



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

PUTKISTOESIVALMISTUKSEN LAYOUT-SUUNNITTELU JA
TOTEUTUS
JANNE KUJANSUU

Diplomityö

Aihe ja professori Marko Seppänen
tarkastajaksi hyväksytty 24.5.2018

TIIVISTELMÄ

JANNE KUJANSUU: Putkistoesivalmistuksen layout-suunnittelu ja toteutus
Talous ja rakentaminen, Tampereen teknillinen yliopisto
Diplomityö, 51 sivua
Marraskuu 2018
Johtamisen ja tietotekniikan DI-tutkinto-ohjelma
Pääaine: Tuotantotalous
Tarkastaja: Professori Marko Seppänen

Avainsanat: layout, tuotanto, tuotantoprosessi, esivalmistus, putkisto, suunnittelu

Kohdeyrityksen tuotantoprosessissa valmistetaan putkistoesivalmisteita tai niihin verrattavia tuotteita. Työn tarkoitus oli auttaa kohdeyritystä varautumaan paremmin tulevaisuuden kilpailutilanteeseen ja samalla esivalmistuksesta halutaan saada enemmän hyötyä putkistotoimituksiin. Esivalmistusta tulee yleisesti kehittää ja tuotantoprosessia parantaa, jotta käytettävät resurssit saadaan paremmin hyödynnettyä ja tuotantoprosessista tehokkaampi.

Työssä tutkittiin erilaisia layout-tyyppejä ja niiden soveltuvuutta eri tuotantoprosesseihin. Tutkimus rajattiin sisältämään vain tuotantotilan sisäpuoliset osuudet. Lisäksi tutkittiin layouttien suunnitteluperiaatteita. Tutkittavia layout-tyyppejä olivat kiinteä layout, tuotantolinjalayout, solulayout ja funktionaalinen layout. Näiden lisäksi käsiteltiin pintapuolisesti tuotantoprosessin läheisesti liittyviä asioita, kuten läpäisyaikaa, materiaalinhallintaa, sisäistä ja ulkoista asiakasta, 5S:ää ja sen merkitystä sekä muutosta ja sen hyväksymistä.

Työssä käsiteltiin myös putkistoesivalmistuksen näkökulmasta erilaisia ongelmia, haasteita ja asioita, mitkä tulee huomioida tuotantoprosessia ja layoutia rakennettaessa.

Työn tuloksena saavutettiin putkistoesivalmistuksen tuotantoprosessin pohjaksi kaksi erilaista funktionaalista layoutmallia, joita yritys voi lähteä soveltamaan käytäntöön. Layoutit laadittiin yleisimpien tapausten mukaan, jossa oli huomioitu tuotantoprosessin vaatimukset eri materiaaleille ja projekteille sekä yleisimmin tuotettavat tuotteet. Näihin layout-malleihin sovitettiin työpisteet ja materiaalivirtaukset.

Lisäksi työssä saavutettiin tieto siitä, miten materiaalia tulee hallita ja miten merkittävässä roolissa se on toimivuuden kannalta. Lean-periaatteiden mukaisesti 5S-järjestelmän avulla yritys pystyisi pitämään tuotantoprosessinsa järjestyksessä ja tehokkaana. Eri työpisteiden tehtäväkuvaukset sekä tuotantoprosessin kuvaus kirjallisessa muodossa tuovat yrityksen toiminnan selkeämmin esille, jonka avulla eri tehtävät on helpompi hallita ja vastuuttaa ne.

Tuotantoprosessin lopullinen sisältö työvaiheineen sekä sisältöineen tulee päättää, jotta voidaan luoda lopullinen tuotannon pohjaksi vietävä layout. Lisäksi annettiin ehdotuksia tuotannon ja toiminnan parantamiseksi, jotka kirjoittajan mielestä olisivat hyviä parannuksia jokapäiväiseen tekemiseen.

ABSTRACT

JANNE KUJANSUU: Layout and achievement of pipe prefabrication
Faculty of Business and Built Environment, Tampere University of Technology
Master of Science Thesis, 51 pages
November 2018
Degree Programme in Management and Information Technology, MSc (Tech)
Major: Industrial Engineering and Management
Examiner: Professor Marko Seppänen

Keywords: layout, production, production process, prefabrication, piping, design

The main product of the company that was researched is piping or prefabrication of piping. The company also fabricates some steel structures and products that are similar.

The main purpose of the thesis is to help the company to find ways to prepare for the future competitive situation of the market and be more productive and effective at piping works. There has been observed a need to develop prefabrication and production process to utilise used resources better and make the production process more efficient.

Different layout types and their suitability to different production processes were studied in this thesis. The research included only the indoor production facilities of the company. The design principles of the layouts were also studied in this thesis. The researched layout types were the solid layout, production line layout, cell layout, and functional layout. In addition details of the production process, such as transmission time, resource control, inner and outer customer, 5S and its meaning were studied.

Different kinds of problems and challenges of the production process and layout construction were discussed from the piping prefabrication point of view.

In conclusion two different functional layouts were achieved as the basis of the piping prefabrication production process. The layouts were designed according to the most common cases taking into account the demands of the production process for the different materials, projects and, the most commonly produced products. The workstations and material flows were fitted into the layouts.

The understanding of the role and importance of material control was achieved in this thesis. According to Lean principals with 5S system the company could keep the production process organized and efficient. Written job descriptions in the different workstations and production processes highlight the functions of the company. Different tasks are thus easier to manage and delegate.

The final contents and operations of the production process must be decided so the final layout for the basis of the production can be created. Suggestions for improving everyday production and operation of the company.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on osa työnantajani Porin Teollisuusputki Oy:n tavoitetta parantaa hallitointojaan sekä vastata tulevaisuuden haasteisiin esivalmistuksen ja hallin toimivuutta parantamalla.

Kiitos TTY:n opettajille, professoreille ja ohjaajille, jotka olette minua auttaneet ja ohjanneet opiskelujeni aikana.

Kiitän kollegoita, jotka ovat tukeneet minua ja osallistuneet layoutin pohdintaan. Kiitos työnantajalle, joka on rohkaissut ja kannustanut opiskelemaan.

Kiitos läheisille, jotka olette tukeneet ja auttaneet minua eri tavoin opiskelujeni aikana. Erityisesti kiitos lapsille, joista kumpuaa jatkuva eteenpäin menemiseni halu ja vaimolle, joka on minua kannustanut sekä vaikeina hetkinä vienyt ajatuksiani positiiviseen suuntaan.

Yhden suuren unelman ja tavoitteen saavuttaneena.

Porissa, 14.11.2018

Janne Kujansuu

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Työn tavoitteet ja rajaus	1
1.2	Porin Teollisuusputki Oy	2
2.	PUTKISTOURAKOINTI JA ESIVALMISTUS.....	4
2.1	Teollisuusputkistoprojektit.....	4
2.2	Esivalmistus	7
3.	TUOTANTOPROSESSIN TEHOSTAMISEN KEINOT	9
3.1	Läpäisy aika.....	10
3.2	Materiaalin hallinta	11
3.3	Sisäinen (ja ulkoinen) asiakas	12
3.4	5S-toimintamalli ja sen merkitys.....	13
3.5	Muutos ja sen hyväksyminen	15
4.	LAYOUT-TYYPIT JA -SUUNNITTELU	16
4.1	Layout tyytit ja layoutin valinta	17
4.1.1	Kiinteä layout.....	18
4.1.2	Tuotantolinja layout	19
4.1.3	Funktionaalinen layout	20
4.1.4	Solulayout	21
4.2	Yleistä layoutin suunnittelusta	22
4.3	Funktionaalisen layoutin suunnittelu	23
5.	NYKYTILANTEEN KUVAUS JA HAVAINNOINTI	25
5.1	Olosuhteet ja tuotantohalli	26
5.2	Putkiesivalmistuksen tuotantoprosessi optimaalisessa tilanteessa.....	28
5.3	Esivalmistuksen haasteet ja huomioitavat asiat	29
5.4	Esivalmistuksen ongelmakohdat	32
6.	UUDET LAYOUT-MALLIT JA EHDOTUKSET TOIMINNAN PARANTAMISEKSI.....	35
6.1	Tuotannon layout-malli numero 1	36
6.2	Tuotannon layout-malli numero 2.....	38
6.3	Suunnittelun layoutin toteutus käytäntöön.....	39
6.4	Ehdotuksia tuotannon ja toiminnan parantamiseksi.....	40
6.5	Tuotannon työpisteiden tehtäväkuvaukset	43
7.	YHTEENVETO	45
7.1	Työn päätulokset	45
7.2	Suosituksia käytäntöön.....	46
7.3	Työn arviointi.....	47
7.4	Jatkokehitysehdotukset.....	48
	LÄHTEET.....	50

KUVALUETTELO

Kuva 1.	<i>Putkisto koottuna erilaisista osista (Parisher & Rhea 2012, s.13).</i>	5
Kuva 2.	<i>3D-malli putkistosta.</i>	6
Kuva 3.	<i>Pajalla valmistettuja esivalmisteita.</i>	7
Kuva 4.	<i>Isometrinen piirustus.</i>	8
Kuva 5.	<i>Tuotanto on monien tekijöiden summa (Lehtonen 2004, s.67).</i>	9
Kuva 6.	<i>Tilauksen läpäisy aika ja tilauksen läpiviennin päätoiminnot (Lapinleimu et al. 1997, s.54)</i>	10
Kuva 7.	<i>Sisäiset asiakkaat ja palveluprosessi (Grönroos & Tillman 2001, s.405).</i>	12
Kuva 8.	<i>Työpiste ennen ja jälkeen 5S:n käyttöönoton (5S Today 2018)</i>	13
Kuva 9.	<i>Layoutin sidonnaisuus tuotantoprosessiin tai palvelun tyyppiin (Slack et al. 2010, s.180)</i>	17
Kuva 10.	<i>Kiinteä layout. Operoitava kappale on liian riskialtis siirrettäväksi (Slack et al. 2010, s.181).</i>	18
Kuva 11.	<i>Tuotantolinja layout (J.Haverila et al. 2009, s.476).</i>	19
Kuva 12.	<i>Funktionaalinen layout (J.Haverila et al. 2009, s.477).</i>	20
Kuva 13.	<i>U:n muotoinen solulayout (J.Haverila et al. 2009, s.478).</i>	21
Kuva 14.	<i>Esivalmisteiden TIG-hitsaus.</i>	26
Kuva 15.	<i>Esivalmistuksen tuotantoprosessi nykytilassa.</i>	27
Kuva 16.	<i>Esivalmistuksen tuotantoprosessi.</i>	28
Kuva 17.	<i>Työpiste, joka ei ole järjestyksessä.</i>	32
Kuva 18.	<i>Tuotannon layout-malli numero 1.</i>	36
Kuva 19.	<i>Tuotannon layout-malli numero 2.</i>	38
Kuva 20.	<i>Asennuspöytä asennuksen helpottamiseksi (Siegmond 2018).</i>	40
Kuva 21.	<i>A5 MIG Orbital System 1500 Kemppi Oy:ltä (Kemppi Oy 2018).</i>	41
Kuva 22.	<i>Laadun parantuminen auditointien myötä (Lecklin 2006, s.74).</i>	42

LYHENTEET JA MERKINNÄT

Heftaus	Metallisten osien kiinnittämistä toisiinsa pienellä hitsillä
Isometri	Mittapiirustus, jonka mukaan putkisto voidaan valmistaa
jne.	ja niin edelleen
Kirkas puoli	Tila, jossa työstetään ruostumattomia teräksiä
MIG-hitsaus	Kaasukaarihitsaus (Metal Inert Gas Welding)
MAG-hitsaus	Kaasukaarihitsaus (Metal Active Gas Welding)
mm.	muun muassa
Musta puoli	Tila, jossa työstetään hiiliteräksiä
NDT	Rikkomaton aineenkoestus (Non-Destructive Testing)
PED	Painelaitedirektiivi (Pressure Equipment Directive)
PTP	Porin Teollisuusputki Oy
TIG-hitsaus	Kaasukaarihitsaus (Tungsten Inert Gas Arc Welding)
3D-malli	Kolme ulottuvuutta sisältävä piirustus
5S	Siisteyden ja järjestyksen standardointimenetelmä

1. JOHDANTO

Maailma muuttuu jatkuvasti niin yksityiselämässä kuin myös työelämässä. Työelämän haasteet ja jatkuva kehittyminen sekä kilpailun koventuminen pakottaa yritykset muuttamaan ja kehittämään toimintatapojaan, jolla saadaan etua kilpailijoihin verrattuna. Myös alojen sisällä tapahtuu muutoksia ja emme voi vain tyytyä siihen, että teemme asiat kuten ne on tehty jo kymmeniä vuosia. Kehittyminen, toimintojen parantaminen ja uusien toimintamallien luominen auttaa yrityksiä menestymään ja luomaan arvoa yritykselle.

Tuotantotekijöiden tehokas hyödyntäminen ja tuotantoprosessin hallinta on edelleen avain taloudelliseen menestykseen. Mitä enemmän käytämme aikaa turhaan liikkumiseen ja tuottamattomien asioiden tekemiseen sitä enemmän menetämme rahaa sekä resursseja. Murheena tällöin on toimitusaikojen venyminen, asiakaslupausten pettäminen ja toimitusten hallitsemattomuus. Nämä taas johtavat helposti asiakkaiden menettämiseen ja toiminnan huonontumiseen ja hidastumiseen.

Tuotannon layoutin ja tuotantoprosessin hallinta ovat yritykselle tärkeitä asioita, jotka vaikuttavat tuotteiden läpäisyaikoihin, materiaalin- ja tiedonhallintaan, tehokkuuteen ja sitä kautta toimitusten laadukkuuteen ja nopeuteen.

Layoutin toteuttamiseen ei ole yhtä oikeaa tapaa, mutta kirjallisuudessa on paljon hyviä neuvoja layoutin tekemiseen ja suunnitteluun toimialasta riippumatta. Moni tuotannon ja tuotantoprosessin vaihe linkittyy layoutiin ja on siitä riippuvainen. Selkeä ja hyvin suunniteltu layout auttaa materiaalivirtojen ja resurssien järkevässä sekä hallitussa käytössä.

Tässä työssä perehdytään layoutin laatimiseen sekä suunnitteluun ja siinä huomioitaviin asioihin tilaajayrityksen näkökulmista katsottuna. Tilaajayrityksenä toimii projektiliiketoimintaa harjoittava putkialan yritys.

1.1 Työn tavoitteet ja rajaus

Työssä perehdytään yleisesti layoutin laatimiseen ja suunnitteluun. Lisäksi pyritään löytämään sekä luomaan kohdeyrityksen tuotannolle oikeanlainen layout ja tyyppi, joka palvelee parhaiten yrityksen tuotantoprosessia ja tarkoituspäämäärää. Yritys valmistaa pääsääntöisesti putkistoja ja niiden esivalmisteita. Layoutin tulee sopia yrityksen tuotantoprosessiin ja sen tulee edistää tuotteen valmistamista sekä tuotantoprosessin hallintaa. Tutustumme tärkeisiin käsitteisiin, kuten sisäiseen asiakkaaseen, 5S:ään, muutokseen, läpäisy-

aikaan ja materiaalinhallintaan. Edellä mainittujen asioiden sisäistäminen auttaa ymmärtämään, kuinka kohdeyrityksen tuotantoprosessia ja yleisesti toimintaa voidaan järjestyttää pienillä muutoksilla sekä keskittymällä tärkeisiin asioihin.

Tuotannon materiaalivirtoja, -hallintaa ja kulkemista tulee selkeyttää sekä tehdä tuotantoprosessista suunnitellumpi kokonaisuus, jossa huomioidaan jokaisen työvaiheen tarpeet. Eri työpisteille ja -vaiheille tulee löytää tehtäväkohtainen fyysinen sijainti, jossa suunniteltu työvaihe yleisimmin toteutetaan. Eri tehtäville ja työpisteille tulee laatia tehtävänkuvaukset, jotta työpisteessä työskentelevät tietävät mitä heiltä odotetaan ja mitkä ovat vaatimukset sekä odotukset työhön liittyen.

Tavoitteena on saada tuotantoprosessista ja resursseista enemmän hyötyä, jotta työn määrä asennustyömaalla vähenisi sekä resurssit olisivat paremmin käytössä. Lisäksi muutoksilla toivotaan saavan työstä kustannustehokkaampaa ja nopeampaa. Työllä pyritään minimoimaan myös hukka ja turhan työn tekeminen, joka käytännössä syntyy turhasta liikkumisesta ja siirtelystä.

Toisaalta halutaan parantaa ja selkeyttää toimitusketjua hallilta työmaalle. Edellä mainituilla keinoilla uskotaan, että saadaan kilpailuetua kilpailijoihin nähden sekä varaudutaan tulevaisuudessa ammattiosaajien vähenemiseen alalta.

Työ rajataan sisältämään vain tuotantotilojen sisäpuoliset osuudet. Ulkoalueet rajataan työstä pois, koska ne eivät ole niin merkityksellisiä varsinaisen tuotteen valmistamisessa. Toisaalta ne liittyvät hyvin suorasti toimintaan ja eri toimintojen toimivuuteen. Toimistot, sosiaalitalat jne. (ja niin edelleen) rajataan työn ulkopuolelle, kuten myös työmaat. Kuitenkin toivon toteutettavien muutosten ja parannusten jalkautuvan jollain aikavälillä myös työmaille ja ulkoalueisiin.

Pyrkimyksenä on parantaa yrityksen käytännön tuotantoprosessia ja layoutin käyttöä kokonaisvaltaisesti ja luoda työkaluja sekä parannusehdotuksia jokapäiväisen tekemisen avuksi. Työn tavoitteena on herättää yritystä myös suunnittelemaan enemmän toimintojaan ja pohtimaan miten paljon työtä pystytään helpottamaan tekemällä asioita toisin sekä toistamalla hyväksi havaittuja käytäntöjä.

1.2 Porin Teollisuusputki Oy

Kohdeyrityksenä on Porin Teollisuusputki Oy, josta jatkossa käytetään lyhennettä PTP. Se on Porin Uudessaniityssä sijaitseva teollisuuspalveluja ja putkiurakointia tuottava yritys. Se palvelee paikallisesti ja valtakunnallisesti erilaisia teollisuus- ja rakennusyrityksiä vahvalla osaamisella ja ammattitaidolla. PTP kuuluu Suomen suurimpien putkiurakointia toteuttavien yritysten joukkoon (Hakanen 2018).

Vuodesta 2012 yritys on sijainnut nykyisellä paikallaan, jossa sijaitsee myös noin 2100 m² tuotantotilat, ulkovarastot, pressuhalli ja 400 m² toimisto- ja sosiaalirakennukset Yrityksen kokonaisvahvuus on noin 100 henkilöä ja se koostuu niin omista työntekijöistä kuin myös alihankkijoista (Hakanen 2018).

