suunnitella tuote, minkä jälkeen vastuu siirretään valmistukselle. Valmistuksessa tuotetta yritetään valmistaa kuitenkin onnistumatta siinä. Sen jälkeen toteutetaan kierros valmistuksen edellyttämiä muutoksia. Jos tuote ei ole vielä kukaan valmistettavissa, toteutetaan toinen kierros valmistusteknisiä muutoksia. Työnantajien tulee varmistaa, että suunnittelu on asiakaskeskeistä ja että suunnittelu on kiinteä osa muuta organisaatiota. Molempien asioiden toteutuessa ongelmia on huomattavasti vähemmän. Suunnittelijoilla on valtavat edellytykset ehkäistä ongelmia mutta myös aikaansaada niitä. (Schonberger 1989, 181.)

### 4.1 Työmenetelmien suunnittelu

Käytetyillä työmenetelmillä on iso osa yrityksen valmistuksen tuottavuudessa. Tuotteiden valmistaminen edullisesti, laadukkasti ja nopeasti vaatii tehokkaita menetelmiä, minkä vuoksi menetelmien tarkka suunnittelu on hyvin tärkeää. Yrityksen kokonaistuottavuus rakentuu yksittäisten työtehtävien ja toimintojen tehokkuudesta. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 488.)

Työmenetelmällä kuvataan tapaa, jolla laitteita, työtä ja materiaalia käytetään tuotteen valmistamisen toteuttamiseksi. Työmenetelmät perustuvat tuotteelta haluttuihin ominaisuuksiin. Valmistustehtävien toteuttaminen on usein myös mahdollista tehdä usealla eri tavalla. Tuotteen valmistamiseksi valitaan kuitenkin usein edullisin tapa, jolla saadaan tuotteelle haluttu laatu. (Haverila ym. 2005, 488 - 489.)

Tuotteen suunnittelun alkuvaiheessa pitäisi ottaa huomioon myös työmenetelmien suunnittelu, jolloin saavutetaan usein parhaat tulokset. Siten tuotteen konstruktio saadaan suunniteltua mahdollisimman hyvin valmistusprosessille sopivaksi. Ennen tuotteen valmistuksen alkamista tulee ottaa myös huomioon uusien menetelmien kehittäminen ja käyttöönotto. (Haverila ym. 2005, 489.)

Työmenetelmien suunnitteluun liittyy myös tuotantojärjestelmien suunnittelu. Valmistusmenetelmät, joita käytetään, määrittelevät myös tarvittavat koneet, laitteet ja työpisteet. Tuotantojärjestelmän ja layoutin muuttaminen on nykyään

mahdollista myös tuotteiden tai työmenetelmien vaihtuessa. (Haverila ym. 2005, 489.)

Työmenetelmien suunnittelu koskee yleensä joko yhtä työvaihetta tai laajempaa valmistuksen kokonaisuutta. Menetelmän suunnittelu jaotellaan tehtävän laajuudesta riippuen yksittäisen tai useamman työvaiheen työnkulun suunnitteluun. Suunniteltaessa laajoja työnkuluja työmenetelmäsuunnittelu liittyy lähemmin tuotantojärjestelmän suunnitteluun. Työmenetelmien suunnittelu liittyy seuraaviin valmistuksen työtehtäviin:

- Työnkulun suunnitteleminen. Suunnitellaan työtehtävien valmistusvaiheet sekä niiden keskinäinen järjestys. Valmistuksessa käytetään mahdollisimman edullisia menetelmiä, jotka riittävät saavuttamaan parhaat laadulliset tavoitteet. Työnkulun tarvitsee olla myös sopiva valmistusjärjestelmää ajatellen.
- Työtapojen ja paikan suunnitteleminen. Merkittävien etujen saamiseksi pitää työpaikka olla hyvin suunniteltu. Teollisuudessa valmistustehtäviin huonosti suunnitellut työpaikat ovat yllättävän yleisiä. Työntutkimuksen hyväksikäyttäminen työtavan suunnittelussa on suositeltavaa.
- Tapa, jolla koneita käytetään. Tuotantoprosessi on suunniteltava siten, että se on mahdollisimman tehokkaassa käytössä. Pullonkaulana oleviin työvaiheisiin voidaan vaikuttaa työmenetelmien suunnittelulla. Pullonkaulavaiheiden tuotantoa kasvattamalla myös kokonaistuottavuus kasvaa.
- Työskenteleminen työryhmässä. Ryhmätyön osuutta on kasvattanut merkittävästi solutuotannon lisääntyminen. Ryhmätyön ongelmia ovat työvaiheiden ja tehtävien tasapainoittaminen ja aikahäviöt. Aikahäviöitä voidaan minimalisoida suunnittelemalla huolella ryhmän työtehtävät, ohjausperiaatteet, tavoitteenasettelu ja palkkausperiaatteet.
- Tuotantovälineiden valitseminen. Tuotantokoneiden ja välineiden valintaan liittyy monia eri tekijöitä. Eri menetelmien kustannukset ja tuottavuus on selvitettävä investointipäätöstä varten.
- Työvälineiden suunnitteleminen. Työmenetelmän suunnittelussa huomioon otettavia asioita ovat valmistusmenetelmän kustannukset,

työmenetelmän tehokkuus ja saavutettava laatu. Valmistusprosessien tuottavuutta voidaan kehittää työmenetelmien systemaattisella suunnittelulla. (Haverila ym. 2005, 489 - 490.)