PTP valmistaa teollisuusputkistoja ja tarjoaa erilaisia kunnossapito- ja asennuspalveluja teollisuuteen. Putkistot valmistetaan erilaisista muoveista ja teräksistä. Suurin osa liikevaihdosta syntyy haponkestävien putkistojen valmistuksesta. Porin Teollisuusputken liikevaihto vuonna 2017 oli noin 20 miljoonaa euroa (Hakanen 2018).

Työ yrityksessä on pääosin projektiluontoista. Putkistoala on melko kilpailtu ala. Työt tulevat yleisesti hyvin nopealla aikataululla, joten valmiutta erilaisten projektien tekemiseen tulee olla jatkuvasti. Asiakkaan vaatimukset ovat korkeita ja menestyskriteereinä alalla ovat aikataulun pitävyys, laatu, kustannukset sekä joustavuus. Lisäksi kustannusten jatkuva seuranta sekä hallinta ovat erityisen tärkeitä. Putkistourakoinnissa tärkeää on myös esivalmistuksen tehokkuus, hallinta ja oikein ajoitettu asennus työmaalla. Projektinhallinta sekä -johtaminen ovat myös merkittävässä roolissa, kuin myös työntekijöiden korkea ammattitaito sekä ammattitaidon ylläpitäminen ja uusien asioiden omaksuminen.

2. PUTKISTOURAKOINTI JA ESIVALMISTUS

J. Haverilan et al. (2009, s. 356) mukaan hinta, laatu, toimitusnopeus ja -varmuus sekä palvelu ovat tyypillisiä kilpailutekijöitä yritykselle, joka valmistaa jotain tuotetta. Nämä edellä mainitut tekijät ovat myös ne ominaisuudet, joilla yritys tekee tuloksensa ja joilla se kilpailee markkinaosuuksista markkinoilla. Kilpailutekijöistä osa voi olla vahvempia kuin toiset ja vahvuksiinsa yritys myös hyvin yleisesti nojaa.

J. Haverilan et al. (2009, s. 356) pohtii, että toimitusajat sekä -nopeudet ovat muuttuneet ja asiakkaat haluavat tuotteensa nopealla aikataululla heti tilauksen jälkeen sekä tietysti mahdollisimman alhaiseen hintaan.

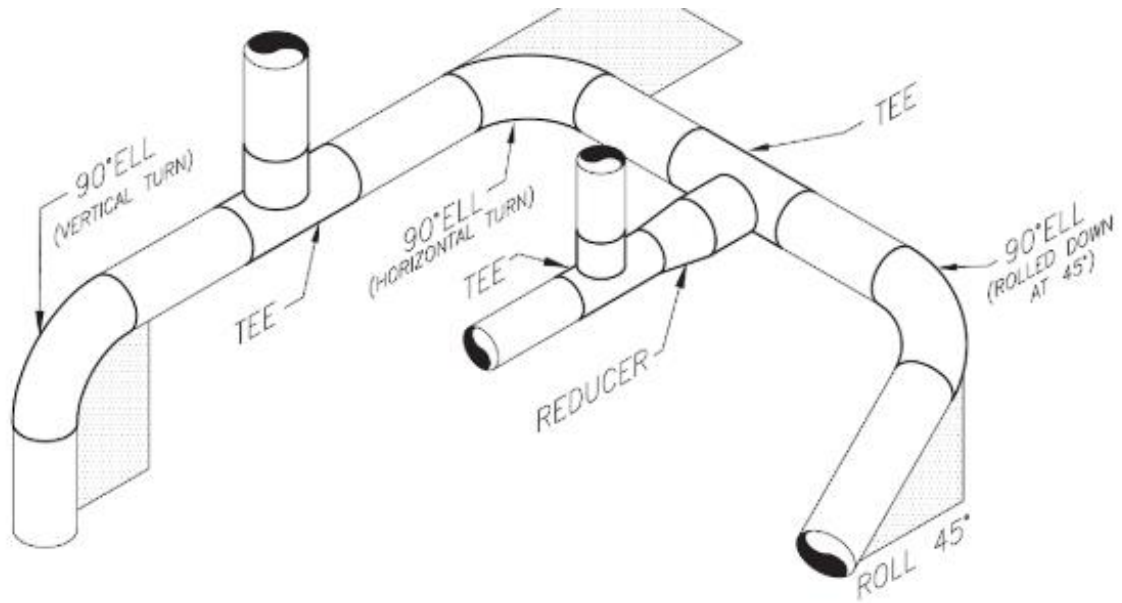
Tässä työssä valmistavan yrityksen tuotteena on loppuasiakkaan tiloihin tehtävät teollisuusputkistoprojektit. Putkistoprojektit ovat nykypäivänä hyvin tiukkaan aikatauluun puristettuja ja yleensä ne ovat sidoksissa muihin urakoitsijoihin, kuten sähkö- tai rakennusurakkaan. J. Haverilan yllä kirjattu pohdinta valmistavan yrityksen haasteista on täyttävä myös putkistoalalla, jota varten yrityksen on hyvä kehittää toimintojaan sekä varautua tulevaisuuden haasteisiin.

Aikataulu, kustannukset, toimitusvarmuus ja laatu nousevat hyvin merkittävään asemaan jokaisessa projektissa ja niin tapahtuu hyvin usein myös putkistotoimituksissa. Aika ja kustannukset näyttelevät suurta osaa toimituksissa, joten putkistot täytyy esivalmistaa mahdollisimman tarkasti sekä oikein rajattuna, jotta voidaan pysyä annetussa aikataulussa sekä saada tuottoa projektista toiseen. Myös ammattitaitoinen henkilökunta, hyvin suunnitellut ja oikein ajoitetut työt takaavat hyvän lopputuloksen.

2.1 Teollisuusputkistoprojektit

Putkistojen perusaineena käytetään yleisesti haponkestävistä ja seostetuista painelaiteteräksiä, mutta myös erilaisia muoveja tai erikoisteräksiä käytetään putkistojen perusaineena. Standardimittaisten osien koot ovat 25 millimetristä 1200 millimetriin ja niiden käyttö eri kohteissa voidaan määrittää standardien mukaan (PSK Standardisointiyhdistys ry 2011, s. 8-30).

Yleisesti putkisto valmistetaan isometrin (mittapiirustus valmistettavasta putkesta) tai 3D-mallista otetun leikkauksen mukaisesti. Tyypillisin liitostapa eri putkistokomponenteille on hitsaus-, pultti- tai kierreliitos. Putkistot (kuten kuvan 2 mukainen putkisto) rakennetaan yleisesti putkitehtaiden valmistamista standardimittaisista perusosista, joita ovat mm. kaulukset, laipat, kartiot, käyrät, putket, tiivisteet ja venttiilit (Parisher & Rhea 2012, s.13).



Kuva 1. Putkisto koottuna erilaisista osista (Parisher & Rhea 2012, s.13).

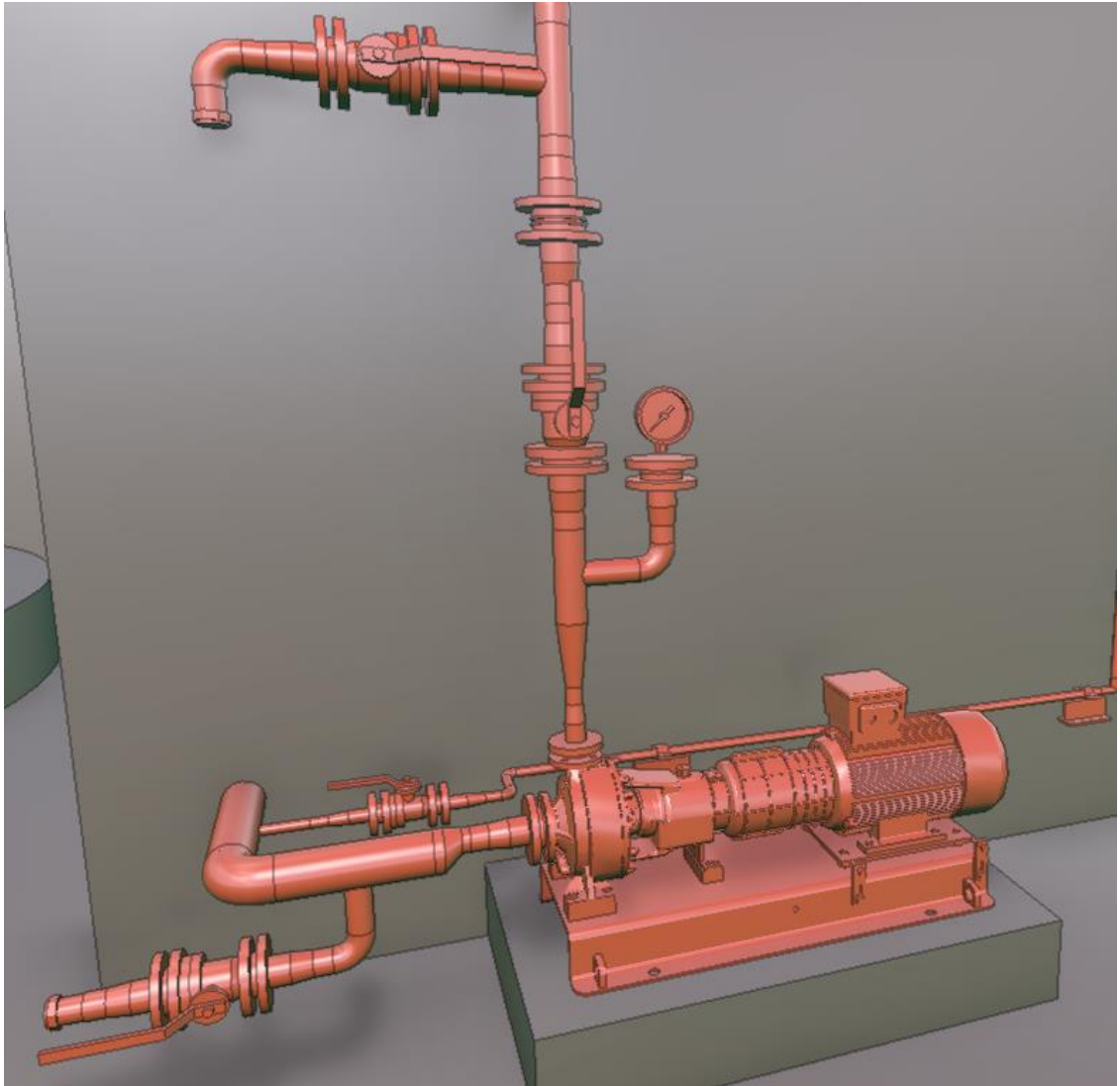
Myös osia, joita ei ole standardoitu voidaan käyttää, mutta niiden vaatimustenmukaisuus tulee osoittaa materiaalien erityisarvioinnilla (European Union 2014, s.189).

Teollisuusputkistoja valmistettaessa hitsaajien tulee olla pätevoitetyjä ja materiaalit jäljitettävissä. Putkistojen testaus toteutetaan NDT-tarkastuksella (rikkomaton aineenkosetus) ja visuaalisilla menetelmillä. Mekaaninen lujuus tarkistetaan painekokeella. Lopputulokset dokumentoidaan sekä putkisto vakuutetaan standardien mukaan tehdyksi. Näin painelaitteen vaatimustenmukaisuus osoitetaan edellä mainituilla toimilla. (Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry 2017, s.11-25).

Putkistoissa voidaan siirtää varallisia tai vaarattomia nesteitä ja kaasuja. Kaikki putkistot (rajoituksena putkistot, jotka painelaitedirektiivi rajaa tiettyjen sääntöjen mukaisesti sen ulkopuolelle) joiden paine on yli 0,5 bar ja ulkohalkaisija yli 33,7 mm kuuluu painelaitedirektiivin alaisiin putkistoihin eli niiden valmistuksessa, testauksessa ja suunnittelussa tulee noudattaa painelaitedirektiiviä 2014_68_EU. Myös erilaisten säiliöiden ja muunlaisten painelaitteiden valmistuksessa käytetään samaa painelaitedirektiiviä. Toisinaan painelaitteiden valmistusta ja vaatimustenmukaisuutta valvoo kolmas osapuoli, joka hyvin yleisesti on riippumaton ilmoitettu laitos (EU 2014, s. 176-177,189).

Teollisuusputkistoprojektit sisältävät usein laite- ja putkistoasennuksia. Tilaajana toimivat erilaiset energia-, tuotanto-, rakennus- ja elintarvikeyritykset. Tyypillinen putkistoprojekti on noin 5 %:ia koko muun projektin kustannuksista. Yleisimmin putkiurakka toteutetaan 2 – 12 kuukauden aikajänteellä. Putkistojen yleisin kaupallinen toteutustapa on urakkakauppa, mutta myös muunlaisia kauppvoja tehdään, kuten tunti- tai yksikköhinta kauppvoja.

Putkistoprojektit ovat yleisesti suurempiin kokonaisuuksiin liittyviä ja niillä on yleensä suora vaikutus rakennus- ja sähkötekniisten töiden etenemiseen sekä päinvastoin. Putkistot valmistetaan usein suunnittelutoimistojen valmistelemilla ja suunnittelemissa kuvilla sekä 3D-malleja apuna käyttäen. Alla kuvassa 1 on esitetty 3D-mallin leikkaus putkistosta. Suunnitteluvastuu on työn tilaajalla tai suunnittelutoimistolla. Toisaalta hyvin paljon suunnitelmia täytyy muuttaa ja muokata sopivampaan muotoon, jotta työ etenisi paremmin. Putkistojen toteutus- ja vaatimustenmukaisuusvastuu on aina putkiston valmistavalla yrityksellä.



Kuva 2. 3D-malli putkistosta.

Projektit ovat usein vaativia toteutustavaltaan ja työntekijöiltä vaaditaan korkeaa ammattitaitoa sekä perehtymistä työhön ja alaan. Teollisuusputkistojen valmistus ja korjaaminen on luvanvaraista toimintaa ja erilaiset standardit antavat painelaitteille ja työn toteutukselle valmistuskriteerit, joita tulee noudattaa. Työn turvallista toteutusta ei sovi koskaan unohtaa tai aliarvioida (Tukes 2016, s.5 ja 11).

Tukesin (2016, s. 5-25) ja Työ ja Elinkeinministeriön (2016) mukaan noudatettavia standardeja ja lakeja ovat mm. (muun muassa):

- PED eli Painelaitedirektiivi 2014/68/EU
- Painelaitelaki, 1144/2016
- Valtioneuvoston asetus painelaitteista 1548/2016
- Nestekaasun käyttölaitos. Suunnittelu, asennus, kunnossapito ja tarkastus, SFS 5987
- Nesteytetyn maakaasun laitteistot ja asennukset. Maalla olevien laitteistojen suunnittelu SFS1473
- Hitsaajan pätevyyskoe. Sulahitsaus. Osa 1: Teräkset, SFS-EN ISO 9606-1
- Metalliset teollisuusputkistot. Osa 5: Tarkastus ja testaus, SFS-EN 13480-5

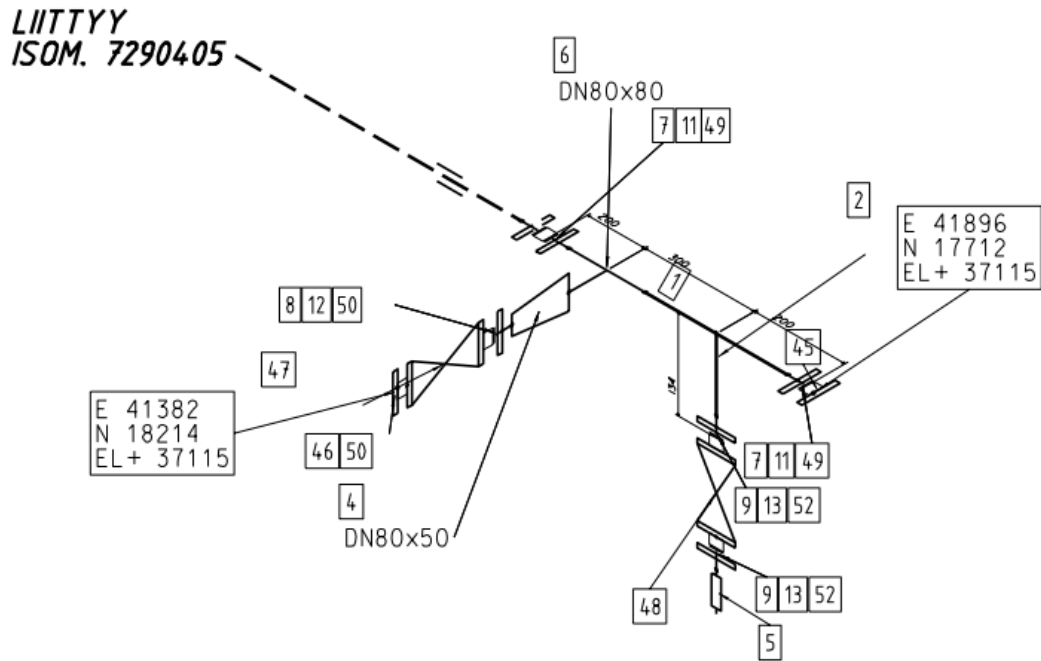
2.2 Esivalmistus

Esivalmistus on putkien valmistamista rajatuista putkistoisometreistä halli- tai työmaolosuhteissa. Kuva 3 esittää esivalmistettuja putkia pajalla. Putkistoja joudutaan esivalmistamaan, koska usein isometrin mukaista putkistoa ei voida asentaa tai valmistaa yhdellä kertaa. Tämä johtuu suoranaisesti putkiston koosta, joka voi helposti olla satojen metrien pituinen (Wermac 2018).



Kuva 3. Pajalla valmistettuja esivalmisteita.

Työmaalla olevat asentajat ja hitsaajat asentavat useita isometrien mukaan esivalmistettuja putkia peräkkäin, jolloin syntyy asiakkaan suunnittelema ja tilaama putkisto. Kuva 4 esittää isometriä, jonka mukaan putki tai esivalmiste voidaan valmistaa. Isometristä näkee putkiston koon, geometrisen muodon, liittynät muihin putkiin, suunnittelutiedot, materiaali jne. ja lisäksi isometriä käytetään laatudokumentation pohjana.



Kuva 4. Isometrinen piirustus.