Seuraavien etujen saavuttaminen on mahdollista työmenetelmien systemaattisella suunnittelulla:

- Työmenetelmän tehokkuus ja laatu kasvavat. Työmenetelmien valitseminen voidaan toteuttaa siten että, ne tuottavat laadukkaampia tuotteita ja menetelmiä. Työ- ja laadunvarmistusohjeiden laatimisesta saadaan helpompaa.
- Menetelmien ominaisuudet ja sisältö ovat tunnettuja, joten laadun kehittämisestä tulee helpompaa. Poikkeamien analysoinnista ja laadun seurannasta saadaan huomattavasti helpompaa.
- Työmenetelmät ja niiden aikavaatimukset ovat tunnettuja, joten suorituspalkkauksen ja suoritepalkkioiden arvioiminen on helpompaa.
- Tuotantojärjestelmää kehitetään varmallalla pohjalla olevien tietojen perusteella. Työvaiheiden ja työaikojen tietojen puuttuessa usein investoinnit ja tuotantojärjestelmien kehittämissuunnittelu ovat hataralla pohjalla. (Haverila ym. 2005, 490.)

#### 4.2 Varastojen suunnittelu ja valvonta

Lähes kaikille yrityksille tuote- ja materiaalivarastot ovat välttämättömiä.

Varastojen tarpeen tekee tuotteiden toimituskyvyn ylläpitäminen sekä tuotantoprosessin eri vaiheiden kytkeminen toisiinsa. Yksi yrityksen merkittävimmistä kustannustekijöistä ovat varastot. Varastoihin sitoutuu merkittäviä määriä pääomaa, ja materiaalien käsittely aiheuttaa kustannuksia.

Varastoihin sisältyy myös riskitekijöitä, jos tuote vanhentuu varastossa teknisesti tai taloudellisesti. Monilla teollisuuden aloilla tuotteen ikääntyminen varastossa saattaa heikentää sen laatua. (Haverila ym. 2005, 445 - 446.)

Yksi materiaalihallinnon tärkeimmistä tehtävistä on varastojen koon määrittely. Varastojen tarvitsee olla riittävän suuret yrityksen toimintakyvyn turvaamiseksi,



mutta kuitenkin varastojen sitoma pääoma yritetään pitää mahdollisimman alhaisena. (Haverila ym. 2005, 449.)

Kokonaissuunnittelun yhteydessä tehdään yleensä lopputuotevarastojen suunnittelu. Varastojen koko mitoitetaan yleensä niin, että vilkkaimpina kausina pystytään saavuttamaan varastojen haluttu palvelutaso. Varastojen suunnittelussa pitää myös ottaa huomioon kausivaihteluiden tasaaminen. Hiljaisina kausina tuotteita valmistetaan varastoon ja vilkkaimpina kausina varastoa puretaan. (Haverila ym. 2005, 449.)

Materiaali- ja puolivalmisteverastojen mitoitus voi perustua lopputuotteiden tilauksista tehtyihin ennusteisiin, joista on laskettu käytettävän materiaalin määrä. Lopputuotteen menekin perusteella laskettua materiaalimenekkiä kutsutaan johdetuksi tarpeeksi. Pitkän toimitusajan ja kalliiden materiaalien varastotasojen suunnittelussa käytetään usein johdettua tarvetta. Lyhyen toimitusajan materiaalien hankkiminen ja varastoiminen perustuu yleensä kokemuksella määriteltyihin varastotasoihin ja tilauspisteisiin. (Haverila ym. 2005, 450.)

Halpojen materiaalien tilauskustannukset ovat yleensä suuret verrattuna varastointikustannuksiin. Halpoja materiaaleja kannattaakin yleensä ostaa suurissa erissä varastoon. Yleisesti käytössä olevien ruuvien, mutterien ja aluslevyjen varastotasot ovat suuret, koska tilauskustannukset ovat suuremmat kuin varastointikustannukset. (Haverila ym. 2005, 450.)

Varastotasojen määrittämisessä pitää muistaa ottaa huomioon myös mahdolliset menekkien vaihtelut. Ennustamaton menekkien kova vaihtelu edellyttää varastotason nostamista, jotta yrityksen toimituskyky olisi turvattu. Suurista ostoeristä voi saada myös paljousalennuksia, jotka kannattaa ottaa myös huomioon päätöksiä tehdessä. Raaka-aineiden hinnannousu voidaan myös ottaa huomioon ja sitä voidaan ostaa varastoon kustannussäästöjen saavuttamiseksi. (Haverila ym. 2005, 450.)

Yksi toiminnanohjauksen perustoiminnoista on varastojen valvonta. Monissa toiminnanohjauksen suunnittelu- ja päätöksentekotilanteissa varastomäärän suuruus on keskeinen lähtötieto. Toimitusaikojen määrittely, tuotantoerien suunnittelu ja materiaalien hankkiminen perustuvat yleensä varastojen

saldotietoihin. Varastovalvonnassa aiheutuvat ongelmat vaikeuttavat merkittävästi toiminnanohjausta ja aiheuttavat huomattavasti myös lisää kustannuksia.

(Haverila ym. 2005, 450.)

#### 4.3 Tuotannon suunnittelu

Yhtä yrityksen keskeisimmistä prosesseista voidaan pitää tuotantoprosessia. Toiminnan johtamisen päätökset ja ongelmat liittyvät yleensä tuotantoprosessien hallintaan ja kehittämiseen. Tuotanto on yrityksen yksi keskeisimmistä toiminnoista, jossa yrityksen tuotannontekijät muutetaan markkinoille tarjottaviksi hyödykkeiksi. Teollisessa tuotannossa pyritään usein pääsemään korkeaan tuottavuuteen erikoistumisella ja tehokkailla valmistusmenetelmillä. Tuotanto on yleensä määritetty valmistuslähtöisesti. Valmistuksella ja tuotannolla tarkoitetaan samaa asiaa. Valmistus on yksi yrityksen tärkeimmistä toiminnoista ja kuuluu yrityksen tärkeimpiin osiin. Tuotannon määritelmää käytetään nykyään laajemmassa muodossa. Tuotannolla käsitetään kaikkia niitä asioita, joita tarvitaan tuotteen tai palvelun toteuttamiseen. Tuotanto ymmärretään niin, että se kattaa koko tilaus- ja toimitusketjun kaikkine tehtävineen. (Haverila ym. 2005, 350 - 351.)

Tuotannon määritelmällä pyritään yrityksen kokonaisuuden hallitsemiseen. Tuotannon ohjaaminen ja kehittäminen edellyttää vuorovaikutussuhteiden hahmottamista. (Haverila ym. 2005, 351.)

Määritelmän mukaan tuotanto sisältää kaikki toiminnot, jotka liittyvät suoraan tuotteeseen. Tuotannon eri alueet voidaan määritellä seuraavasti.

- Tuotantoon kuuluu koko valmistus kokonaisuudessaan.
- Markkinoinnista tuotantoprosessiin kuuluvat tilausten tekeminen ja tuotteen spesifikaatio.
- Tuotantoketjuun kuuluu jakelun suunnittelu ja toteutus.
- Tuotantoprosessiin kuuluu myös tilausten perusteella tehtävä asiakaskohtainen suunnittelu.

- Tuotekehitys ei kuulu suoraan tuotantoketjuun, mutta vaikuttaa tuotannon tehokkuuteen. Tuotteen toteutustavan ja valmistustekniikan määrittelee tuotteen konstruktio.
- Tuotantoprosessiin kuuluu materiaalien hankinta ja alihankkijoiden ohjaus. (Haverila ym. 2005, 351.)

#### 4.4 Muut huomioon otettavat asiat

Läpimenoajan lyhentämisessä voidaan noudattaa JIT-perussääntöjä.

- Tuotevalikoima kokonaisuudessaan perustuu standardoituihin ja moduloituihin tuotteisiin.
- Informaatio ja materiaali virtaavat prosessien mukaisesti suoraan.
- Prosessien palvelut sijaitsevat prosessissa niissä kohdissa, joissa niitä oikeasti käytetään.
- Prosessilla on rajoitetusti toimittajia.
- Tuotteet valmistetaan tuotantosoluissa, joilla on tarvittavat resurssit, vastuut ja valtuudet.
- Toiminta sijaitsee rajatulla alueella niin että kuljetusmatkat pysyvät lyhyenä.
- Informaatiota ja valmistusta voidaan ohjata visuaalisin menetelmin.
- Jokainen tuotantovaihe käyttää materiaaleja suoraan varastosta tai toimittajilta.
- Jokainen tuotantovaihe käyttää tarvittavia osavalmistuksen materiaaleja edelliseltä työvaiheelta tai alihankkijalta.
- Vaihdettaessa tuotteesta toiseen vaihtoaika pysyy lyhyenä.
- Ennakoidaan laitteiden ja koneiden kunnossapitoa.
- Koko yrityksen tiloissa vallitsee siisteys ja järjestys.
- Henkilöstö yrityksessä on monitaitoista.
- Organisaatiosta löytyy varakapasiteettia.
- Palkkausjärjestelmä on kannustava, joka kannustaa yhteisiin tuloksiin. (Tuominen 2010a, 77.)

Siisteys ja viihtyvyys ovat yksi yrityksen perusarvoista. Jokaiselle työntekijälle kuuluu vastuu oman työalueensa siistimisestä. Sillä halutaan luoda viihtyvyyttä ja turvallisuutta itselle, houkuttelevuutta työnhakijoille ja laatukuvaa asiakkaille. Kaikissa työpisteissä pitäisi olla jokaiselle osalle ja työkalulle määritellyt paikat, jotta ne ovat helposti käytettävissä. (Tuominen 2010b, 65.)

Kempillä on otettu hyvin huomioon myös työntekijöiden työturvallisuustekijät. Mahdollista on, että työtä tehdessä sattuu ja tapahtuu. Kempillä jokaiselle kuuluu vastuu työturvallisuussäännösten noudattamisesta. Siihen sisältyy huolenpito oman työpisteen siisteydestä ja turvallisuudesta. Sillä tarkoitetaan työvälineiden ja laitteiden huolenpitoa ja tarvittaessa korjauttamista. Kulkuväylät pidetään esteettöminä. Häätä-seis-painikkeet on sijoitettu niin, että ne ovat jokaisen ulottuvilla. Työntekijän on myös osattava suojautua erilaisilta haittatekijöiltä kuten melulta. Oikeat työmenetelmät ja asennot on myös opetettava, jotta työ olisi mahdollisimman sujuvaa ja riskitöntä. Nämä asiat pitää myös ottaa huomioon uutta layoutia suunniteltaessa.

## 5 LAYOUTTYYPIT

Layout on termi, jolla käsitetään tuotantojärjestelmien fyysisien osien, kuten koneiden, laitteiden, varastopaikkojen ja kulkureittien sijoittelua tehtaalla.

Tuotantolaitteiden sijoittelun ja työnkulun perusteella layoutit voidaan jakaa kolmeen erilaiseen päätyyppiin: tuotantolinjalayoutiin, funktionaaliseen layoutiin ja solulayoutiin. (Haverila ym. 2005, 475.)

### 5.1 Tuotantolinja

Tuotantolinjalayoutissa koneet ja laitteet asetellaan siten, että ne ovat valmistettavan tuotteen työnkulun mukaisessa järjestyksessä. Tuotantolinjalla on erikoistuttu tietyn tyyppisen tuotteen valmistukseen. Valmistus ja materiaalien käsittely on automatisoitua ja tehokasta. Työnkulku on selkeä, ja tuotantolinjalla voidaan käyttää erilaisia mekaanisia kuljettimia, joiden avulla materiaalit siirtyvät. (Haverila ym. 2005, 475.)

Suuri tuotteen volyyymi ja korkea kuormitusaste toimivat edellytyksenä tuotantolinjan rakentamiselle. Tuotantolinjan rakentamiskustannukset ovat suuret mutta suurien valmistusmäärien ansiosta tuotteen yksikköhinta muodostuu alhaiseksi. Tuotantolinja kestää huonosti häiriöitä, sillä pienikin häiriö voi vaikuttaa suuresti koko tuotantolinjan tuottavuuteen. (Haverila ym. 2005, 475.)