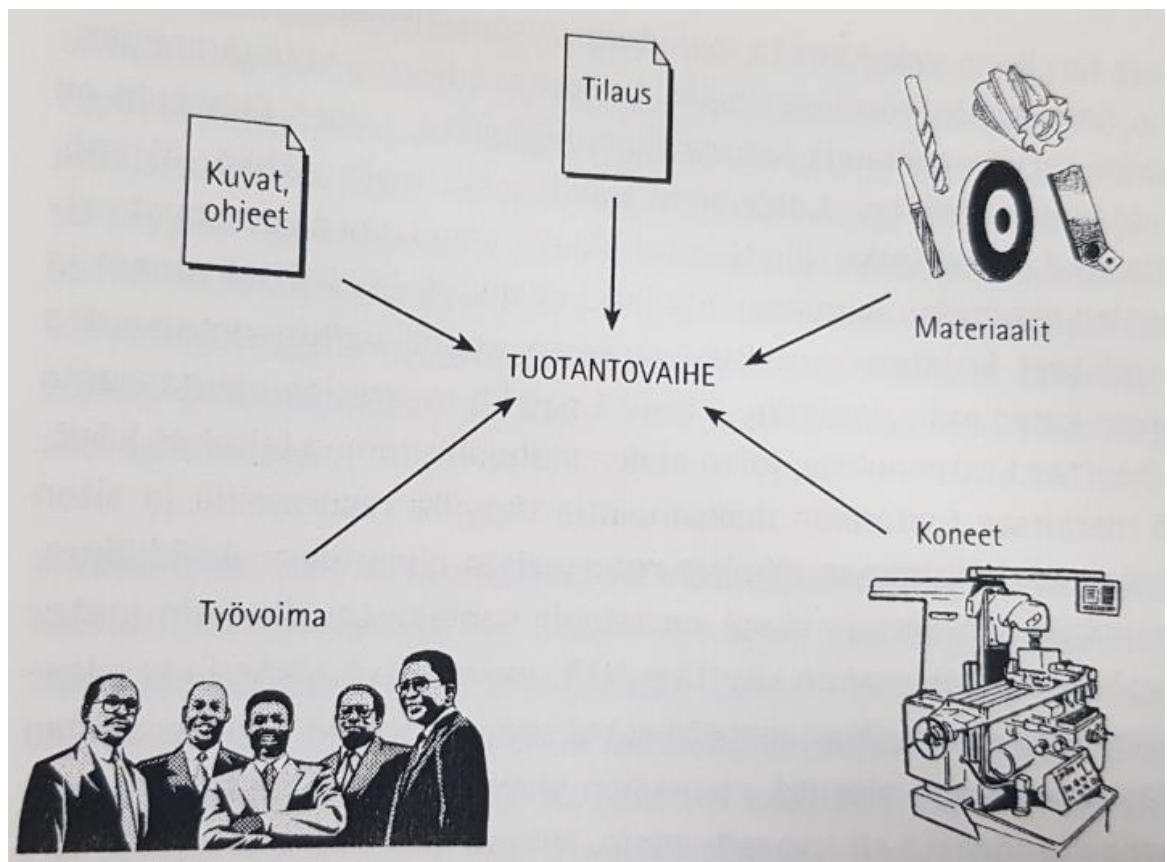
Esivalmistus on keino tehdä putkistoja nopeasti, laadukkaasti sekä kustannustehokkaasti ja näin siirtää kustannuksia pajalle pois työmaaolosuhteista. Toisaalta esivalmistus on riskialtista ja väärin tehtynä se nostaa työmaan kustannuksia, kun esivalmisteita joudutaan katkaisemaan, hitsaamaan sekä tarkastamaan uudelleen. Työmaaolosuhteissa tehtävä työ on kaikesta huolimatta selvästi kalliimpaa, kuin pajalla tehty työ (Wermac 2018).

3. TUOTANTOPROSESSIN TEHOSTAMISEN KEI- NOT

Lehtosen (2004, s.61) mukaan tuotannon rooli on valmistaa myynnin kauppaamat tuotteet seuraavilla tavoitteilla:

- toimitusaikojen pitäminen luvattujen aikarajojen sisällä
- joustavuus kaikissa tilanteissa
- matalat valmistuskustannukset ja tehokas resurssien käyttö
- laadukas tuote asiakkaan tilauksen mukaisesti

Tuotantoprosessi koostuu monien tekijöiden yhteistyön tuloksena, kuten kuvasta 5 käy ilmi. Tuotanto vaatii toimiakseen mm. (muun muassa) ohjausta, suunnittelua, resursseja, materiaaleja ja koneita. Tuotannon tarkoitus on jalostaa perusmateriaalia toiseksi materiaaliksi tai tuotteeksi olemassa olevilla resursseilla ja tuotantotekijöillä. Tuotantoprosessin on oltava tehokas ja tilatut tuotteet on tehtävä sekä toimitettava oikea-aikaisesti mahdollisimman matalilla kustannuksilla (Lehtonen 2004, s.61-68).



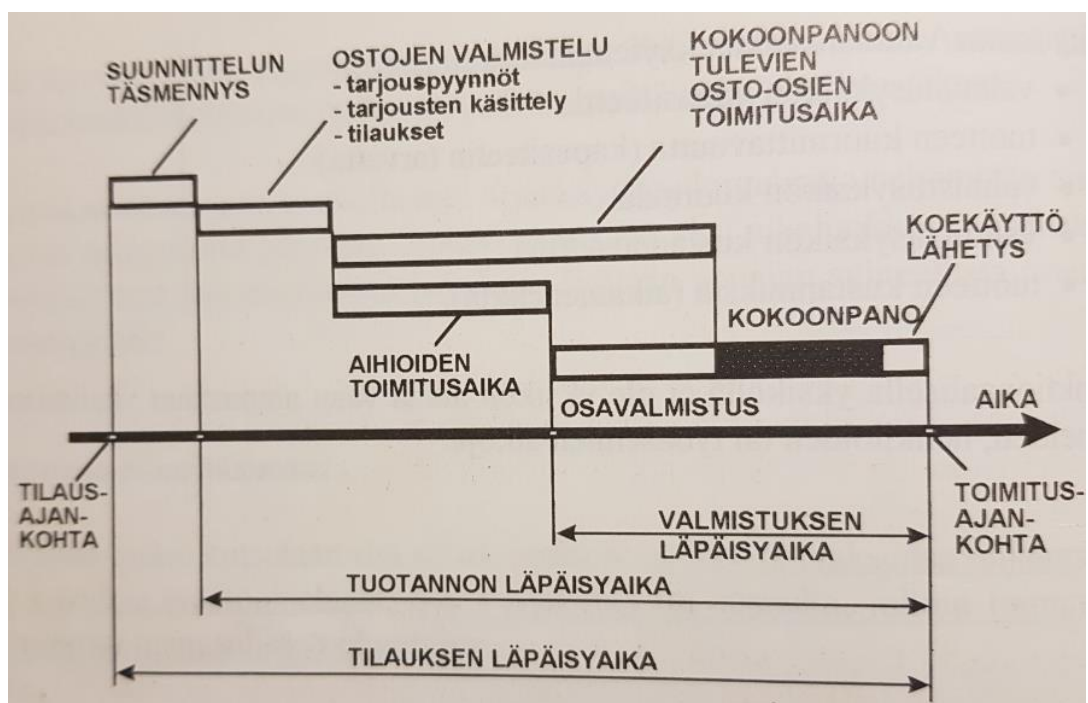
Kuva 5. Tuotanto on monien tekijöiden summa (Lehtonen 2004, s.67).

Resurssien käytön tulee olla tehokasta, koska resurssit ovat hyvin pitkälle aikasidonnaisia ja määrittelevät tuotannon kapasiteetin. Olennaista on huomata, että resursseja ei voida varastoida ja niiden käyttämättä jättämistä ei voida palauttaa taloudellisessa mielessä takaisin yrityksen voimavaraksi (Lehtonen 2004, s.68).

Tässä kappaleessa käsiteltäviä aiheita käsitellään pintapuolisesti ja niihin ei paneuduta kovin syvällisesti. Ne kuitenkin liittyvät tulevaisuudessa välillisesti kohdeyrityksessä layoutin käyttöön sekä eri tuotantoprosessin välisten toimintojen toimivuuteen, minkä takia olen kokenut, että ne on tarpeellista esittää tässä työssä.

3.1 Lämpäisy aika

Lapinleimu et al. (1997, s.53-58) mukaan, lämpäisyajalla tarkoitetaan esimerkiksi tuotteen ajallista kulkemista tuotannon alusta tuotannon loppuun. Lämpäisy aika voidaan määrittää mistä tahansa kokonaisuudesta, jota halutaan tutkia ajallisesti. Kuvassa 6 on esitetty tilauksen läpiviennin liittyvät päätoiminnot ja niiden lämpäisyajat. Tuotannon lyhyt lämpäisy aika on merkki siitä, että kaikki tuotannossa toimii suunnitellusti ja kaikki turhat toiminnot on karsittu minimiin. Lyhyeen lämpäisy aikaan päästään olemalla joustavia, tehokkaita ja suunnitelmallisia. Tuotantojärjestelmässä lämpäisy aika muodostuu odotus- ja työvaiheajoista sekä siirroista. Yleensä itse työvaiheeseen ei kulu aikaa, vaan ajan syö asetukset, siirtymiset, jne. Itse työvaiheet eivät ole tällöin kuluja aiheuttavia, aikaa syöviä tai toimitusta hankaloittavia tekijöitä!



Kuva 6. Tilauksen lämpäisy aika ja tilauksen läpiviennin päätoiminnot (Lapinleimu et al. 1997, s.54)

Eri tuotteiden läpäisyajojen pituuteen voidaan vaikuttaa tuotannon kapasiteettia kasvattamalla tai priorisoimalla, mitkä tuotteet tehdään ensin. Läpäisyajan toteutumista on syytä tarkkailla jatkuvasti ja muokata tuotantoprosessia, jos se ei vastaa suunniteltua läpimenoaikaa. Tärkeää on myös tunnistaa tuotantoa ruuhkauttavat pullonkaulat välittömästi ja poistaa ne, jotta arvokasta tuotantoaikaa ei menetetä (Browne et al. 1996, s.314-316).

Läpäisyajoja lyhentämällä luodaan tuotteelle arvoa. Lyhyt läpäisy aika parantaa myös kilpailuasemaa markkinoilla, jolloin kysyntään on helpompi vastata. Läpäisy aika koostuu monesta tekijästä ja niiden hallinta on todella tärkeää. Esimerkiksi raaka-aineiden saatavuus vaikuttaa läpäisyajan pituuteen. Raaka-aineen saatavuus on tällöin merkitsevässä asemassa, jotta tilauksen läpäisyajasta saadaan riittävän nopea (Hill 2000, s.223-224).

3.2 Materiaalinhallinta

Materiaalinhallinta on yrityksen siirrettävien tuotteiden, varastojen, esivalmisteiden ja kuljetusten hallintaa ja organisointia toimittajalta tilaajalle. Materiaalinhallinnan toteutustapa on yksi yrityksen tärkeimmistä päätöksistä. Hallittavan materiaalin määrä kasvaa jatkuvasti ja tilaukset tulevat yhä nopeammalla syklillä, kun taas toimitusajat vastaavasti jatkuvasti lyhenevät. Materiaalinhallinta on yritykselle kulmakivi, johon voi helposti kompastua ja joka kuluttaa resursseja huonosti organisoituna. Toisaalta hyvin hallittuna se on yritykselle tärkeä tukijalka, jolla varmistetaan toimitusketjun pitävyys toimittajalta tilaajalle. Materiaalinhallinnan keskeisiä tavoitteina on palvelutason ylläpito niin tilaajien, kuin myös oman tuotannon suhteen riittävän alhaisella kustannusrakenteella (J.Haverila et al. 2009, s.443-444).

Materiaalivirtojen hallinta on oleellista valmistavalle yritykselle. Samoin myös tiedonhallinta toimitukseen liittyen, missä ja milloin kuuluu kunkin materiaalin, tuotteen tai resurssin olla. Tuotteiden kuuluu olla oikeassa paikassa oikeaan aikaan, koska muutoin yrityksen kannattavuus ja imago heikkenee. Välivarastoja on turha pitää, koska ne vaikuttavat tilausten läpäisyajoihin ja tekevät toimituksista vaikeammin hallittavia. Toimitusten kuuluu olla jatkuvia ja varastojen pieniä, jotta yritys säilyttää nopeutensa ja notkeutensa markkinoilla (Lehtonen 2004, s.114-117).

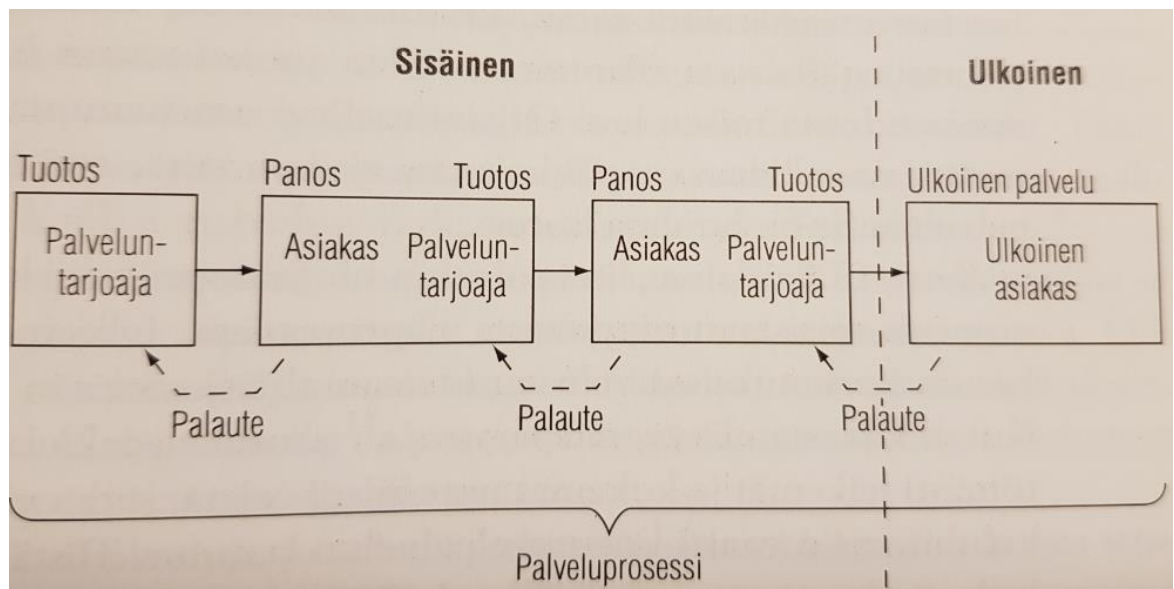
Martinsuo et al. (2016, s.281-283) mukaan materiaali- ja tietovirtoja on ohjattava tuottavasti niin, että jokainen käsittelyvaihe tuottaa lisäarvoa käsiteltävälle objektille. Ennakointi ja suunnittelu ovat avainasemassa. Kaikenlaiset turhat siirrot tulee minimoida, koska ne synnyttävät kuluja. Varastointi aiheuttaa myös kuluja ja vie turhaan tilaa ja siksi onkin syytä minimoida kaikki varastoivat tuotteet. Toimivalla ohjauksella lyhennetään merkittävästi tilausten ja tuotannon läpäisyajoja, jonka lisäksi myös toimituskyky paranee ja sidotut pääomat pienenevät.

Materiaalien tulee kulkea tuotantoprosessissa ja työpisteiden sisällä nopeasti. Tuotantoprosessin eri työpisteiden on sijaittava mahdollisimman lähellä toisiaan, jotta ylimääräistä

aikaa ei kulu siirtelyyn. Nopeisiin siirtomenetelmiin kannattaa panostaa ja niitä tulee kehittää, jotta ei menetetä tärkeää tuotantoaikaa tai hukata resursseja. Tähän on hyvä kehittää erilaisia apuvälineitä avuksi, kuten erilaisia siirtovaunuja tai vastaavia kuljetuslaitteita (Browne et al. 1996, s.250).

3.3 Sisäinen (ja ulkoinen) asiakas

Usein mielletään, että vain ulkoisia asiakkaita eli tilaajia on palveltava. Kokonaislaatu määräytyy kuitenkin hyvin pitkälti koko toimitusketjusta, jossa on sekä sisäisiä asiakkaita, että ulkoisia asiakkaita. Vain ulkoisten asiakkaiden palveleminen ja tarpeiden täyttäminen johtaa yrityksen kannalta huonoon lopputulokseen. Sisäinen asiakas on asiakassuhde, joka syntyy esimerkiksi varastomiehen ja tuotannon välille. Sama palveluketju jatkuu taas eteenpäin hitsaajan ja asentajan välillä ja niin eteenpäin. Tätä prosessia kuvataan kuvassa 7, jossa sisäisten asiakkaiden tuottamat palvelut muodostavat lopulta ulkoisen asiakkaan saamaan palvelun (Grönroos & Tillman 2001, s.403-405).



Kuva 7. Sisäiset asiakkaat ja palveluprosessi (Grönroos & Tillman 2001, s.405).

Sisäiset asiakkaat eli käyttäjät, yhteistyökumppanit, varastomiehet, asennustyömaa ja kollegat tarvitsevat tukea ja palveluja toisiltaan. Ilman sisäisiä asiakkaita ei voida palvella ulkoisia asiakkaita odotusten mukaisesti. Huonosti hoidettujen sisäisten asiakkaiden palvelut johtavat ulkoisen palvelun heikentymiseen, joka lopulta johtaa asiakkaiden menettämiseen. Tästä syystä on hyvä oivaltaa, että jokaisen työpanoksella on merkitystä kokonaisketjun toimivuuden kannalta. Sisäisiä asiakasprosesseja tulee aina määrällisesti enemmän kuin ulkoisia asiakasprosesseja. Siksi myös sisäisten asiakkaiden palveluun on panostettava jatkuvasti ja laadukkaasti, jotta kokonaisuus ei kärsi (Grönroos & Tillman 2001, s.403-405).

Huonosti hoidetut sisäiset asiakasprosessit muodostavat ulkoisista asiakasprosesseista toimimattomia ja virheellisiä. Toiminta on yleensä niin hyvää, kuin on yrityksen heikoin lenkki. On hyvä muistaa, että ulkoiset asiakkaat rahoittavat yrityksen toiminnan, mutta on myös tärkeä tiedostaa, että hyvään ulkoiseen toimitusprosessiin ei päästä ilman sisäisten toimitusprosessien toimivuutta (Lecklin 2006, s.80-81).

3.4 5S-toimintamalli ja sen merkitys

Krajewski et al. (2007, s.353) on todennut, että 5S on yleisesti tunnettu perusta tuotannolle, joka tähtää jätteiden ja hukan vähentämiseen, sekä ylimääräisten liikkeiden, tehtävien ja materiaalien vähentämiseen. 5S-toimintamalli parantaa yrityksen laatua, tuottavuutta, toimitusvarmuutta ja työturvallisuutta.

Willisin (2016, s.6) mukaan hukkaa tuotannossa ovat muun muassa:

- ylituotanto
- ylimääräiset varastot
- siirtely
- liikuttelu
- poikkeamat laadussa
- odottelu
- vajaasti työllistetyt ihmiset



Kuva 8. Työpiste ennen ja jälkeen 5S:n käyttöönoton (5S Today 2018)

5S-toimintamalli ajatuksena on siisteyden ja järjestyksen ylläpito, joka vaatii toteuttajalta vahvaa otetta ja uskoa mallin toimivuuteen (5S-järjestelmän toimivuutta on kuvattu yllä olevassa kuvassa 8, jossa on kuvattu tilanne ennen 5S-järjestelmän käyttöönottoa ja sen jälkeen). Siisteys ja järjestys luovat toimivan ilmapiirin ja tuotannon, joka on kilpailukykyinen, kustannuksiltaan alhainen sekä hyvän läpimenoajan omaava. 5S luo myös viih-

tyvyyttä sekä parantaa työturvallisuutta, koska ylimääräiset tavarat ovat poissa työpisteistä ja siellä on vain tarvittavat työkalut sekä tuotteet. 5S-toimintamalli koostuu alla olevista viidestä eri vaiheesta (Teknologiatoimintamalli ry 2001, s.1-29).