Laadunvalvonta toimii tuotantolinjalla tärkeässä roolissa, koska linja pystyy tuottamaan nopeasti myös virheellisiä tuotteita. Kapasiteetin kasvattaminen on melko vaikeaa tuotantolinjan toteuttamisen jälkeen. Linjalla tehtävät tuotantosarjat ovat useasti suuria, koska tuotteen vaihtaminen toiseen vaatii usein pitkän asetusajan. Selkeä työnkulku ja kokonaisuus tekevät yhdessä tuotannonohjauksen helpoksi, tuotantolinjaa ohjataan yleensä yhtenä isona kokonaisuutena. (Haverila ym. 2005, 475 - 476.)

### 5.2 Funktionaalinen layout

Funktionaalaisella layoutilla tarkoitetaan sitä, että koneet ja työpisteet on ryhmitelty työtehtävien samankaltaisuuden perusteella. Esimerkiksi kaikki

hitsauskoneet ovat hitsaamossa ja sorvit sorvaamossa. Funktionaalista layoutia voidaan nimittää myös teknologiseksi layoutiksi. Nimitys sille tulee koneiden tuotantoteknologiaan perustuvan ryhmittelyn vuoksi. (Haverila ym. 2005, 476.)

Tuotetyypit ja tuotantomäärät voivat vaihdella funktionaalisessa layoutissa merkittävästi. Laitteet ja koneet ovat tietynlaisia monipuolisia yleiskoneita, joilla voidaan valmistaa joustavasti erilaisia tuotteita. Tuotteet valmistetaan yksittäisinä kappaleina tai sarjatuotantona. Automaation soveltaminen materiaalien käsittelyssä on rajoittunutta, toisistaan poikkeavien työkulkujen vuoksi. Tuotannonohjaus perustuu eri koneille odottavien jonojen töiden järjestelyyn. Töiden ohjaaminen osa-aikaisesti työjonosta toiseen on hankalaa. Työjonot kasvattavat keskeneräisen tuotannon määrää, jolloin tuotannon läpäisy aika pitenee. Työpisteiden välissä olevien pitkien etäisyyksien vuoksi materiaalien kuljetus- ja käsittelykustannukset muodostuvat melko suuriksi. Laadunhallinnasta tulee hankalaa, koska työpisteiden välillä olevien välivarastojen ja työpisteiden etäisyys on suuri. (Haverila ym. 2005, 476.)

Tuotantolinjaan verrattuna funktionaalisen layoutin toteutus on helppo ja halpa. Erilaisten tuotteiden valmistaminen ja kapasiteetin kasvattaminen on joustavaa. Tuotantolinjaan verrattuna funktionaalisen layoutin tuottavuus on heikompi ja kuormitusasteet jäävät keskimäärin mataliksi. (Haverila ym. 2005, 476 - 477.)

### 5.3 Solulayout

Solulayout on erikoistunut tiettyjen osien valmistamiseen tai työvaiheiden suorittamiseen, joka muodostuu itsenäisistä eri koneista ja työpaikoista. Solulayoutia voidaan kutsua myös eräänlaiseksi välimuodoksi, joka koostuu funktionaalisesta layoutista ja tuotantolinjasta. (Haverila ym. 2005, 477.)

Funktionaaliseen layoutiin verrattuna solujen läpäisyajat ovat huomattavan lyhyet. Materiaalivirta on selkeä, eikä se sisällä ollenkaan välivarastoja. Solulle on suunniteltu tietty tuote, jonka se pystyy valmistamaan joustavasti muista riippumatta. Siirryttäessä tuotteesta toiseen asetusajat ovat lyhyet. Solu on tehokkaampi kuin funktionaalinen järjestelmä ja joustavampi kuin tuotantolinja oman tuoteryhmänsä puitteissa. (Haverila ym. 2005, 477 - 478.)

Eri tuotteiden erä koko ja tuotantomäärä voivat vaihdella paljonkin. Tuotteita valmistetaan pieninä sarjoina tai yksittäisinä kappaleina. Solu muodostaa vain yhden kuormituspisteen, jolloin sen tuotannonohjaus on helppoa. (Haverila ym. 2005, 478.)

Laadunvalvontaa helpottaa eri valmistusvaiheiden suorittaminen peräkkäin samalla alueella. Virheiden korjaaminen ja löytäminen on myös helppoa. Koneiden ja laitteiden kuormitusasteet voivat vaihdella huomattavasti soluissa, keskimäärin ne ovat alhaisemmat kuin tuotantolinjalla. Kuormituksen vaihteluille ja tuotevalikoiman muutoksille solulayout on funktionaalista layoutia herkempi. (Haverila ym. 2005, 478.)

Solulayoutia on perusteltu tuottavuuden nousulla ja työntekijöiden motivaation lisääntymisellä. Solussa työskentelevät työntekijät vastaavat itse tehtäviensä suunnittelusta ja tuotteiden valmistamisesta. Työntekijät voivat itse vaikuttaa tehtävien kierrättämiseen ja työnjakoon. (Haverila ym. 2005, 478.)

#### 5.4 Mallien valintaperusteet

Layoutin tyyppi valitaan tuotettavan määrän ja tuotevalikoiman laajuuden perusteella. Tuotettaessa suuria määriä samantyyppisiä tuotteita sovelletaan tuotantolinjalayoutia. Funktionaalista layoutia käytetään, kun tuotantomäärä on pieni, mutta tuotetyyppien määrä on suuri. Solulayoutia käytetään, kun valmistetaan eri tuotteita toistuvasti, mutta ei kuitenkaan niin paljon että kannattaisi muodostaa sille oma tuotantolinja. Soluissa erityyppisten tuotteiden valmistus sujuu tuotantolinjaa joustavammin. (Haverila ym. 2005, 479.)