Vaihe 1: Erottele (Seiri)

Kaikki mitä ei tarvita päivittäin tulee poistaa työpisteestä ja varastoida nämä tarvikkeet etäämmälle. Päivittäin tarvittavat työkalut sijoitetaan helposti saatavaan paikkaan.

Vaihe 2: Yksinkertainen (Seiton)

Tarvittavat välineet ja työkalut sijoitetaan merkittyihin paikkoihin niin, että ne löytyvät tarvittaessa helposti. Tällöin säästetään työkalujen etsimiseen kuluva aika.

Vaihe 3: Puhdista (Seiso)

Siisteys ja järjestys luovat turvallisen työpisteen. Puutteet ja virheet on helppo havaita, kun jokaiselle tavaralle on merkitty paikkansa, joko työpisteessä tai työpisteen läheisyydessä.

Vaihe 4: Systematisoi (Seiketsu)

Systematisointi on vaiheiden 1-3 ylläpitämistä, toteuttamista sekä seuraamista tavoitteiden kautta. Systematisointi auttaa sovitun järjestyksen pitämisessä, sekä estää lipsumasta vanhoihin tapoihin takaisin.

Vaihe 5: Standardoi (Shitsuke)

Standardoinnilla tarkoitetaan vaiheiden 1-4 muuttamista toimintatavaksi ja siirtämistä kirjalliseen muotoon, jota kuka tahansa ulkopuolinen voi arvioida kirjallisen ohjeen perusteella. Standardointi muuttaa 5S:n lopullisesti tuotannon toimintatavaksi, jota kehitetään ja noudatetaan.

5S luo arvoa yrityksen tuotteille ja palveluille. Lisäksi sen avulla voidaan poistaa hukkaa tuotantoprosessista, jonka kautta syntyy säästöjä. Tämä johtuu siitä, että kaikki tehdään järjestelmällisesti ja systemaattisesti ilman turhia liikkeitä. 5S:n avulla on mahdollista puuttua ongelmien kasvuun ja tyrehtyttää ne jo niiden syntyvaiheessa, koska ongelmat havaitaan yleensä ennen kuin niistä syntyy isompia haasteita. 5S toimintaan kuuluu merkitseminen ja erilaiset havainnointia auttavat kyltit ja merkinnät. Visuaalisuus on siten merkittävässä roolissa ja auttaa erityisesti järjestyksen ylläpidossa sekä organisoimisessa. Esimerkkinä voi mainita lattioiden teippauksen, jolla määritetään vaikkapa työpisteiden ääriiviivat tai roskisten sijainnit. 5S:n monipuolisuus on erittäin mielenkiintoista, koska sitä voidaan käyttää toimistoissa, työmailla tai vaikka kauppoissa (5S Today 2018; Creative safety supply 2017).

5S ei ole ainoastaan siivousta ja järjestystä, vaan se on tapa ajatella ja toimia. Merkitseminen, siivous ja puhdistus ovat ensimmäisiä toimenpiteitä, joita yritys 5S-järjestelmän käyttöönottaessaan suorittaa. Tämä mielletään usein jo riittäväksi toimenpiteeksi ja sillä saadaan kyllä näkyvää jälkeä aikaan visuaalisuuden parantuessa. Hyödyt kuitenkin jäävät tällöin vähäisiksi. Yleisin virhe yrityksillä on ottaa vain neljä ensimmäistä vaihetta käyttöönsä ja jättää viides vaihe käyttämättä. Viides vaihe eli standardisointi on vaiheista tärkein, jota ei sovi unohtaa ja jättää käyttämättä. Itse asiassa viidenteen vaiheeseen tähtääminen on koko 5S-järjestelmän perustavoite, jolla vaikutetaan ihmisten motivaatioon, sitoutumiseen, laatuun, tehokkuuteen, kustannuksiin ja prosessin tuottavuuteen (Willis 2016, s.1-6).

3.5 Muutos ja sen hyväksyminen

Jatkuva uudistuminen ja muutos kuuluvat yrityselämään. Muutoksen vastustaminen johtaa paikoilleen jämähtämiseen ja aiheuttaa kehityksen pysähtymisen. Erityisesti pienten yritysten on helppoa tehdä muutoksia, koska ne häiritsevät vain vähän yritysten liiketoimintaa (Ylikoski 1993, s.9-11).

Muutosprojekteissa on keskeistä, että ihmisiä kehitetään ja opetetaan. Muutoksen vaikutuspiirissä oleville työntekijöille tulee perustella, miksi muutos toteutetaan ja kuinka se vaikuttaa omaan yritykseen ja asiakkaisiin. Tällöin muutos on helpompi omaksua ja hyväksyä. Lisäksi on tärkeää, että muutosta johtava henkilö tuntee alaisensa ja osaa johdella ja kouluttaa heidät eri tavoin muutokseen (Macintosh & Beech 2012, s.147-148)

Kotterin (2012, s.21-33) mukaan ihminen kokee muutoksen haastavana ja epäilee muutoksen tarkoitusta ja motiiveja. Tämä tapahtuu varsinkin ihmiselle, joka on kokenut onnistumattoman muutoksen aiemmin. Siksi johtajalta vaaditaan taitoa ja johtajuutta muutoksen läpivientiin. Johtajan tulee olla läsnä muutoksessa ja johtaa sitä edestä. Lisäksi johtajan tulee motivoida henkilökuntaa sekä perustella muutoksen tarpeellisuus. Muutoin muutoksesta tulee hallitsematon ja siihen suhtautuminen muuttuu negatiiviseksi.

Yksilötasolla muutoksen hyväksyminen on haastavampaa, mutta ymmärrettävää. Yksilöiden on hankalampaa hyväksyä uudistuksia, koska vanhoihin uskomuksiin on helppo tukeutua ja ne luovat turvallisuuden tunnetta. Uusien asioiden omaksuminen ottaa aikansa ja ne aiheuttavatkin usein paljon kysymyksiä muutoksen alaisessa organisaatiossa. Ihminen muodostaa muutoksesta oman kuvansa peilaamalla sitä menneisyyteensä ja kokemiinsa asioihin. Tunnetilat heittelevät ajatuksia puolelta toiselle ja on vaikea katsoa rationaalisesti tapahtuvaa muutosta ja hyväksyä se (Ylikoski 1993, s.12,15-16).

Muutoksen hyväksymiselle tulee antaa aikaa, kuten myös luopumiselle ja uuteen sitoutumiselle. Kaikille tunnetiloille tulee antaa tilaa. Hyväksyntää ei tule hakea palkitsemalla tai vaatimalla. Uuden oppiminen ja ajattelu on haastavaa, vaikka ihminen tunnistaisi muutoksen välttämättömyyden (Ylikoski 1993, s. 26, 53-55).

4. LAYOUT-TYYPIT JA -SUUNNITTELU

Layout määrittelee materiaalivirrat, koneiden ja laitteiden sijainnin, tiedonkulun ja osittain myös resurssien käytön tuotannossa. Layoutin valinnalla on suuri merkitys tuotannon tehokkuuteen ja siten myös kuluihin sekä tuottavuuteen. Layout kuvaa yhteyksiä tuotannon tai prosessin eri osissa sekä määrittelee materiaalien virran läpi tuotannon (Slack et al. 2010, s.177-179).

J.Haverila et al. (2009, s.475) mukaan layoutin ja tuotantoprosessin toteutustavalla on suora merkitys kustannustehokkuuteen, kannattavuuteen sekä asetettujen tavoitteiden saavuttamiseen. Lisäksi voidaan todeta laadun, kilpailukyvyyn ja joustavuuden olevan suoraan kytköksissä käytettävään layout tyyppiin.

Slack et al. (2010, s.179-180) on todennut, että layoutin on syytä olla toimiva, koska muutoin törmätään seuraaviin ongelmiin:

- kustannusten kasvuun
- pitkiin tuotanto- ja toimitusaikoihin ja tuotantoajan menettämiseen
- hallitsemattomiin materiaalivirtoihin ja epäselvään tuotantoon
- kankeisiin ja joustamattomiin liikkeisiin tuotannossa

Slack et al. (2010, s.179-180) ja Muther & Hales (2015, s.178-179) ja ovat todenneet hyvästä layoutista seuraavaa:

- tuotannon materiaalivirtojen ja tiedon siirtyminen nopeaa sekä matkat lyhyitä
- koneiden ja työpisteiden välillä kulkeminen vaivatonta ja esteetöntä
- resurssien käyttö tehokasta
- tilankäyttö on maltillista ja kuhunkin työvaiheeseen riittävää sekä taloudellista
- layout on joustavasti muunneltavissa tuotannon tarpeiden mukaan ja tulevaisuuden tarpeisiin on varauduttu
- investointien tarve laitteisiin pienenee
- työ on turvallista suorittaa ja ulkopuolisille ei aiheudu vaaraa eri työmenetelmistä

Layout laadinnassa on tärkeää hahmottaa tavoitteet, jotka halutaan saavuttaa luodessa uutta layoutia. Layoutin laatiminen on hankalaa, aikaa vievää ja työlästä, joten myös siksi tavoitteet on syytä pohtia tarkkaan (Slack et al. 2010, s.179).

J.Haverila et al. (2009, s.482) ja Martinsuo et al. (2016, s.155) mukaan erityisesti isojen ja massiivisten laitteiden sekä tilaa tarvitsevien yksiköiden sijoittelua on syytä pohtia kriittisesti, koska niiden myöhempi liikuttelu saattaa olla hyvin vaikeaa. Layoutin toteuttaminen tulee olla tarkkaan harkittu, jotta layout on optimoitu huomioiden kokonaisliiketoiminnan tarpeet. Kaikki vaativat työt ja erikoistyöt tulee keskittää samaan paikkaan.

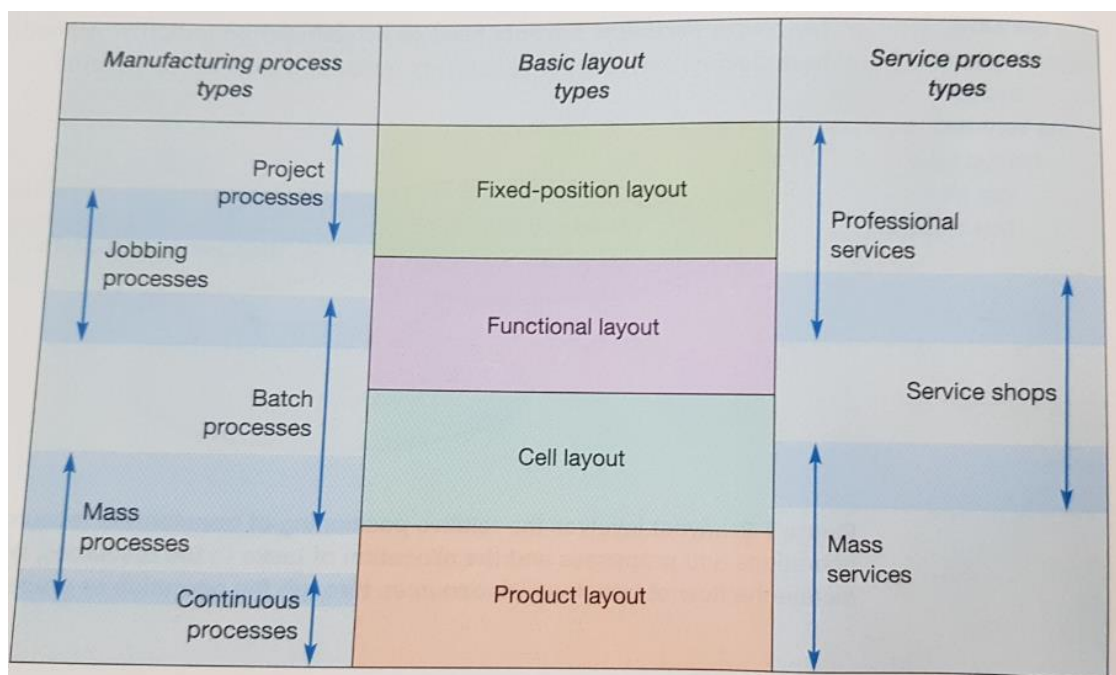
Krajewski et al. (2007, s.313) on todennut, että layoutin toteutus vaikuttaa ihmisten asenteisiin ja siten myös tuottavuuteen.

4.1 Layout tyypit ja layoutin valinta

J.Haverila et al. (2009, s.475-479) ja Slack et al. (2010, s.180-187) mukaan tyypillisimpiä layout tyyppejä ovat:

- tuotantolinja layout
- solulayout
- funktionaalinen layout
- kiinteä layout

Käytettävä layout on osittain sidoksissa käytettävään tuotantoprosessiin tai palveluun. Yhtä oikeaa vastausta ei löydy layoutin valintaan, koska ei voida varmuudella sanoa, mikä layout sopii kuhunkin prosessi- tai palvelutyyppeihin. Kuvan 9 mukaan näemme, miten layout on sidoksissa tietynlaiseen palveluun tai tuotantoprosessiin (Slack et al. 2010, s.180-182).



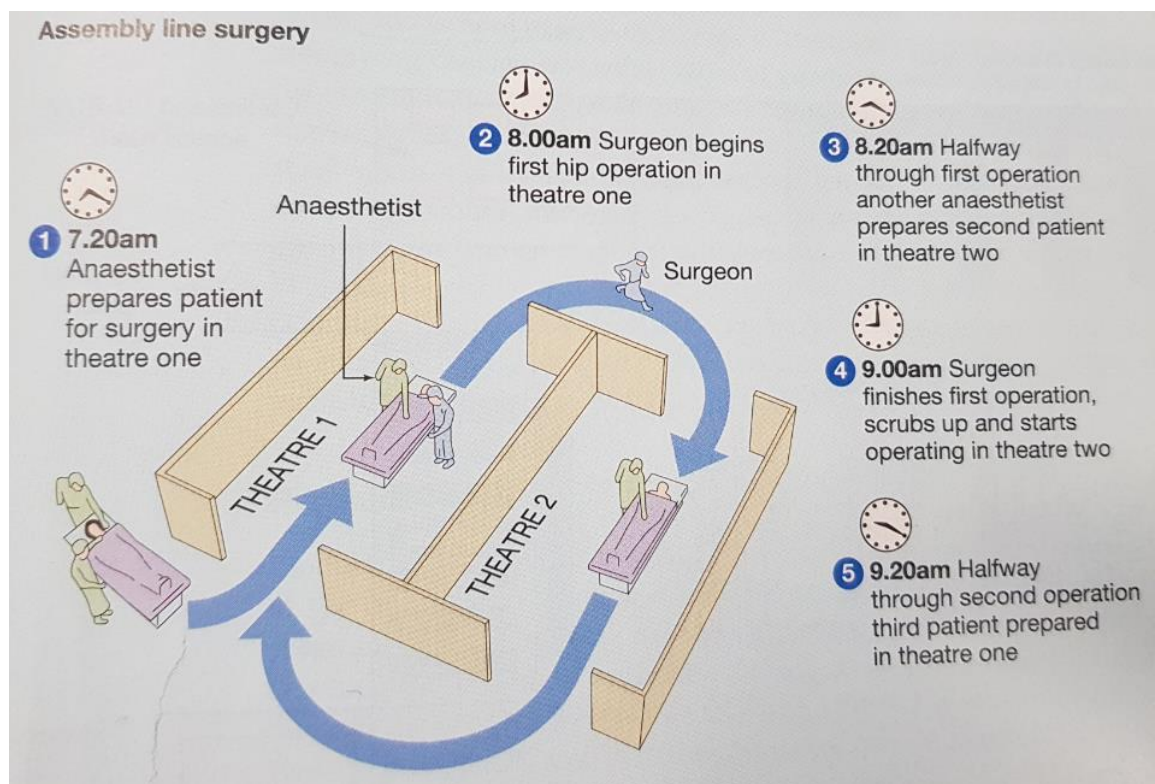
Kuva 9. Layoutin sidonnaisuus tuotantoprosessiin tai palvelun tyyppiin (Slack et al. 2010, s.180)

Yllä oleva kuva tuo hyvin ilmi sen, että moni layout-tyyppi käy erilaisiin palveluihin tai erilaisiin tuotantoihin. Tästä syystä oikean layoutin valitseminen on haastavaa ja se tulisi tehdä rationaalisesti eri vaihtoehtoja punniten, jossa tutkitaan kunkin prosessin vaikutusta ja erilaisia piirteitä.

Slack et al. (2009, s.109) ja Martinsuo et al. (2016, s.163) mukaan oikean layoutin valitseminen on tärkeää, koska jatkuva layoutin muokkaaminen kuluttaa rahaa ja resursseja. Lisäksi muokkaaminen on vaikeaa. On hyvä myös tunnistaa se, että väärän layoutin käyttäminen tekee tuotannosta kömpelön ja se myös hankaloittaa tuotteiden valmistamista. Erilaisia layout-tyyppejä voi olla monenlaisia, jotka sopivat käytössä olevalle tuotantoprosessille. Toisella layoutilla voidaan saavuttaa kustannustehokkuutta, kun taas toinen layout voi olla joustava. Erilaiset tilat voidaan järjestää hyvin monenlaisin tavoin. Eri tuotantoprosesseissa voidaan käyttää useita erilaisia layouteja riippuen siitä, mitä ovat vaatimukset eri tuotteille tai layouteille.

4.1.1 Kiinteä layout

Slack et al. (2010, s.180-181) ja Muther & Hales (2015, s.42-46) mukaan kiinteä layout tarkoittaa, että käsiteltävä kappale, tuote jne. ei liiku, vaan työtä tekevät resurssit, laitteet tai tieto liikkuu tai tulee kohteeseen tarvittaessa. Kiinteää layoutia käytetään usein, kun operoitava kappale tai kohde on liian suuri liikuteltavaksi tai siirtämisestä aiheutuu liian suuri riski itse operoitavalle kohteelle tai siirtäminen on mahdotonta, kuten kuvan 10 esimerkki leikkaussalista osoittaa. Usein käsiteltävien kappaleiden määrä on myös pieni ja työntekemiseen tarvitaan vain käsityökaluja.