Tehtaan layoutin muodostumisessa käytetään erityyppisiä osalayouteja. Layout vaihtelee eri tuotantoprosessien vaiheiden mukaan. Osat voidaan valmistaa funktionaalisessa- tai solulayoutissa, vaikka tuotteet kokoonpannaankin tuotantolinjassa. Konepajassa, joka on järjestetty funktionaalisesti, voidaan osa valmistuksesta organisoida soluiksi. Valmistuksen joustavuutta on lisännyt moderni tuotantoautomaatio. Vaihdettaessa tuotteesta toiseen asetussijat ovat lyhyet, joka mahdollistaa erityyppisten tuotteiden valmistamisen joustavasti samassa tuotantoprosessissa. (Haverila ym. 2005, 480.)

## 6 LAYOUTSUUNNITTELU

Layoutsuunnittelussa keskeisenä tavoitteena on materiaalivirtojen mahdollisimman tehokas suunnittelu. Työpisteiden ja osastojen sijoitusta suunnitellessa pyritään minimoimaan materiaalien kuljetuskerrat ja -matkat. Toiminnan kehittämisen ja tuotannonohjauksen on järkevää pyrkiä selkeisiin materiaalivirtoihin. Työpisteet tulee sijoittaa alueelle niin, että materiaalien ylimääräinen siirtäminen minimoidaan ja siirtoetäisyydet pysyy mahdollisimman pieninä. (Haverila ym. 2005, 482.)

Hyvän layoutin tunnusmerkkejä ovat seuraavat:

- Materiaalivirtojen on oltava selkeitä.
  - Layoutin on oltava joustavasti ja helposti muunneltavissa.
  - Materiaalien siirto on minimoitu.
  - Kuljetusmatkat pysyvät lyhyenä.
  - Erikoisosaamista vaativa valmistus on keskitettynä yhteen paikkaan.
  - Tehtaan sisäiset palvelut on sijoitettu käyttöpaikan läheisyyteen.
  - Materiaalien jakelu ja vastaanotto on selkeää ja tehokasta.
  - Kommunikaatio on helppoa.
  - Valmistustilanteiden erityistarpeet on otettu suunnittelussa huomioon.
  - Alue on tehokkaasti käytetty.
  - Työtyytyväisyys ja -turvallisuus on otettu suunnittelussa huomioon.
- (Haverila ym. 2005, 482.)

Layoutin suunnittelussa pitää myös ottaa huomioon mahdolliset laajennus- ja muutostarpeet. Tuotetyyppien ja tuotantomäärien puitteissa layoutia on pystyttävä muuttamaan joustavasti tarpeen vaatiessa. Muutostarpeet pitää muistaa ottaa huomioon erityisesti vaikeasti siirrettävien raskaiden koneiden ja laitteiden sijoittelussa. Varastot ja tuotantolinjat on sijoitettava alueelle niin, että ne eivät häiritse myöhempää kehittämistä. (Haverila ym. 2005, 482.)



## 7 TUOTANTOLINJAN LAYOUTIN SUUNNITTELU

Tuotantoprosessien suunnittelu yrityksessä on laaja ja vaativa tehtävä.

Layoutsuunnittelu sisältää monia eri asioita kuten tehtaan koneiden, laitteiden ja materiaalivirtojen suunnittelun. Työsuunnitteluun sisältyvät työmenetelmien, työvaiheiden ja työpisteiden suunnittelu. (Haverila ym. 2005, 475.)

Tuotannon tavoitteiden toteutumiseen ja valmistuksen kannattavuuteen vaikuttaa merkittävästi valmistusprosessien ja työtehtävien toteutustapa. Tuotantoprosesseja suunniteltaessa valitaan oikeat valmistusmenetelmät, koneet ja laitteet sekä työskentelytavat tuotannolle asetettujen tavoitteiden mukaisesti. Tehdyt päätökset ja valinnat vaikuttavat yrityksen tuotannon kustannustehokkuuteen, laatuun ja joustavuuteen. (Haverila ym. 2005, 475.)

### 7.1 Tavoitteet

Tutustuttuani työnkulkuun sekä jokaiseen työpisteeseen mielessäni oli selvä kuva tuotteen valmistamisesta ja siinä huomioon otettavista asioista. Tuotantolinjan layoutin suunnittelussa tarkoitus on huomioida eri ratkaisuja, jotta tuotantolinjasta saadaan mahdollisimman tehokas ja toimiva kokonaisuus. Tarkoitus oli myös toteuttaa sellainen tuotantolinja, joka on tulevaisuudessa helposti muunneltavissa tarpeen mukaan. Suunnittelussa tarvitsi kuitenkin ottaa huomioon myös monia muitakin asioita, kuten työpisteet. Tavoitteena oli saada ergonomisesti parhaat ja tehokkaat työpisteet, jotka helpottavat työntekoa. Tavoitteena oli saavuttaa parhaat mahdolliset edellytykset joustavaa ja tehokasta tuotantoa ajatellen.

### 7.2 Suunnittelun haasteet

Layoutin suunnittelussa eri asioiden huomioiminen on haastavaa. Kaikkien toimintojen yhteensovittaminen pitää olla joustavasti ja tehokkaasti toteutettu. Layoutin suunnittelussa käytetty tila oli rajallinen, mikä vaikutti myös suunnitteluun. Haastavinta tilassa oli riittävien materiaalien tuominen lähelle käyttöaluetta, jotta ylimääräinen liike ja materiaalin siirto olisivat minimaalista. Alueella sijaitti taukotila, jonka purkaminen oli välttämätöntä riittävän työtilan aikaansaamiseksi.

### 7.3 Toteutus

Vanhassa tuotantolinjassa olevan pullonkaulan vuoksi sain tehtäväkseni ensin selvittää, miten pullonkaula voitaisiin avata tekemällä pieniä muutoksia linjastossa. Perehdyin ensin tuotantolinjaan ja pullonkaulan muodostumisen syihin sekä kävin keskusteluja työntekijöiden kanssa asiasta. Syyksi selvisikin nopeasti PTC:n testaus, joka kestää useamman minuutin. PTC:n testauspaikka oli heti koteloinnin työpisteen jälkeen. Testausta varten oli vain yksi konepaikka, jolla pystyi testaamaan vain yhden koneen kerrallaan. Tämä testauspaikka oli luotu vanhalle radalle, jotta uuden koneen testaus voidaan toteuttaa radalla eikä sitä tarvitse erikseen siirtää testausta varten muualle. Testauksen aikana muut koneet aiheuttivat jonoa, koska ne eivät päässeet etenemään radalla.

Tilanne korjattiin siirtämällä koteloinnin työpistettä radalla hieman aikaisemmaksi, jolloin tilaa saatiin toiselle PTC:n testauspaikalle. Tällöin radalle saatiin kaksi PTC:n testauspaikkaa, jonka vuoksi pullonkaula saatiin aukenemaan ja tuotanto toimimaan tehokkaammin.

Layoutsuunnittelun toteutus aloitettiin laskemalla ja perehtymällä työaikoihin. Työajat sisältävät tietyn tuotteen valmistamiseen kuluvan ajan. Tehtävän tuotteen tekemiseen sisältyy monia pienempiä kokonaisuuksia, jotka yhdistämällä saadaan kokonaisaika. Ajat ovat melko tarkkoja, koska ne on mitattu sekuntikellon tarkkuudella. Kun tiedossa on vuosittainen konemäärä ja eri työpisteiden työajat, sen perusteella pystyi laskemaan henkilöstön määrän, joka on varattava riittävän vuosittaisen tuotantomäärän saavuttamiseksi. Tällöin saatiin tietoon työpisteiden määrä, joka tuotantolinjalla minimissään tarvitaan. (Liite 10.)

Tehtäviin kuluvia aikoja ei saa menemään tarkalleen tasan, jolloin henkilöstöä voidaan myös kierrättää eri tehtävien välillä. Kun työntekijälle tulee ylimääräistä aikaa ja oman työpisteen työt on hoidettu, häntä voidaan käyttää hyödyksi muissa työtehtävissä. Tarkoitus on parantaa tuotannon tehokkuutta ja varmistaa, ettei työntekijä joudu istumaan toimeettomana.

Layoutin suunnittelussa päädyttiin tuotantolinjamaiseen layoutiin, koska se osoittautui parhaaksi mahdolliseksi muodoksi valmistusta ajatellen.

Tuotantolinjan rungon suunnittelussa tuli ottaa huomioon materiaalivirtojen

kulkusuunnat sekä tilankäyttö. Layoutsuunnittelussa täytyi myös huomioida riittävät puskurivarastot ennen työpisteitä. Puskurit ovat tarpeellisia, jotta tuotanto linjalla olisi sujuvaa, vaikka työntekijät olisivat tauolla eri aikaan. Perusrungon suunnittelussa oli monia eri variaatioita, joita pystyi yhdistelemään keskenään.

Materiaaliselvityksessä kävin läpi jokaisen tuotteen tekemiseen tarvittavat materiaalit sekä niiden sijainnit ja mahdolliset ongelmat. Materiaaliselvityksen jälkeen tiedossa oli materiaalien määrä, joka tuotteen valmistukseen tarvitaan. Kun materiaalien määrä on tiedossa, niin tiedetään, kuinka paljon tilaa kyseiset materiaalit tuotantolinjan läheisyydestä vievät. Tämä on oleellinen tieto, jotta pystytään suunnittelemaan layout niin, että materiaalialeille osataan varata riittävästi tilaa oikeasta paikasta. Materiaalit piti tuoda mahdollisimman lähelle työpistettä, jolloin ylimääräistä liikettä saadaan vähennettyä ja siten säästetään aikaa. Paneeliperustuksen valmistamisessa käytettävät isoimmat materiaalit tulevat tällä hetkellä kolmella eri lavalla. Tulevaisuudessa tarkoitus on, että samat materiaalit on yhdistetty ja ne tulevat samalla lavalla, jolloin säästetään lisää tilaa. (Liite 11.)

Materiaalien sovittelu layoutiin sulki pois muutamia eri vaihtoehtoja, koska tilankäyttö osoittautui liian hankalaksi. Lopullisen layoutin toteutuksessa piti myös miettiä aikaa ja tapaa, jolla layoutin muutos toteutetaan ilman suurempaa katkosta tuotannossa. Layoutsuunnittelun lopputuloksena syntyi kaksi suunnitelmaa, joista jatkokehittämällä saatiin lopullinen myöhemmin toteutettava layout. Molemmista suunnitelmista valittiin eri ideoita, joita jatkokehittämällä saatiin parhaat mahdolliset ideat lopulliseen suunnitelmaan.

#### 7.4 Layoutin mallien pohdintaa

Layoutsuunnittelussa on monia huomioitavia asioita ja niiden kaikkien sovittaminen yhdeksi kokonaisuudeksi on haastavaa. Niinpä suunnittelun tuloksena syntyikin useampi layoutversio, joissa kokeiltiin eri tilanteita ja tarkasteltiin asioita eri puolilta. Layoutversioiden miettiminen aloitettiin materiaalivirtojen pohjalta. Päävarasto sijaitsi layoutin alkupäässä, joten myös tuotantolinjan läpivirtauksen oli kannattavaa kulkea samansuuntaisesti ylimääräisen liikkeen vähentämiseksi. Suunnittelussa edettiin vaihe kerrallaan ja

vaiheet lisättiin kuviin sitä mukaa kun parhaat mahdolliset vaihtoehdot oli käyty läpi ja paras niistä löytyi. Suunnittelussa käytettävä tila oli rajallinen, joten osa ideoista karsiutui tilanpuutteen vuoksi pois. Jokaisessa layoutversiossa alueella oleva taukotila purettiin lisätilan aikaansaamiseksi.