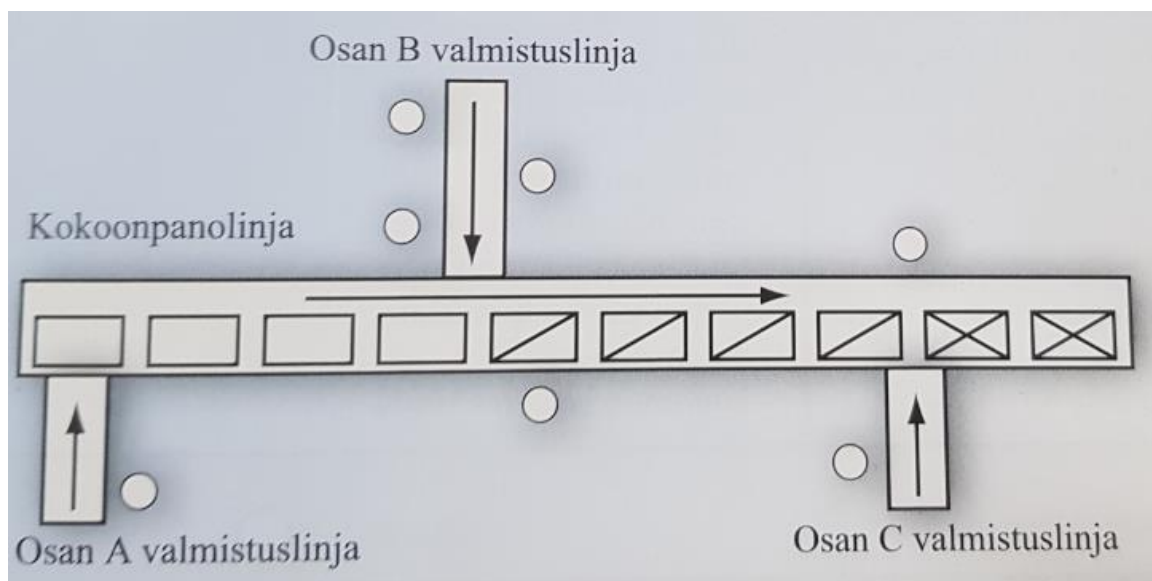


Kuva 10. Kiinteä layout. Operoitava kappale on liian riskialtis siirrettäväksi (Slack et al. 2010, s.181).

Kiinteässä layoutissa on haasteita tilankäytön ja etäisyyksien hallinnan kanssa. Yleisiä ongelmia on liian vähäinen tila ja varastointimahdollisuuksien puute työmaan läheisyydessä. Tällöin häiritään helposti muiden työskentelyä. Haasteena on liikkeen minimointi tässä layout tyypissä, koska helposti etäisyydet ja turhat liikkeet kuluttavat resursseja ja tekevät työstä tehotonta (Slack et al. 2010,s.180-181).

4.1.2 Tuotantolinja layout

J.Haverila et al. (2009, s.475-476) ja Slack et al. (2010, s.183-184) mukaan tuotantolinja layout (kuva 11) on tehty tietynlaisen tuotteet valmistamiseen, jossa muokattava kappale virtaa läpi tuotantoprosessin. Näitä tuotteita valmistetaan määrällisesti paljon ja tuotantolinjan kuormitusaste on suuri, vaikkakin tuotantolinjan rakentaminen on usein kallista ja tuotantolinja hankalasti modifioitavissa. Tuotantolinjaa on yksinkertaista ohjata ja sen materiaalivirtojen kulku on yksinkertaista ennakoida. Tuotantolinjalla voidaan tuotteita valmistaa edullisesti ja keskeneräisiin tuotteisiin ei yleensä sitoudu rahaa. Tuotantolinjat ovat usein automatisoituja sekä yhteydet eri tuotantoyksiköiden tai -vaiheiden välillä on toteutettu mekaanisesti.



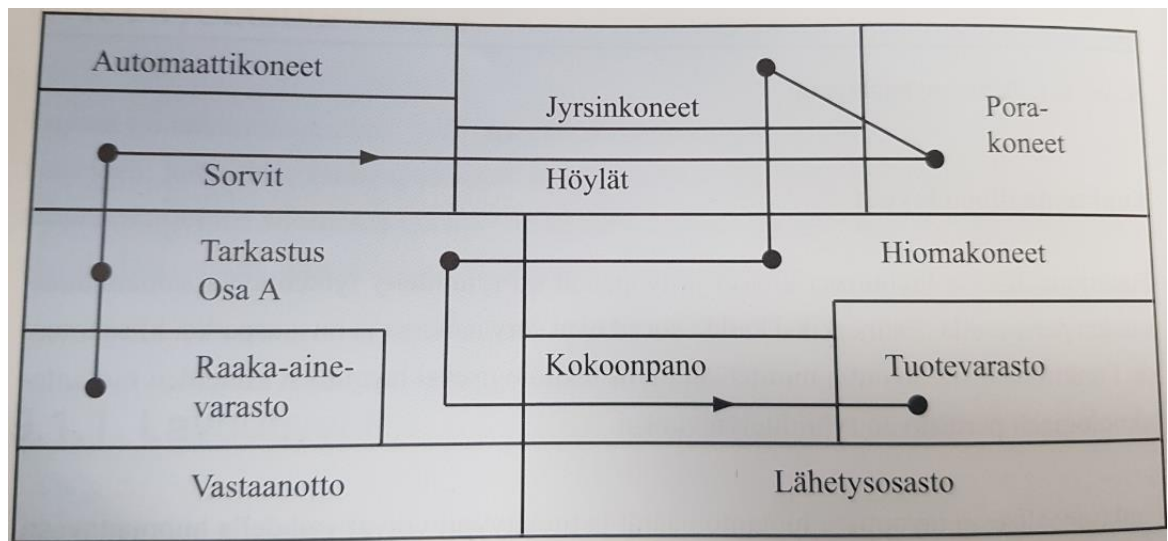
Kuva 11. Tuotantolinja layout (J.Haverila et al. 2009, s.476).

J.Haverila et al. (2009, s.476) mukaan tuotantolinja on häiriöherkkä, joustamaton ja se voi tuottaa huonoa laatua ja nostaa kustannuksia hyvinkin nopeasti. Siksi sen laadunvarmistamiseen ja seurantaan on kiinnitettävä erityishuomiota.

Tuotantolinja layout on joustamaton erilaisille tuotteille linjamaisuutensa takia, mutta se voidaan kehittää erittäin tehokkaaksi, jos valmistettava tuote on jatkuvasti samanlainen (Logistiikan maailma 2018).

4.1.3 Funktionallinen layout

Slack et al. (2010, s.181-183) kuvaa funktionaalista layoutia seuraavasti. Funktionaalissa layoutissa samanlaiset työt kulkevat prosessin läpi siten, että tietoa tai materiaalia muokataan kussakin vaiheessa kunkin prosessivaiheen mukaisesti (tarpeen mukaan). Kuvassa 12 on esitetty funktionaalinen layout ja muokattavan materiaalin kulku sen sisällä. Eri tuotantoprosessi vaiheet on sijoitettu suunniteltuihin paikkoihin ja ne pitkälti määräävät materiaalin kulun tuotantoprosessissa. Samankaltaiset prosessit tai resurssit on tässä layout-tyypissä sijoitettu vierekkäin. Materiaalivirtojen hallinta ja ennustaminen on tärkeää, jotta siirtymiseen ei kulu tarpeettomasti aikaa ja resursseja.



Kuva 12. Funktionaalinen layout (J.Haverila et al. 2009, s.477).

J.Haverila et al. (2009, s.476-477) ja Martinsuo et al. (2016, s.157) mukaan tuotteiden ja tuotantomäärien vaihtelevuus on suurta tässä layout tyypissä, mutta itse layoutin toteutus on edullista sekä layout helposti muunneltavissa. Tämä layout malli on myös melko joustava. Tuotannon ohjaus perustuu jonotuksen järjestelyyn. Tällöin eri työvaiheet kuormittuvat eri tavalla ja aiheuttavat mahdollisesti ruuhkautumista työvaiheiden välillä. Läpäisyajojen ja keskeneräisten tuotteiden määrän kasvu synnyttää tällöin olennaisen riskin, kuten myös laadullisten ongelmien kasvu. Funktionaalilla layoutilla yksikkökustannukset ovat suuret verrattuna tuotantolinjaan. Kuitenkin olennaisia säästöjä voidaan tässä tuotantolayoutissa saada, jos keskeneräisten tuotteiden käsittely ja siirto toteutetaan viisaalla tavalla oikea-aikaisesti. Materiaalien automatisoituun siirtelyyn ei kannata investoida, koska eri työpisteet kuormittuvat epätasaisesti. Materiaalien- ja resurssienhallinnan tulee olla järkevää ja suunniteltua.

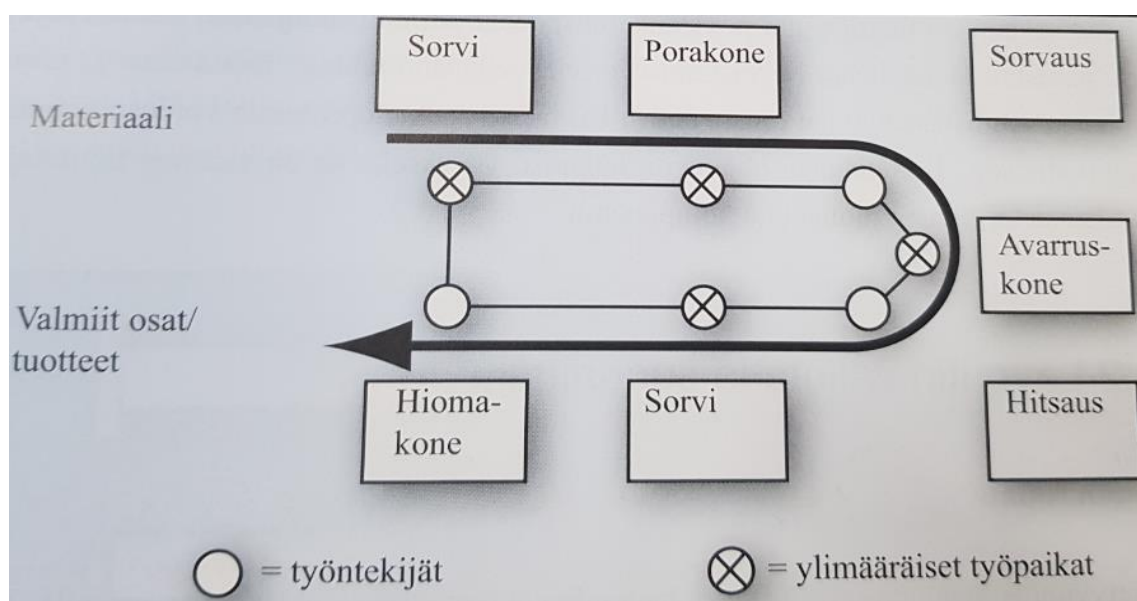
Martinsuo et al. (2016, s.157) mukaan funktionaalista layoutia voi joutua muuttamaan usein riippuen valmistettavista tuotteista tai niihin kohdistuvista muutoksista. Muuttamisesta tulee tällöin säännöllistä.

Funktionaalisen layoutin etuja on se, että tuotantotekijät ja prosessoitava tuote voivat liikkua tuotantoprosessissa ennalta suunnittelemtomia reittejä. Hyödyllistä on myös se, että yhden laitteen rikkoutuminen ei pysäytä koko tuotantoa. Funktionaalinen layout on hyvä vaihtoehto myös, mikäli käsiteltävien kappaleiden koko muuttuu tai eräkoot ovat pieniä. Funktionaalinen layout sallii isompaa vaihtelua valmistettavissa tuotteissa eli erilaiset tuotevariaatiot ovat yleisempiä kuin tuotantolinjassa. Ohjaus on kuitenkin huomattavasti hankalampaa ja läpäisyajat pitenevät sen mukaisesti, kuten myös tuotantoon sitoutuneet pääomat. Työntekijöiden tulee olla korkean ammattitaidon omaavia sekä kokeneita, jotta tämä layout on toimiva ja tehokas. (Heizer & Render 2011, s.383-385).

4.1.4 Solulayout

J.Haverila et al. (2009, s.477-478) ja Slack et al. (2010, s.183) mukaan solulayout on kiinteistä laitekokonaisuuksista ja työpisteistä koostuva tuotantoyksikkö, joka tuottaa joustavasti osavalmistusta tai suorittaa jotain tiettyä erikseen päätettyä työvaihetta. Solulayoutille on tyypillistä eräkokojen pienet, mutta vaihtuvat koot, joustavuus ja lyhyet läpäisyajat. Kappaleen kulkemista solumaisen layout tuotantoprosessin läpi on kuvattu alla olevassa kuvassa 13, jossa käsiteltävä kappale kulkee aseteltujen työvaiheiden läpi.

Slack et al. (2009, s.107) mukaan solulayoutin materiaalivirtaus on selvää ja ennalta sovitua. Käsiteltävä kappale siirtyy työpisteen sisällä koneelta toiselle, jossa sitä muokataan ennalta suunnitellun työmäärityksen mukaisesti. Toisinaan solumaisessa tuotantoprosessissa käy niin, että jossain työvaiheessa ei kappaletta muokata lainkaan, jolloin se vain kulkee läpi työvaiheen. Solulayoutin ja funktionaalisen layoutin välillä suurin erottava tekijä on materiaalivirtauksen selkeys.



Kuva 13. U:n muotoinen solulayout (J.Haverila et al. 2009, s.478).

Eri koneiden kuormitus saattaa vaihdella solulayoutissa, mikä on poikkeavaa verrattuna esimerkiksi tuotantolinjaan. Peräkkäin toteutetut työvaiheet lisäävät työryhmien motivaatiota, tuottavuutta, tehokkuutta ja laadunhallinta on yksinkertaisempaa (J.Haverila et al. 2009, s.478).

Browne et al. (1996, s.244-245) ja on todennut, että solulayout tyyppisessä tuotannossa voi yksi työntekijä käyttää useampaa konetta samanaikaisesti, koska koneet ovat lähellä toisiaan. Työntekijöiden perehdytys ja koulutus on tärkeää toimivuuden kannalta, kuten myös työvaiheiden jatkuva kehittäminen sekä parantaminen. Lisäksi solulayoutissa apua saa helpommin kollegoilta lyhyiden etäisyyksien vuoksi.

4.2 Yleistä layoutin suunnittelusta

J.Haverila et al. (2009, s.480-481) mukaan layout suunnitteluun vaikuttaa niin moni toisistaan riippuva ja riippumaton tekijä, että milloinkaan ei voida suunnitella layoutia, joka olisi totaalisen optimaalinen tai sopiva jollekin tietylle tuotantoprosessille. Tästä syystä johtuu, että toteutuva layout on aina eräänlainen kompromissi, joka mukailee parhaaksi katsottuja ominaisuuksia.

Martinsuo et al. (2016, s.156) ovat todenneet, että seuraavia kohtia tulisi pohtia ennen kuin layoutia aletaan laatimaan:

1. Mitä halutaan tuottaa ja kuinka paljon
2. Mitä työpisteitä tulisi sisällyttää layoutiin ja tuotantoprosessiin
3. Kuinka paljon kukin työpiste tarvitsee tilaa ja millaisen kapasiteetin
4. Missä järjestyksessä työpisteiden tulisi olla
5. Tukitoimintojen sijanti

Layoutia suunniteltaessa tulee tietää mitä valmistetaan ja kuinka paljon. Hyvin moni layout suunnittelun ongelmista liittyy kahteen edellä mainittuun tietoon. Näiden tietojen arvioiminen tai kerääminen onkin hyvin oleellista, kun lähdetään layoutsuunnittelua viedään eteenpäin. Lisäksi tarvitaan tieto siitä, miten tuote tai palvelu valmistetaan sekä miten se liikkuu prosessissa. Tätä kuvaamaan on hyvä laatia prosessi- tai virtauskartta, josta selviää oleelliset valmistukseen liittyvät asiat. Lisäksi olisi hyvä suunnitella tukitoimintojen paikat huolella, kuten sahojen, varastojen, sorvien ja kompressorien paikat. Aika on myös kriittinen tekijä layoutia laadittaessa. On syytä tietää millä nopeudella käsiteltävän tuotteen pitäisi liikkua tuotantoprosessissa tai kuinka kauan tuote sopii olla maksimissaan kussakin prosessivaiheessa (Muther & Hales 2015, s.16-18).

J.Haverila et al. (2009, s.482) on todennut, että materiaalivirtojen ennustaminen ja suunnittelu tulee olla yhtenä lähtökohtana layoutsuunnittelussa. Materiaalien ja resurssien liikkeet minimoidaan ja työpisteet sijoitetaan mahdollisimman lähelle toisiaan, jotta resurssien ja materiaalien liikkuminen olisi mahdollisimman tehokasta.

Layoutia suunniteltaessa tulee selvittää, mitkä vanhoista koneista ja laitteista jää osaksi uutta tuotantoprosessia ja mitkä poistetaan tuotannosta. Tulevat investoinnit tuotantoon ja laitteisiin olisi myös hyvä tietää layoutin suunnitteluvaiheessa, jotta ne osataan huomioida ja varata tila uudessa layoutissa. Toisaalta tilanvaraukset voivat kasvattaa kustannuksia suuresti. Myös mahdolliset uudet tuotteet tai tulevat muutokset tuotteissa tulee saattaa layout-suunnittelijan tietoisuuteen, jotta niiden vaikutus suunniteltavaan layouttiin ymmärretään (Gamberini et al. 2018, s.1181).

Layoutin suunnittelussa kannattaa ottaa huomioon myös käyttäjien mielipiteet, suositukset ja kokemukset. Tämän avulla saadaan suunniteltavista layouteista käyttäjille mieluisia ja helpommin hyväksyttäviä. (Bahrehamand et al. 2017, s.28).

Muther & Hales (2015, s.55-56) mukaan valmistettavien tuotteiden muutokset voivat muuttaa laadittua layoutia hyvin paljon ja pilata hyvän suunnitelman täysin. Siksi olisi tärkeää, että suunniteltaessa layoutia olisi valmistettava tuote ja tuotantoprosessi päätetty. Layoutia suunniteltaessa on hyvä myös tiedostaa, että suunnitelmat eivät saa olla liian tarkkoja tai yksityiskohtaisia, koska muutoin layoutista tulee kankea, joustamaton ja kallis toteuttaa.

4.3 Funktionaalisen layoutin suunnittelu

J.Haverila et al. (2009, s.482 - 483) ja Martinsuo et al. (2016, s.157) mukaan kukin työhön liittyvä työvaihe sijoitetaan omaksi työpisteekseen. Samankaltaiset työpisteet tulee sijoittaa lähekkäin toisiaan, jotta samankaltaisten töiden tekeminen tehdään yhtenäisellä alueella. Siirtomatkat minimoidaan eri työpisteiden välillä, jolla saadaan joustavuutta sekä notkeutta tuotantoon. Funktionaalisen layoutin laadinnassa on ensisijaisen tärkeää, että hankalasti liikuteltavat tuotantolaitteet ja koneet ovat sijoitettu tarkkaan harkituille paikoille, jotta mahdolliset muutokset layoutiin voidaan tehdä jatkossa ilman suuria ongelmia tai ilman kalliita investointeja. Layoutin tulee olla ennen kaikkea joustava ja sen ohjaus toteutetaan työpisteiden jonojen aikataulutamisella ja järjestelyllä. Kuljetusmatkat ja -kerrat tulee minimoida.