#### 7.4.1 Layout 1

Layoutin alareunassa on kolme osakoontapistettä, jossa kootaan loppukokoonpanijoille menevät osat itsenäisesti. Takana olevan hyllykön tarkoituksena on toimia läpivirtaushyllynä, jonka kautta valmiit kappaleet kulkevat materiaalinkäsittelijän kautta loppukokoojalle. Loppukokoonpanija kokoaa tuotteen ja lähettää sen linjastoa pitkin koestukseen. Sivuttaisliike on toteutettu automaattisen kuljettimen avulla. Rata muuttuu sivuttaisliikkeen jälkeen kahdeksi radaksi, jotta mahdolliset pullonkaulat voitaisiin välttää. Koestus on toteutettu yhdessä työpisteessä entisen kahden työpisteen sijasta.

Vanhassa layoutissa tuotteelle tehtiin ensin ylijännitetestaus, jonka jälkeen toisessa työpisteessä toiminnallinen testaus. Koestuskoneet oli mahdollista yhdistää, joten koestuksesta pystyttiin jättämään toinen työpiste pois. Kumpikin radoista voi siis toimia täysin itsenäisesti. Layoutissa myös taukotila oli purettu pois, jotta kotelointiin ja pakkaukseen saatiin lisää tilaa.

Layoutissa radan sijoittelua vaikeuttivat tukipalkit, jotka rajoittivat tilaa radan sijoittelun suhteen. Ongelmana layoutissa on myös osakoonnan työpisteiden ja loppukokoonpanijoiden työpisteiden välinen suuri etäisyys, koska henkilöiden pitäisi pystyä kommunikoimaan keskenään. Materiaalien sijoittelu on myös hankalaa oikeanpuoleisen loppuradan pakkausalueen tilanpuutteen vuoksi. (Liite 12.)

#### 7.4.2 Layout 2

Toisessa layoutissa osakoontapisteeet ovat samalla paikalla kuin edellisessäkin layoutissa. Loppukoontapisteeet on käännetty eri suuntaan, jolloin tämä toteutus lyhentäisi rataa ja turhaa tilanhukkaa olisi tällöin vähemmän. Radan poikittaisliike on myös toteutettu tässä suunnitelmassa automaattisella kuljettimella. Huonoa

tässä suunnitelmassa on, että osakoontapisteet sijaitsevat liian kaukana loppukoontapisteistä. Ennen loppukoontapisteitä pitää olla ylimääräistä tilaa, jonne materiaalit on helppo sijoittaa. Radan loppuosa on toteutettu niin, että toinen rata on melkein käytävän reunassa kiinni ja toinen kauempana. Tällöin ratojen väliin jää riittävän suuri tila, jonne materiaalit on helppo sijoittaa ja jossa ne ovat riittävän lähellä työpisteitä. Ratojen välissä olevat tukitolpat rajoittavat kuitenkin omalta osaltaan materiaalien sijoittelua. Materiaalien tarvitsema tila on kuitenkin niin suuri pakkausalueen osalta, että materiaalien käsittelyssä saattaa kuitenkin ilmetä ongelmia. (Liite 13.)

#### 7.4.3 Layout 3

Layoutissa aikaisemmin kaukana olevat osakoontapisteet on sijoitettu radan tuntumaan. Hyvä puoli tässä suunnitelmassa on, että loppukoontapisteiden sekä osakoontapisteiden työntekijät pystyvät kommunikoimaan sekä tarvittaessa siirtymään helposti toiseen työpisteeseen. Ongelmaksi tässä muodostuu tilanpuute. Loppukoontapisteiden läpi kulkevan rullaradan vieressä oleva osakoontapiste tarvitsee myös aina materiaaleja, jotka sijaitsevat työpisteen lähetyvillä. Osakoontapisteiden materiaalit vievät niin paljon tilaa, että ne tukkivat kulkureitit radan edestä ja vierestä. Tässä suunnitelmassa lisäksi ongelmaksi muodostuu osakoontapisteiden tuotteiden jakaminen. Jokaiselta osakoontapisteeltä pitäisi pystyä jakamaan helposti valmistettavia tuotteita jokaiselle loppukoontapisteen työntekijälle. Loppukoontapisteiden välisiä etäisyyksiä ei voi myöskään kasvattaa koska kummallakin puolella sijaitsevat kulkukäytävät, joille pitää jättää myös tarvittava tila esteettömään kulkemiseen. Tässä suunnitelmassa tila siis tulee liian ahtaaksi tehokkaan tuotannon saavuttamiseksi. (Liite 14.)

#### 7.4.4 Layout 4

Layoutsuunnitelmassa on loppukoontapisteet käännetty eri suuntaan, jolloin voidaan kasvattaa tarvittavaa tilaa. Tällöin loppukoontapisteiden etäisyyksiä toisistaan voidaan kasvattaa lisää mutta kuitenkin rajoitetusti. Osakoontapisteet on sijoitettu loppukoontapisteiden läheisyyteen, mutta niiden leveys ja materiaalin

tarvitsema tila on kuitenkin liian suuri esteettömään kulkemiseen.

Loppukoontapisteiden tarvitseman materiaalin tila jää myös tässä suunnitelmassa liian pieneksi. Rullaradan pituus kasvaa myös huomattavasti, mikä hidastaa tuotteen läpimenoa. (Liite 15.)