Heizer & Render (2011, s.384) on todennut, että funktionaalisen layoutin suunnittelussa on huomioitava layoutin muutostarpeet. Siksi onkin tärkeää, että tunnistetaan mitä ollaan tuottamassa ja kuinka paljon sekä miten. Ne tuotannon pisteet, joiden välillä on eniten materiaali- tai työntekijävirtaa, tulee sijoittaa mahdollisimman lähelle toisiaan.

Funktionaalisen layoutin optimaalinen suunnittelu on vaikeaa, kuten myös materiaalivirtojen hallinta. Tämä johtuu osittain siitä, että eri työvaiheet voidaan järjestää lukemattomilla eri tavoilla matemaattisesti ajateltuna. Tästä syystä monet funktionaaliset layoutit on toteutettu intuition, maalaisjärjen ja systemaattisesti kokeilun eri kombinaatioina (Slack et al. 2010, s.190).

Slack et al. (2010,s.192) mukaan yleiset suunnitteluperiaatteet funktionaaliselle layoutille ovat:

- **Vaihe 1:** Kerää tietoa eri työpisteiden väliltä ja eri työpisteistä
- **Vaihe 2:** Piirrä tuotantoprosessista kaavamainen kuva ja merkitse liikkeet työpisteiden välillä. Laita ne työvaiheet vierekkäin, jossa liikkeet ovat suurimpia määrällisesti
- **Vaihe 3:** Sovita piirtämäsi kuva todelliseen ympäristöön huomioimalla sen rajoittavat tekijät
- **Vaihe 4:** Piirrä kuva siten, että työpisteet sijaitsevat todellisessa ympäristössä. Laske layoutin tehokkuus päättämällä kuljettujen metrien määrä tai kuljetuskustannukset
- **Vaihe 5:** Tarkasta vähentääkö jonkin kahden työpisteen paikanvaihto kuljettua matkaa tai kuljetuskustannuksia. Palaa vaiheeseen 4, jos näin käy. Muutoin lopullinen layout on löytynyt.

Funktionaalista layoutia suunniteltaessa on hyvä tarkastella myös vaikuttaako jokin muu, kuten ympäristö, turvallisuus tai puhtaus eri työpisteiden järjestykseen. Tukitoiminnot tulee sijoittaa työpisteiden lähelle ja niitä tulee olla riittävästi. Erilaisia layouteja on syytä laatia useampia ja pohtia eri vaihtoehtojen heikkoudet sekä vahvuudet (Martinsuo et al. 2016, s.157-158).

5. NYKYTILANTEEN KUVAUS JA HAVAINNOINTI

Tuotantotilojen nykyisen layoutin on todettu olevan toimimaton nykyiseen tarpeeseen ja tästä syystä esivalmisteiden tuotantoprosessin layout täytyy suunnitella uudelleen. Materiaalivirtojen on todettu kulkevan huonosti ja tuotteet sekä tavarat pakkautuvat helposti tuotantotiloihin. Tämä näkyy ulospäin siten, että hallia pidetään osittain varastona ja keskeneräiset tuotteet kasaantuvat tukkimaan kulkutiet sekä tuotantotilat. Siisteys sekä yleinen järjestys kärsivät huonosti toteutetusta layoutista ja muodostaa työympäristöstä toisinaan tehottoman ja vaikeasti hallittavan kokonaisuuden.

Nykyinen layout (kuva 15) on laadittu eri projektien tarpeiden mukaan. Käytännössä pysyvää järjestystä ei ole ja käytännössä jokainen valitsee oman alueensa työskennellä. Toisaalta tietynlaista systemaattisuutta voi havaita nykyisessäkin tuotannossa. Turhaa liikettä syntyy eri toimintojen ja työpisteiden välille helposti liikaa ja työajasta tulee toisinaan tehotonta. Tällöin työaikaa kuluu helposti liikaa turhaan etsimiseen ja siirtymiseen. Tuotantoprosessi on kyllä lopputulokseen verraten toimiva, mutta selkeys, toistettavuus, järjestys ja prosessinomaisuus puuttuvat. Tuotantoprosessia on selvästi mahdollista tehostaa ja tehdä siitä helpommin hallittavan sekä paremmin tuottavan.

Nykyisessä tuotantoprosessissa materiaalivirtojen kulku osataan kertoa sekä kuvailla, jonka lisäksi ydinprosessit tunnistetaan hyvin. Vastuut tunnetaan kuitenkin huonosti. Helposti ollaan tilanteessa, että jokin työvaihe tai tuotantoprosessin osa on harmaalla alueella ja se ei kuulu kenenkään hoidettavaksi. Esimerkiksi siivous ja järjestely, joka tällä hetkellä on harmaalla alueella ja sitä ei ole vastuutettu kenellekään.

Mitattua dataa materiaalien läpäisyajoista ei ole. Toisaalta läpäisyaikaa on hankala mitata ja verrata eri projektien tuotoksia keskenään, koska jokainen projekti on tuotannon näkökulmasta erilainen. Toisaalta voi todeta, että tuotannon kyky tuottaa esivalmisteita on ollut tähän asti riittävää ja kokonaisuuteen voi olla tyytyväinen.

Tuotannonhallinta tapahtuu ilman tuotantojärjestelmää ja tuotanto suunnitellaan lyhyissä sykleissä. Kuitenkin tuotannolla on erinomainen joustavuus, hyvä laatu ja työt ajoitetaan melko hyvin oikeassa järjestyksessä.

Putkistojen esivalmistuksen pajalla tulee olla sujuvaa ja sen tulee tapahtua tehokkaasti ja tuotantoprosessia noudattaen. Tuotantotilan layout ja materiaalin kulku tuotannossa on hyvin merkittävässä roolissa esivalmistuksen sujuvuuden kannalta. Myös tuotannosuunnittelu ja oikeassa järjestyksessä tehdyt työt takaavat menestyksen esivalmistuksessa sekä projekteissa yleisesti.

Haasteita layoutin muokkaamisessa riittää. Layoutin tulee olla muunneltavissa eri tarpeisiin ja sen tulee huomioida erilaiset tilatarpeet, jotka johtuvat eri projektien tarpeista. Nopeasti tulevat työt, kireät aikataulut ja tuotannon hallittavuus aiheuttavat haasteita. Lisäksi haasteita aiheuttaa monet samaan aikaan tehtävät projektit ja niiden erityistarpeet sekä työturvallisuus.

5.1 Olosuhteet ja tuotantohalli

PTP esivalmistelee putkia tuotantohallissa, jossa olosuhteet ovat hyvin optimaaliset hitsaukselle ja kokoonpanolle. Pääosin metallisetliitokset tehdään TIG-hitsauksella (Tungsten Inert Gas Arc Welding), mutta myös toisinaan MIG (Metal Inert Gas Welding) - ja puikkohitsausta käytetään. Kuvassa 14 on esitetty tuotantoprosessin TIG-hitsaus työvaihe. Tuotantohallista löytyy erilaisia työstökoneita, kuten sorvi, saha ja porakone, joita kaikkia tarvitaan putkistojen valmistamisessa.



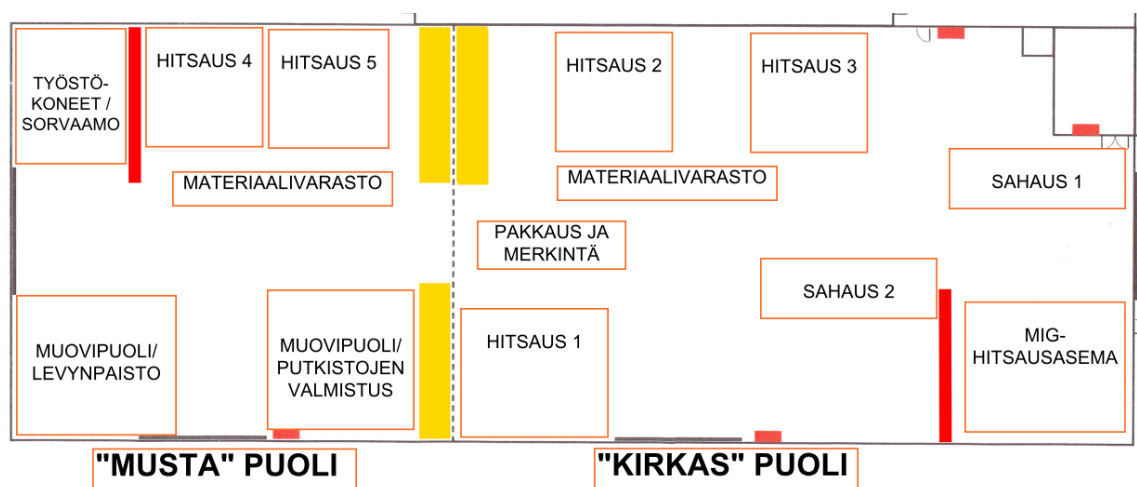
Kuva 14. Esivalmisteiden TIG-hitsaus.

Käyttöhyödykkeinä paineilma, vesi, ja myös hitsauskaasut voidaan toimittaa yrityksen omasta putkiverkosta. Palovesi ja hitsauskaasujen poistopuhaltimet putkistoiheen löytyy myös omasta takaa. Monimutkaisten ja painavien töiden tekemisessä helpottaa yrityksen omat siltanosturit, jotka kumpikin pystyvät nostamaan 12,5 tonnia painavia taakkoja. Myös yhtiön trukit avittavat tarvittaessa asennuksissa.

Tuotantohalliin jakaa kahtia hallin poikki menevä väliseinä, jonka yli voidaan siltanostureilla tarvittaessa ajaa ja siirtää taakkoja. Väliseinän keskellä on suuri rullaovi, joka voidaan tarvittaessa nostaa ylös tarpeen mukaan, jotta voidaan valmistaa pidempiä kappaleita. Molemmissa päädyissä on nosto-ovet. Toisella hallin sivulla on kaksi isoa nosto-ovea, josta voidaan käydä halliin sisään. Jokaisesta ovesta voidaan sisään ajaa kooltaan suuria kappaleita. Hallista voidaan purkaa tai sinne voidaan lastata maksimissaan 42 metriä pitkiä kappaleita.

Sosiaali- ja toimistotilat sijaitsevat hallin toisella sivustalla erillisessä toimistorakennuksessa, josta löytyy niin suihkut, keittiöt, pukutilat kuin lämpimät varastot.

Tuotantohallin ulkopuolelta löytyy putkivarastot sekä pressuhalli, jossa materiaalityöntekijöiltä tulleita osia ja laitteita säilytetään. Pihalta löytyy sekä lämpimiä, että kylmiä varastokontteja. Ajoliikenne piha-alueella on toteutettu siten, että rekka-autot voidaan lastata tai purkaa pihalla esteettömästi. Rekkojen ajo pihaan tapahtuu tontin päädyistä ja niillä on mahdollisuus ajaa hallin pituussuuntaisesti sekä poistua tontilta tuotantohallin toisella kulmalla olevasta portista. Henkilöautoliikenne tapahtuu eri portista kuin rekkaliikenne sisään. Parkkipaikat on sijoitettu toimiston eteen. Hallin ympäri ei pääse ajamaan, koska on haluttu rajoittaa liikenne henkilö- ja työmaaliikenteeseen.



Kuva 15. Esivalmistuksen tuotantoprosessi nykytilassa.

Yllä olevassa kuvassa 15 on esitetty nykyisen tuotantoprosessin työpisteiden sijainnit. Keltaisella alueella on rajattu tuotantotiloissa olevat trukkihyllyt ja punaisella viivalla tarkoitetaan väliseinää tai siihen verrattavaa rakennetta. Tuotantoprosessi on nykyisessä tilanteessa jaettu mustaan ja kirkkaaseen puoleen ja niissä työpisteet on jaettu kuvan mukaisesti. Musta puoli tarkoittaa puolta, jossa työskentää hiiliterästä ja kirkas puoli puolta, jossa työskentää ruostumattomia teräksiä.

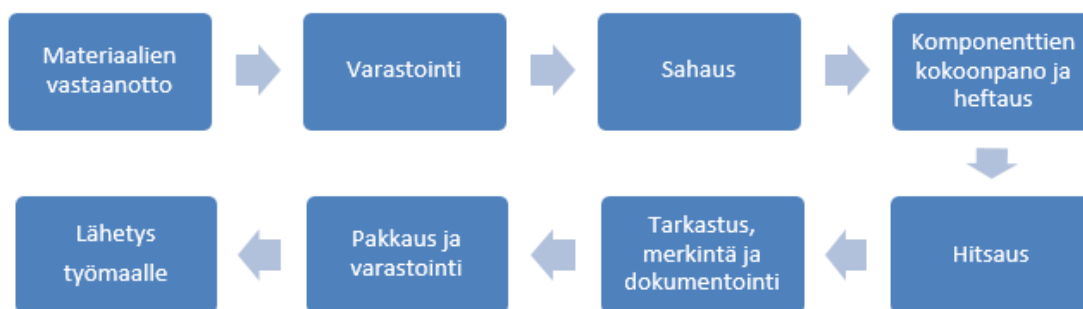
Kuvaa tutkiessa tarkemmin huomaa, että nykyisen tuotantoprosessin ”layout” ei ole prosessimainen ja selkeä. Materiaalien virtausta on vaikea kuvailla selvästi, koska tietynlainen prosessimaisuus puuttuu. Ohjattavuudesta tulee hankalaa ja visuaalisesti on vaikea hahmottaa missä tilassa tuotantoprosessi on. Kulkemiseen ei ole varattu tarpeeksi tilaa.

Siirtyminen ja etäisyydet ovat pitkiä. Muovipuoli, joka ei ole yhtiön päätoimialaa syö pinta-alasta ison osan ja ahtauttaa tuotantotiloja. Kirkas ja musta puoli on erotettu toisistaan seinällä. Kirkkaalla puolella on selvästi enemmän tuotantotilaa.

Sahauspisteitä on kaksi ja materiaalivarastot ovat kyllä lähellä työpisteitä, mutta ne tukkivat kulkutiet ja liike ulkoa materiaalivarastolle on hivenen hankalaa.

5.2 Putkiesivalmisteen tuotantoprosessi optimaalisessa tilanteessa

Putkiston esivalmistusprosessi (esivalmistuksen tuotantoprosessi esitetty kuvassa 16 alla) alkaa suunnittelupöydältä konttorista, jossa asiakkaalta saadut isometrit rajataan, jotta putkistot voidaan esivalmistaa ja asentaa työmaalla paikalleen. Lisäksi isometrit numeroidaan projektin tiedoin, jotta kustannukset sekä muut tiedot voidaan kohdistaa oikein. Hyvin usein apuna käytetään 3D-mallia, joka toimii nykypäivänä hyvänä tukityökaluna putkistoja valmistettaessa. Projektin tai työmaapäällikön päättää tuotantojärjestyksen projektin eri isometreille. Isometrit pyritään pitkälti säilyttämään digitaalisessa muodossa, jotta niiden jakaminen ja jäljitettävyyden säilyminen olisivat helppoa. Lisäksi digitaalisessa muodossa olevat kuvat auttavat loppudokumentaatio laadinnassa.



Kuva 16. Esivalmistuksen tuotantoprosessi.

Putket ja osat säilytetään ulkona tai pressuteltassa numeroiduissa laatikoissa, jotta tunnistetaan, mitkä osat kuuluvat mihinkin projektiin. Varastosta putket ja osat siirretään tuotantotilaan. Tuotantotilassa putket ja osat tarkastetaan visuaalisesti sekä tehdään tarkastus lähetyslistoihin. Tässä vaiheessa putket ja osat myös merkitään rasvaliidulla tai tarralla sekä ne lajitellaan laatikoihin ja putkihäkkeihin. Materiaaleista on tärkeää, niiden tunnistaminen, jotta osien sulatenumerot voidaan identifioida ja merkitä sekä todeta, että toimitetut osat täsmäävät tavarantoimittajan ilmoittamiin tietoihin. Puutteet reklamoidaan välittömästi tavarantoimittajalle.

Asentaja valitsee isometrien mukaiset materiaalit ja varmistaa, että käytettävät materiaalit pitävät paikkansa, niin materiaalien perusaineen kuin myös mittojen suhteen. Asentaja varmistaa mitat isometreistä ja katkoo putket sopivan mittaisiksi, jotta putket ja osat voidaan heftata (heftaus on metallisten osien kiinnittämistä toisiinsa pienellä hitsillä) yhteen.

Samalla asentaja merkitsee putken tai osan sulatteen isometriin, jotta se on loppudokumentaatiota varten käytävissä. Heftauksen jälkeen putki voidaan siirtää hitsauspisteeseen hitsattavaksi. Hitsaaja hitsaa saumat kiinni sopivalla lisäaineella ja oikeilla hitsausparametreille sekä suorittaa tämän jälkeen visuaalisen tarkastuksen syntyneelle saumalle. Kaikki puutteet raportoidaan eteenpäin.

Visuaalisen tarkastuksen jälkeen hitsit ja niiden tekijät merkitään putkeen tarralla tai rasvaliidulla. Putket tulee myös merkitä isometrien rajauksen mukaisesti. Tämä tapahtuu kulutuksen kestäväällä tarralla, jonka teksti ei irtoa kuin hiomalla voimakkaasti. Merkitsemisen jälkeen putket siirtyvät tarkastettaviksi, jossa päätetään satunnaisesti, mitkä saumoista lähtevät kolmannen osapuolen tarkistettaviksi. Tarkastus voidaan suorittaa myös tuotantotiloissa tai ulkona, kunhan varoetäisyydet muistetaan röntgen-tarkastuksia tehtäessä. Putkien ja saumojen tarkastus tapahtuu NDT:llä.

Tarkistuksen jälkeen putket tulpataan ja suojataan, sekä varmistetaan, että putkista sulatenumerot ja hitsaajat on siirretty dokumentteihin. Dokumentit tarkistetaan, että ne vastaavat tehtyjä esivalmisteita. Dokumentit toimitetaan tämän jälkeen projektisihteerille tallennusta varten, joka luo niistä yhden paperikopion työmaalle.

Putket pakataan hallissa tai pihalla projektin toiveiden mukaisessa järjestyksessä. Tavoiteltavaa olisi, että putkiesivalmisteet olisi pakattu niiden loppusijainnin mukaan. Tällöin niiden purkaminen ja löytäminen asennustyömaalla on helpompaa. Pakkaukseen käytetään putkihakkeja ja nidonta yhteen tapahtuu esimerkiksi pakkausvanteella. Pakkauksen jälkeen putket siirretään odottaman kuljetusta piha-alueelle. Esivalmistetut putket ovat nyt valmiita lähetettäväksi työmaalle.

5.3 Esivalmistuksen haasteet ja huomioitavat asiat

Putkistosivalmisteita valmistettaessa on syytä huomioida, että mikään projekti ei koskaan ole samanlainen. Valmistettavien putkien pituudet, koot ja materiaalit vaihtelevat projektista toiseen. Tämä aiheuttaa huomattavan suuren haasteen layoutin rakentamisessa ja tuotantotilojen käytössä.

Yllämainitusta syystä layout tulee suunnitella siten, että se on muunneltavissa helposti toisenlaiseen käyttöön tai monen projektin tekemiseen yhtä aikaa. Tuotantoprosessin sisältöä ei tällöin tarvitse muuttaa muutoin, mutta joitain työpisteitä mahdollisesti täytyy monistaa, jotta haluttu tuotantonopeus ja kapasiteetti voidaan säilyttää.

Siirtyminen ja liikkuminen tuotantotiloissa tulee ottaa huomioon layoutia laadittaessa. Esivalmistettavien putkien varastot eivät saa tukkia kulkuteitä. Jos hallissa valmistetaan suuria kappaleita, niin väliaikainen kulku eri työpisteisiin olisi hyvä merkitä ja kulkemista ohjata, vaikka aidoin. Siirtymiset tulee pitää mahdollisimman lyhyinä ja samankaltaiset työt vierekkäin.

Työpisteet olisi hyvä vakioida siten, että perustyökalut löytyvät aina läheltä ja ovat sidoksissa ja sijoitettuna lähelle työpistettä. Työpisteiden vakioidut paikat auttavat hallin puhtaanapidossa ja työn sujuvuudessa.

Eri projektien vaatimukset tuottavat tuotantoprosessin layoutille erilaisia haasteita. Näitä voivat olla mm. puhtaus, laatu tai tilaajan vaatimat muut erityistoiveet. Toisinaan tilaaja voi vaatia jotain tiettyä tilaa omien tuotteidensa valmistukseen, jolloin käytössä oleva lattiala täytyy kokonaan rajata vain tietylle työlle. Tällöin kaikki muu toiminta rajataan alueen ulkopuolelle ja alueella tehdään vain kyseisen tilaajan töitä. Edellä mainituissa tapauksissa täytyy olla mahdollista muokata layoutia tilaajan toiveiden mukaiseksi. Nämä toimenpiteet yleensä supistavat omaa tuotantotilaa pienemmäksi ja aiheuttavat sen, että oman tuotantoprosessin käytössä olevaa lattiatilaa tulee kaventaa.

Eri perusmateriaalien jaottelu tuottaa toisinaan tuotantoteknisen ongelman. Tuotantotiloissa käsitellään hiiliterästä ja haponkestäviä teräksiä, joiden tuotantotiloja ei saa sotkea keskenään. Lisäksi on olemassa vielä jalompia teräksiä, joiden takia on syytä vaalia puhtautta ja välttää eri metallien sekoittumista keskenään. Tämä aiheuttaa tilankäytölle haastetta. Lisäksi puhtaus syntyy vain jatkuvan siivoamisen ja huolellisuuden ansiosta. Eri materiaalien tuotantotilat tulee olla erotettuna toisistaan selvästi, jolloin tuotantotilat on pakko jakaa kahtia ja erottaa ne selvästi toisistaan. Samoissa tiloissa tulee pystyä valmistamaan myös erilaisia kesto- ja kertamuoviputkistoja, joille tulee varata tilat myös.

Valmistettavien esivalmisteiden koot vaihtelevat projekteittain. Koot vaihtelevat noin 40 metristä 100 millimetriin. Eräkoot ovat toisinaan pieniä ja vaihtelevuus suurta, mutta toisinaan on myös tilanteita, jolloin valmistetaan sarjatuotantona isoja määriä samaa tuotetta. Esivalmisteiden leveys rajoittuu yleisesti noin kolmeen metriin. Korkeutta putkilla voi olla maksimissaan kolme metriä. Esivalmisteet voivat olla myös suurempia, mutta tällöin niiden kuljetus työmaalle hankaloituu. Lisäksi mitä isompia esivalmisteet ovat, niin sitä haastavampaa niitä on asentaa työmaalla.

Mikäli osia puuttuu tai suunnitelmat ovat keskeneräiset, niin on syytä pohtia, että kannattaako esivalmistusta aloittaa. Helposti ollaan tilanteessa, jossa työn eteneminen ei ole tehokasta, koska työ joudutaan keskeyttämään puutteiden takia. Työstä tulee katkonaista ja epävarmuus lisääntyy sekä tehokkuus häviää. Lisäksi keskeneräiset tuotteet kasaantuvat tuotantoon ja niitä ei saada lähetettyä eteenpäin työmaille. Tällöin myös riski virheellisen tuotteen valmistukseen lisääntyy, joka johtaa siihen, että resursseja hukataan.

Työt tuotantoprosessissa olisi hyvä suunnitella viikoiksi etukäteen, jotta tuotanto voitaisiin hallita paremmin ja ennustettavuus säilyisi parempana. Myös töiden etenemiseen olisi syytä miettiä työkaluja sekä keinoja.

Titaani, Duplex-teräkset, tantaali tai muu vastaava teräs on erikoisteräksiä, joita hitsataan tai työstetään harvemmin. Kuitenkin toisinaan näitä harvinaisia metalleja tai seoksia työstetään tuotannossa ja tällöin niille tulee löytyä tilat tuotantoprosessista/-tilasta. Hyvä olisi

myös säilyttää erikoisterästen valmistuksessa käytettävät tarvikkeet ja työkalut aina yhdessä helposti löydettävässä paikassa.

Tuotantotiloissa valmistetaan myös kertamuovi-, lujitemuovi-, ja kestumuoviputkistoja tai niistä valmistettuja säiliöitä tai laitteita. Erityisesti lujitemuovi eli lasikuitutuotteiden valmistus aiheuttaa tuotantoprosessiin ja siten layoutin laatimiseen ison ongelman. Lasikuitutuotteiden työstössä syntyy lasipölyä, joka aiheuttaa helposti iho-oireita. Lisäksi lasikuitutuotteiden valmistuksessa käytettävät hartsit ja kertamuoveilla tehtävät eristykset tuottavat melkoisen hajuhaitan ja aiheuttavat helposti koko tuotantoalueelle työhygieenisen riskin. Olisikin perusteltua siirtää näiden tuotteiden valmistus kokonaan toiseen tilaan tai ostaa tuotantoa alihankintana.

Kaikkien muovituotteiden valmistus ja säilöntä sisätiloissa on paloturvallisuuden kannalta huomioitava asia. Tulipalon sattuessa muovi palaa helposti ja sitä on hyvin vaikea sammuttaa. Tästä syystä sisätiloissa tulee säilöä vain pieniä määriä valmistukseen liittyviä muoviosia tai raaka-aineita.

Tuotannon valmistusmäärien ennustaminen ja tuotannonohjaus on haastavaa. Toimitusaikojen pitäminen ja lupauksen täyttäminen nousevat tällöin esiin. Aikaisemmissa kappaleissa käsitellyt sisäiset asiakkaat voivat tällöin olla tyytymättömiä toimitusten nopeuteen. Tällä on vaikutusta myös asennusten sujuvuuteen työmaalla ja siten kokonaisprojektin etenemisnopeuteen sekä yleisesti työmotivaatioon ja asiakastyytyväisyyteen.

Erityisen haastavaa on tyydyttää projektien tarpeet kiireisinä aikoina, kun moniin projekteihin täytyisi tuottaa esivalmisteita. Tällöin täytyy priorisoida eri projektien tarpeet ja tuottaa esivalmisteita niihin projekteihin, jotka koetaan tärkeimmiksi. Tällöin syntyy helposti tilanteita, että tila loppuu ja syntyvät esivalmisteet täyttävät tilat. Tällä on vaikutusta työturvallisuuteen, siisteyteen sekä työn mielekkyyteen. Näistä johtuen on tärkeää, että tuotanto olisi mahdollisimman pitkälle prosessinomainen ja että osa asioista tehtäisiin samalla tavalla aina. Tällöin voidaan varmistua, että kaikki tarvittavat toimenpiteet tehdään ja varmistutaan niin laadun kuin myös kustannustenhallinnasta.

Hitsauksen nopeuteen ja sen sujuvuuteen on helppo takertua tuotannon ongelmakohtia etsiessä. Hitsaus on olennainen osa tuotantoprosessia, mutta se ei ole ainoa asia, joka vaikuttaa läpäisy aikaan ja tuotantonopeuteen. Hitsauksessa on tärkeää laatu ja toistettavuus. Putkistosivalmisteiden tuotantoprosessissa on monia muita aikasyöppöjä, kuin pelkkä hitsaus. Näitä ovat muun muassa siirtyminen, asennusaika, väärässä järjestyksessä tehty työ, odottelu tai virheellinen tavara sekä eri varastojen sijainnit.

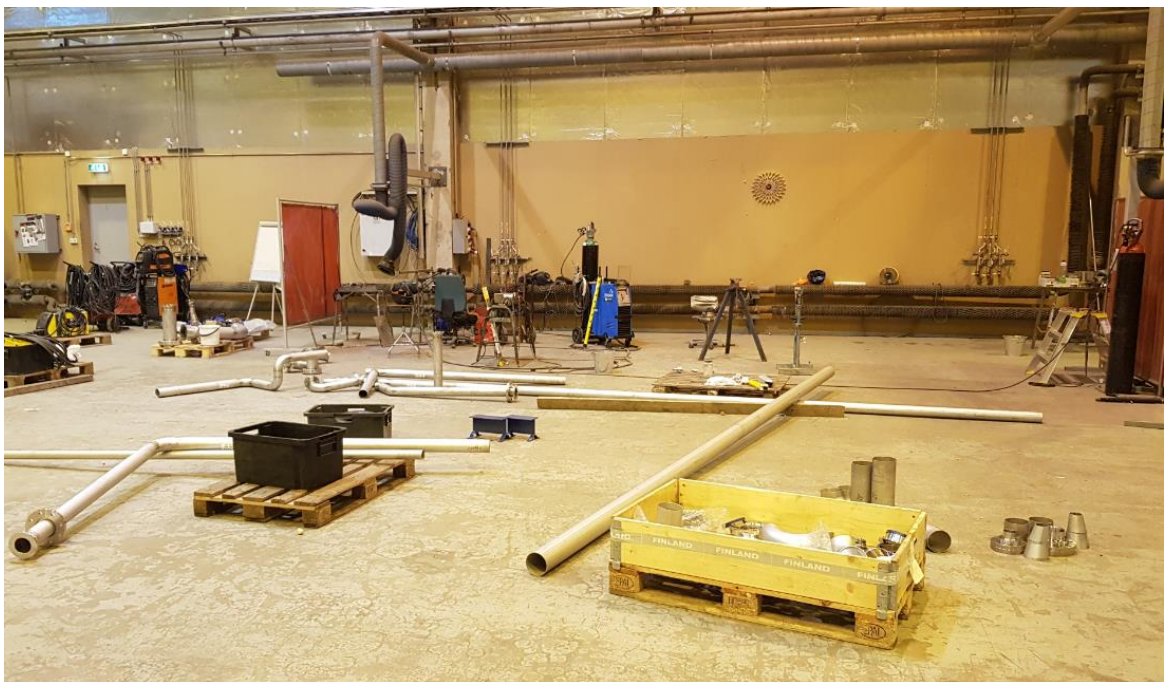
Työturvallisuus toimii yrityksen kulmakivenä, joka tulee myös muistaa layoutia tehtäessä. Laitteiden sijoitukset ja työpisteet tulee sijoittaa niin, että vältetään ylimääräiset liikkeet. Kulkureittien tulee pysyä avoinna niin jalankulkijoille kuin myös trukeille. Kaikki ylimääräiset tavarat ja osat tulee poistaa tuotantotiloista, jos ne eivät ole suoraan kytköksissä itse tuotteen tai esivalmisteen valmistukseen. Tuotannossa käytettävien työkalujen

ja osien tulee olla selvästi omilla merkityillä paikoillaan sekä lattialta tulee saada mahdollisimman paljon tavaraa pois. Siisteydellä ja järjestyksellä varmistetaan se, että työkalut ja osat ovat aina löydettävissä.

5.4 Esivalmistuksen ongelmakohdat

Esivalmistuksessa on tällä hetkellä erilaisia ongelmia, joita tulisi ratkoa. Esivalmistuksen ongelmakohtien selvittäminen ja ratkominen poistaa epävarmuutta sekä lisää selkeyttä tuotantoprosessiin ja sen toimivuuteen. Ongelmakohdat ovat sekä informatiivisia, että käytäntöön liittyviä.

Tuotantotilojen siisteys ja järjestys tulee saattaa konepajaympäristön tasolle, joka tarkoittaa sitä, että jokaiselle tavaralle on paikka ja työpisteet on järjestyksessä. Tähän on hyvä käyttää 5S:n oppeja, joita on esitetty kappaleessa 3.4. Kuvassa 17 on esitetty tuotantotila, joka ei ole hyvässä järjestyksessä. Tästä tulee opetella pois ja nimetä vastuuhenkilöt siisteyden ja järjestyksen ylläpitämiseksi. Usein johdot ja kaapelit on sijoitettu lattialle, joten niiden syöttöä työskentelyalueelle tulee pohtia. Yksinkertaista olisi tuoda kaapelit työpisteeseen yläkautta hallitusti tai lattialla yhdessä nipussa.



Kuva 17. Työpiste, joka ei ole järjestyksessä.

Tuotantoprosessi tulee päättää ja sopia kuinka edetään tuotannossa vaihe vaiheelta. Hyvä esimerkki on se, että heftaako yksi hitsauspiste kaikki osat yhteen, jonka jälkeen muut tuotannon hitsauspisteet hitsaavat saumat lopullisesti kiinni. Vastaavia työtehtäviä on esimerkiksi sahaus, varastointi ja niin edelleen. Vastuut ja velvollisuudet tulee olla määriteltä ja selvitetty sekä kirjallisessa muodossa.

Tila tuotantohallissa on rajoitettua ja joitain tuotantoprosessin osia tulisi käyttää molemmilla puolilla hallia (tila jaettu mustan ja kirkkaan raudan valmistukselle). Tämä tarkoittaa osittain sitä, että joko joudutaan kaksinkertaistamaan jotkut tuotantoprosessin osista tai hyväksymään se, että mustan puolen osat sahataan toisella puolella hallia tai toisinpäin. Tilan käytön tulee olla harkittua ja varastojen sekä ylimääräisten tavaroiden ja koneidenpitäminen sisällä hallissa ahtauttaa tiloja entisestään.

Pitkien kappaleiden työstö ja hitsaus saattaa olla toisinaan ongelmallista. Tilojen käyttö on haastavaa, jos kappaleen koko kasvaa 18 metriin. Tällöin se tarkoittaa sitä, että kappale tukkii kulkutiet ja aiheuttaa tuotantotilojen työturvallisuustason laskemisen ja kulku eri työpisteiden välillä vaikeutuu. Tämä johtuu yleisesti siitä, että ainoa tila, missä pitkiä kappaleita voidaan kokonsa puolesta valmistaa on hallin keskiosa. Pitkien kappaleiden hitsaus on asia, jota varten tulee kehittää toimintamalli. Olisi erittäin hyvä, että pitkiä kappaleita pääsisi hitsaamaan pyörittämällä. Tämä tarkoittaisi sitä, että kappale kiinnitetään pyörityskoneeseen ja hitsaus on mekanisoitua tai automaattista.

Muutoksen hyväksyminen ja muutoksen toteuttaminen on ongelmallista. Vanhojen opittujen tapojen muuttaminen uusiksi vaatii aikaa ja erityisesti johdolta vaaditaan kärsivällisyyttä ja uskoa muutoksen vaikutukseen. Johdon tulee vaatia muutosta ja valtuuttaa muutos. Muutoksen eteenpäinvieminen tulee vastuuttaa ja tuloksia seurata. Muutos tulee aikatauluttaa ja asettaa tehtäville vastuuhenkilöt sekä asettaa tehtäville takaraja ja resurssit.

Läpäisyaikaa ja tuotantoaikoja tulee seurata ja varmistaa, että esivalmisteiden tuotantoprosessi noudattaa niitä tuotantoaikoja, jotka niille on määritetty. Aikoja tulee dokumentoida ja puuttua epäkohtiin. Ongelmia aiheuttaa tuotannon ennustettavuus, josta taas aiheutuu työmaalle epävarmuutta. Tuotantosuunnitelma tulee laatia ja ennustaa tuotanto viikoiksi eteenpäin.

Osien työstäminen on täysin mekaanista työstöä tällä hetkellä. Työstäminen tehdään lähes täysin käsityönä nykyisessä tuotantoprosessissa. Käsintekeminen syö resursseja ja aikaa. Osien työstämistä tulee harkita ja miettiä etukäteen, mitkä osat kulkevat esimerkiksi sorvaamon kautta ennen niiden siirtämistä esivalmisteisiin tai tuotantoprosessiin.

Esivalmistettavien putkien valmistuskuvien tulee olla yksinkertaisia ja yksiselitteisiä. Kuvien laatuun ja rajausten luotettavuuteen tulee panostaa, jotta esivalmistuksen hyödyt kasvavat koko toimitusprosessia silmälläpitäen. Kuvien tulee sisältää tarvittavat mitat ja tiedot, jotta niiden valmistaminen on mahdollista. Puutteelliset valmistuskuvat tulee palauttaa niiden antajalle täydennystä varten. On myös mietittävä mitä tietoja esivalmistuskuviin syötetään, jotta tuotannossa olevat työntekijät saavat keskittyä vain oleellisten tietojen käsittelyyn.

Osien ja esivalmisteiden siirto tapahtuu tällä hetkellä käsivoimin ja nostimilla. Siirtämiseen kuluu aikaa ja on pohdittava keinoja, jolla ylimääräiset siirrot sekä liikuttamiset saataisiin eliminoitua. Voidaanko esimerkiksi esivalmisteiden pakkaus tehdä jo siinä vaiheessa, kun esivalmiste tulee hitsauksesta. Tällöin ylimääräinen käsittelyvaihe eliminoiduiksi kokonaan ja säästettäisiin aikaa, kun monet käsiparit eivät koskisi esivalmisteisiin.

Hitsauksen automatisointi ja hitsausmenetelmät tulee pohtia tarkkaan ja sopia ne menetelmät niille osille ja esivalmisteille, joita jatkossa käytetään. Hitsausprosessin valinnan tulee pohjautua volyyymiin ja vaadittavan laadun mukaan. Loput käytettävät hitsausmenetelmät tulee saattaa erikoistöiden alle, jolloin niille varataan resurssit ja koneet, mutta niitä ei käytetä aktiivisesti.

Materiaalien ja työkalujen varastointi olisi syytä tapahtua keskeisellä paikalla, josta on lyhyt matka eri työpisteisiin. Varastojen sijaitessa suhteellisen kaukana työpisteestä syntyy turhaa liikkumista, joka kuluttaa tuotantoon varattua aikaa. Työkalujen tulisi olla helposti löydettävissä ja poissa lattialta. Työkalujen hakemiseen ja etsimiseen kuluva aika on turhaa resurssien hukkaamista, josta tulee päästä ensitilassa eroon. Vain ne materiaalit ja työkalut tulee varastoida tuotantotiloissa, joita käytetään tuotannon tekemiseen.