#### 7.4.5 Layout 5

Layoutsuunnitelmassa alueelle on myös tuotu materiaalit, joita työpisteillä käytetään. Siten pystytään suunnittelemaan riittävä tila, jotta materiaalien käyttö olisi helppoa ja sujuvaa. Materiaalien pitää lisäksi olla mahdollisimman lähellä työpistettä, jotta ylimääräinen liike saadaan minimoitua. Layoutin alkupäähän on sijoitettu rata, jonka päällä voidaan säilyttää materiaaleja. Rata toimii niin, että kun radalle tuodaan kuormalava, vierestä voidaan ottaa samalla tyhjä kuormalava pois. Näin rataa pystytään täyttämään ja tyhjentämään samalta puolelta, joka säästää ylimääräistä trukilla ajoa. (Liite 16.)

#### 7.4.6 Layout 6

Layoutin alkupäässä sijaitsee samat materiaalit, mutta työpisteiden sijoittelua on muutettu. Osakoontapisteet sijaitsevat lähempänä loppukoontapisteitä kuin edellisessä suunnitelmassa. Layoutissa loppuosan rullaradat on levitetty etäälle toisistaan, jolloin niiden väliin on saatu mahtumaan kaikki tarvittavat materiaalit. Automaattisen kuljettimen kulkema matka kasvaa tässä suunnitelmassa, mutta se ei ole ongelma. (Liite 17.)

### 7.5 Lopullisen layoutin valinta ja perusteet

Lopullinen layout on suunniteltu yhdistelemällä aiempien layoutsuunnitelmien ideoita sekä kehittämällä niitä. Osakoonnan työpisteet on sijoitettu mahdollisimman lähelle loppukoontapisteitä sekä materiaalit on tuotu myös lähelle käyttöaluetta. Loppukoontapisteiden edessä oleva puskurirata on poistettu ja materiaalien kuljetus hoidetaan useilla kuljetuskärryillä, jotka materiaalinkäsittelijä jättää loppukoonnann työpisteiden eteen. Radan oikealla puolella olevaa käytävää on levennetty, jolloin saadaan trukki liikenne kulkemaan

myös sitä kautta. Päävarastoon oleva matka on trukilla lyhyempi sitä kautta, jolloin sen avulla säästetään aikaa. Tuotantolinjaa on siirretty sen verran, että molemmilla puolilla sijaitsevilla kulkuväylillä on riittävä tila turvalliseen kulkemiseen. Osakoontapisteiden ja materiaalien lopullista sijoituspaikkaa tarkennetaan vielä paikanpäällä muutostyön yhteydessä, jotta saavutetaan paras mahdollinen lopputulos. Layoutin valintaperustana toimivat tehokkuus ja käytettävyys. Ylimääräinen liike on saatu minimoitua ja materiaalit mahdollisimman lähelle käyttöaluetta. (Liite 18.)

Layoutsuunnitelmassa pakkausalueelle on suunniteltu muovivanneautomaatit, jotka nopeuttavat pakkausta huomattavasti. Neuvotteluja automaateista on jo käyty ja toiselle radalle on tulevaisuudessa tulossa laite testikäyttöä varten. Jos laite havaitaan toimintaa tehostavaksi, tulee toiselle radalle tulevaisuudessa myös samanlainen. (Liite 19.)

## 8 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön layoutsuunnittelu oli kokonaisuudessaan iso projekti, joka sisälsi monia huomioon otettavia asioita. Ennen suunnittelua piti perehtyä tuotteisiin ja niiden valmistukseen, jotta saa käsityksen tuotteen valmistamisen eri vaiheista ja siihen tarvittavista materiaaleista.

Tuotteisiin perehtymisen ja suunnitteluprosessin aikana yritys tuki mahdollisuuksien mukaan prosessin etenemistä. Työpaikkakäynnit ja keskustelut herättivät uusia ajatuksia ja ideoita sekä panivat ajattelemaan asioita myös työtyöturvallisuuden näkökulmasta. Käyttöni annetulla tietokoneella ohjelmistoinen oli tässä työtehtävässä erittäin suuri merkitys.

Tuotantolinjan layoutin suunnittelussa asetettiin tavoitteeksi tehokkuus ja toimiva kokonaisuus. Sen tuli olla helposti muunneltavissa tarpeiden mukaan. Työpisteiden piti olla tehokkaita ja samalla myös työtä helpottavia.

Layoutin suunnittelussa käytetty tila oli rajallinen, ja se edellytti alueella olevan taukotilan purkamista. Haastavinta oli kuitenkin materiaalin sujuva siirto työpisteisiin.

Materiaalien sovittelu layoutiin sulki muutamia vaihtoehtoja pois vertailusta. Layoutsuunnittelun lopussa oli kaksi suunnitelmaa, joista valittiin eri ideoita ja näitä yhdistelemällä ja kehittämällä saatiin toimiva layoutsuunnitelma.

Suunnittelutyöt täyttävät sille asetetut tavoitteet. Kaikki tuotantoon liittyvä pyrittiin ottamaan suunnittelussa huomioon. Tuotteen tuotantokapasiteetti on nykyisellä layoutilla noin 35 kpl/päivä ja uudella layoutilla 40 kpl/päivä. Täten voidaan todeta, että tuotantokapasiteettia saatiin nostettua yli 14 %/päivä. Kahdessa vuorossa on mahdollista tuottaa jopa 70 kpl/päivä. Lopullinen layoutsuunnitelma mahdollistaa tarvittaessa myös muuntelun. Kyseinen suunnitelma tullaan toteuttamaan yrityksessä alkukesän aikana.



## LÄHTEET

Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2005. Teollisuustalous. Viides painos. Tampere: Infacs Oy.

Schonberger, R. 1989. World Class Manufacturing. Jyväskylä: Gummerus.

Tuominen, K. 2010a. Lean, Tehoa ja laatua prosessien ja virtauksen kehittämiseen. Jyväskylä: WS Bookwell Oy.

Tuominen, K. 2010b. Lean, Tehoa ja laatua hukkan vähentämiseen. Jyväskylä: WS Bookwell Oy.

Kemppi. 2012. Kemppi [viitattu 27.3.2012]. Saatavissa: <http://www.kemppi.com>

Liitteet poistettu, salattu.