Lattiatilan käyttö tulisi olla tehokasta ja ainoastaan tuotantoon tarvittavien koneiden, laitteiden ja materiaalien tulisi kuluttaa lattiatilaa. Mitä enemmän hyllyille ja seinille saadaan varastoitua tavaraa ja materiaalia, niin sitä helpompi on pitää tilat siistinä ja turvallisina sekä löytää tarvittavat työkalut. Lattiaan olisi hyvä rajata työpisteiden rajat, kulkutiet ja kiinteät kalusteet. Myös roskiksille, pumppukärryille ja muille vastaaville apuvälineille tulisi merkata paikat tuotantotiloissa, joissa ei säilötä muuta kuin merkattua objektia. Tällöin jokaiselle tavaralle on paikka, josta ne löytyvät ilman etsintää.

Olisi myös syytä pohtia mitä tuotteita halutaan valmistaa itse ja mitkä tuotteet ostetaan ulkopuolelta alihankintana tai palveluna. Tämä selkiyttäisi esivalmistusta ja tuotantoprosessia.

6. UUDET LAYOUT-MALLIT JA EHDOTUKSET TOIMINNAN PARANTAMISEKSI

Layout-mallien laadinta tulee tehdä yleisimmin valmistettavien tuotteiden volyymin perusteella. Lisäksi layoutin tulee perustua liikkeisiin tuotannossa ja tilan tarpeeseen sekä kapasiteettiin. Layoutit eri tilanteisiin on valittu yleisimmin toteutettavien putkistoprojektin myötä. Näitä ovat putkistot, joiden koot ovat DN80 - DN300. Lisää layoutin suunnittelusta on kerrottu kappaleessa 4.2 ja 4.3.

Laadittujen layoutien peruslähtökohtana on säilyttää vanhat seinät. Seinille tehdyt käyttöhyödykeinfrastruktuuri säilytetään entisellä paikalla, kuten esimerkiksi putkistot ja sähkökeskukset. Myös kiinteät työpisteet, kuten sorvaamo, kattilahuone ja lämminvesivaraaja säilyvät paikallaan. Ulkoalueisiin, sosiaalitiloihin ja toimistoihin ei puututa tässä työssä. Layout ehdotuksessa numero 2 on ajateltu niin, että hallin jakava seinä puretaan.

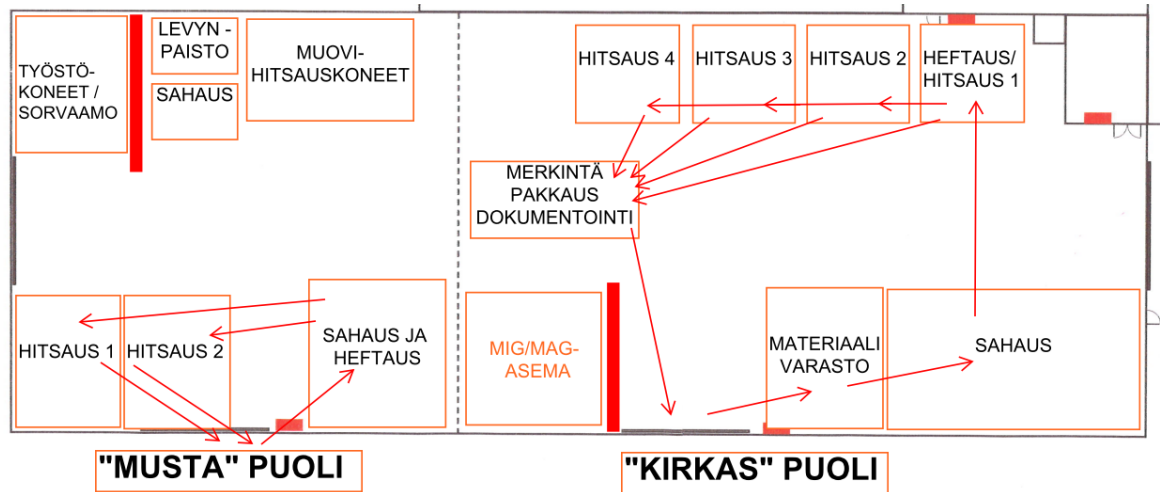
Layout-mallit tulee suunnitella ja toteuttaa tuotantoa edistäväksi kokonaisuudeksi, mutta myös työturvallisuus tulee olla huomioituna. Uusia laitteita ei ole sijoitettu layouteihin, koska niiden olemassa olosta tai hankinnasta ei ole tietoa. Työpisteiden järjestys tai niiden sisältämät työkalut ja koneet eivät kuulu tämän työn rajauksen sisään. Ne voi käsitellä vaikka jatkokehitystyönä tulevaisuudessa.

Muovipuoli pysyy hyvinkin samanlaisena kuin ennenkin, koska muoviin liittyviä töitä on suhteessa vähemmän kuin teräksiin liittyviä töitä. Toisaalta layout-ehdotuksessa 2 muovipuoli on kokonaan poistettu, vaikka todellisuudessa sen poistamista tuotannosta ei ole ajateltu.

Kappaleeseen on annettu erilaisia toiminnan parannusehdotuksia, koska olen halunnut tuoda omia näkökulmia esiin tuotannon parantamiseksi. Markkinoille tulee ja on tullut kaikenlaisia asennus- ja hitsaustyötä helpottavia työkaluja sekä laitteita, joilla työstä voisi tehdä yksinkertaisempaa tai parantaa laatua.

Lisäksi kappaleessa on kuvattu karkeasti tuotannon työpisteiden eri tehtävät, koska niiden vastuut ja sisältö on hyvä tuoda julki.

6.1 Tuotannon layout-malli numero 1



Kuva 18. Tuotannon layout-malli numero 1.

Tuotannon layout-malli numero 1 (kuva 18) pitää sisällään kirkkaiden esivalmisteiden valmistuksen, joka toimii päätoimena tuotantoprosessissa. Sen materiaalivirta kulkee materiaalien varastoinnin kautta sahaukseen, jossa putket katkaistaan ja merkitään. Sahauksesta putket ja osat siirretään heftauspisteeseen, jossa osat heftataan yhteen myöhempää hitsausta varten. Heftattujen esivalmisteiden saumat hitsataan kiinni hitsauspisteissä, josta esivalmisteet siirretään merkinnän, dokumentoinnin ja pakkauksen kautta ulos varastoon.

Ajatuksena kirkaalla puolella on se, että yksi piste heftaa esivalmisteet yhteen, jotta hitsauspisteet saavat keskittyä vain hitsaukseen. Hitsaus on tavallaan tuotantoprosessin pulonkaula eli se vie aikaa kaikkein eniten tuotantoprosessissa. Siksi sen monistaminen on perusteltua. Heftauksen keskittäminen yhteen pisteeseen auttaa tuotantoprosessissa työskenteleviä asentajia keskittymään muihin töihin, kuin vain hitsaajien auttamiseen. Lisäksi tuotteiden laadunhallinta paranee. Hitsaajien tuleekin hitsauspisteittä työskennellä itseksensä ja vain tarpeen vaatiessa pyytää apua asentajilta.

Kulkeminen ja siirtymiset tässä layout tyypissä on minimoitu ja työpisteiden keskinäinen muuttaminen ei lyhennä kulkemisreittejä. Keskialueet on jätetty vapaiksi, jotta kulkeminen trukilla ja kävellen tapahtuisi mahdollisimman turvallisesti sekä ilman esteitä. Samankaltaiset työt on sijoitettu vierekkäin. Materiaalien syöttö tuotantoon tapahtuu yhdestä sivuovesta ja siitä myös viedään materiaalit ulos.

Sahaus on keskitetty kirkaalla puolella yhteen paikkaan ja siihen on ajateltu sisältyvän useampia katkaisusahoja. Tämä siksi, jotta sahoilla putkien katkaisuun käytettävä asetus-aika olisi riittävän lyhyt ja työ tehokasta.

MIG/MAG-hitsauspiste palvelee mustaa ja kirkasta puolta. Siellä on ajateltu olevan jatkuvasti kunnossa oleva hitsauskone ja tarvittavat työkalut, jotta hitsaus onnistuu ilman

laitteiston uudelleen viritystä. Tila on jaettu väliseinällä muusta tilasta erilleen, jotta hitsauskaasut ja muut syntyvät epäpuhtaudet eivät kulkeutuisi ympäri hallia. Hitsauskaasut poistetaan ulkoilmaan kohdepoistolla.

Mustan puolen on ajateltu olevan pienemmässä roolissa tässä layoutissa ja siinä keskitytään pääosin pienimuotoiseen tuotantoon, mistä johtuukin tilojen pieni koko. Osa mustan putkiston valmistamiseen liittyvistä työvaiheista on päällekkäisiä eli esimerkiksi sahaus ja heftaus suoritetaan samassa työpisteessä. Käytännössä myös putkien ja osien varastointi tapahtuu samalla alueella. Hitsauspisteitä on kaksi ja niissä tapahtuu myös tarkastus ja dokumentointi. Tila ei yksinkertaisesti riitä useamman työpisteen muodostamiseen.

Muovipuolelle on varattu omat tilat tässä layout-mallissa. Kaikki työvaiheet varastoinnista valmistukseen tapahtuu samalla alueella ja materiaalivirtausta ei tapahdu muuta kuin työpisteeseen sisään ja ulos. Muovipuolen on ajateltu olevan pienimuotoista toimintaa, joten siitä syystä sille ei ole varattu isoa tilaa.

Koneistus tapahtuu mustan puolen nurkassa ja se palvelee molempia puolia eli kirkasta ja mustaa puolta. Tuotanto päättää milloin jokin kappale kiertää työstön kautta.

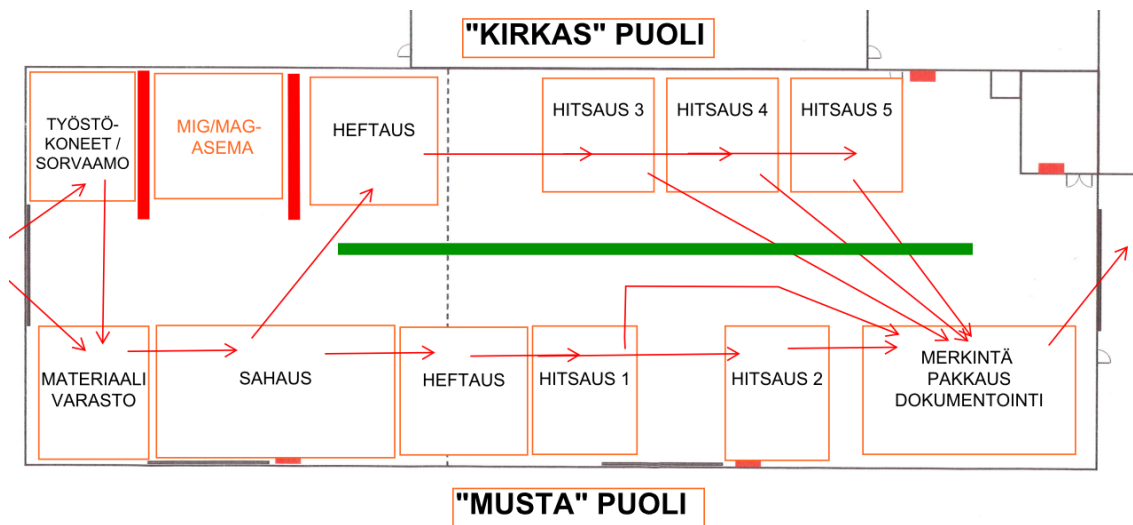
Layout ehdotuksen käyttö edellyttää erinomaista siisteyttä ja järjestystä sekä jatkuvaa ohjausta ja valvontaa. Syntyvät tuotteet tule saada pikaisesti ulos tuotantotiloista, jotta ne eivät tuki ja ahtautu tuotantotiloja. Myös muiden materiaalien varastointia tuotantotiloissa on syytä pohtia kriittisesti.

Layoutin vahvuutena voi pitää yhtiön päätoiminnan eli kirkkaiden putkistojen valmistukseen panostamista. Tuotantoalue on selvästi jaoteltu ja se on helposti muunneltavissa. On myös yksinkertaista lisätä tai vähentää tuotannon kapasiteettia. Tuotannon ohjaus ja hallittavuus on yksinkertaista sekä liikkuminen ennalta määrättyä.

Heikkoutena tällä layoutilla on se, että sillä pystyy isommassa mittakaavassa tuottamaan vain kirkkaita esivalmisteita. Nopeasti tilanteen muuttuessa ollaan tilanteessa, että layoutia täytyy muuttaa, jos kauppaa saadaan mustista putkistoista. Tällöin täytyy siirtyä layout-malliin numero 2.

Resurssien ohjaus on melko yksinkertaista, mutta varsinkin musta puoli ruuhkautuu helposti, josta aiheutuu työturvallisuustason lasku. Lisäksi tuotannosta tulee vaikeakulkuinen ja sekava. Tuotteiden valmistamiselle jää vähän tilaa ja kapasiteetti pienenee selvästi. Lämpäisy aika ja toimitusajat myös tällöin pitenevät.

6.2 Tuotannon layout-malli numero 2



Kuva 19. Tuotannon layout-malli numero 2.

Tuotannon layout-malli numero 2:ssa on ajateltu olevan kirkkaita ja mustia tuotteita yhtä paljon ja niiden tekemiseen tarvitaan sama määrä työpisteistä. Muovipuoli on tässä layoutmallissa jätetty pois, koska tila ei muutoin riitä järkevän tuotantoprosessin muodostamiseen. Tuotannon layout-malli on kuvattu yllä olevassa kuvassa 19, jossa materiaalien virtaus tuotantoprosessissa on kuvattu punaisella nuolella. Myös toisenlaista virtausta saattaa tapahtua, mutta se on harvinaisempaa. Materiaalit kulkevat selvästi yhdestä ovesta sisälle tuotantoon ja toisesta päästä ulos varastoon ja lähetettäväksi työmaalle.

Musta ja kirkas puoli on erotettu toisistaan siten, että niiden heftaus ja hitsaus tapahtuu selvästi erillään. Tätä erottumista kuvaa yllä olevassa kuvassa esitetty paksu vihreä nuoli. Käytännössä tapahtuu niin, että materiaalien varastointi ja sahaus tapahtuvat yhteisissä työpisteissä, jonka jälkeen tapahtuu mustan ja kirkkaan puolen erottuminen. Tällä toimenpiteellä saavutetaan se, että resurssit saadaan kohdistettua paremmin käyttöön. Tuotantoon voidaan tällöin työllistää yksi työntekijä, joka keskittyy vain materiaalin vastaanottoon ja sahaukseen tuotantoprosessin sisällä.

Heftaus tapahtuu molemmilla puolilla omana toimenpiteenään ja heftauspisteitä voidaan käyttää myös hitsauspisteinä tarvittaessa. Heftauspisteessä työskentelee asentaja ja hitsaaja, joiden työnä on heftata hitsattavia esivalmisteita hitsauspisteisiin. Hitsauspisteiden tarkoituksena on tuotantoprosessin mukaisesti hitsata saumat kiinni. Hitsauspiste työllistää vain yhden hitsaajan per piste.

Tämän layoutin etuna on tuotannon kapasiteetin säilyttäminen molemmille materiaali-ryhmille. Kapasiteettia voidaan käyttää joustavasti molempien tuotteiden valmistamiseen. Toisaalta materiaalien kontaminointia toisen ryhmän tuotteilla tulee välttää ja siihen tulee kiinnittää erityishuomiota.

Layoutin vahvuuksia on myös selvä materiaalivirtaus ja tuotantoprosessin kohtuullisen yksinkertainen rakenne. Tuotantoa on tässä mallissa kohtuullisen helppo ohjata ja seurata, koska layout on melko suoraviivainen ja selkeä.

Kulkutiet jäävät auki ja niissä on helppo kulkea, kun tuotteet eivät kasaudu tukkimaan kulkuteitä. Toisaalta tämä layout mahdollistaa myös pidempien tuotteiden valmistamisen ilman isoa muutosta, koska tuotantohallin keskiosa jää avoimeksi. Layoutia ei tällöin tarvitse lähteä muokkaamaan, koska suunnitelma pitkien tuotteiden valmistamisesta on jo tehty.

Materiaalivaraston etäisyyttä heftauspisteisiin voi tässä ehdotuksessa pitää negatiivisena asiana, koska heftauspisteissä tarvitaan iso määrä osia. Tämä on toisaalta helposti ratkaistavissa tuomalla osa osista heftauspisteeseen. Tällöin kuitenkin materiaalivirtauksen perusajatus hieman katoaa.

Tämä layout edellyttää siisteyden ja järjestyksen ylläpitämistä, koska ilman niitä kontaminaatiovaara kasvaa. Myös työjärjestelyä täytyy tehdä enemmän. Esimerkiksi siitä syystä, että sahausta tulee käyttää vain tietyn materiaaliryhmän sahaukseen eikä eri materiaalien sahausta sovi tehdä samaan aikaan.

6.3 Suunnitellun layoutin toteutus käytäntöön

Layoutin toteuttaminen käytännössä tulee olla hallittu toimenpide, jossa viedään päätetyt asiat osaksi tuotantoprosessia. Layoutin toteuttamiseen tulee valtuuttaa henkilö, jolla on täysi päätösvalta ja aikaa syntyvien ongelmien ratkaisemiseen. Uuden layoutin toteutus tulee sovittaa hiljaiseen aikaan, kun tuotannossa ei ole paljoa töitä. Tällöin se häiritsee kaikkein vähiten tuotantoa ja käynnissä olevia työmaita

Layoutin muokkaus aloitetaan siistimällä tuotantotilat ja siirtämällä kaikki ylimääräiset laitteet, pöydät ja varastot ulos tai muuhun niille varattuun paikkaan. Letkut, kaapelit ynnä muut vastaavat laitteet tulee saattaa pois lattialta. Kaikkein paras on, jos tuotantotila saadaan tyhjennettyä kaikesta materiaalista.

Siivouksen ja siistimisen jälkeen saatetaan tuotantotila päätetyn layoutin mukaiseksi siten, että alueet rajataan siirrettävin väliseinin ja kulkutiet merkitään. Tuotantopisteet järjestetään ja niihin varataan vain ne työkalut, joita siellä tarvitaan.

Tuotantotilojen infrastruktuuri ja käyttöhyödykkeet tulee saattaa hyvälle tasolle, mikä tarkoittaa sitä, että hitsauspisteiden kaapelit ja hitsauskoneet nostetaan ylös maasta ”orjankäsien” varaan. Lisäksi sähkökeskuksia tulee lisätä, jotta sähkö on saatavilla työskentelytilojen läheisyydestä. Samat varaukset koskevat paineilmaa, hitsauskaasuja ja niin edelleen. Myös työpisteissä olevien työkalujen ja apuvälineiden kehittämistä on syytä pohtia ja niihin investoida, jotta työn tekeminen olisi helpompaa.

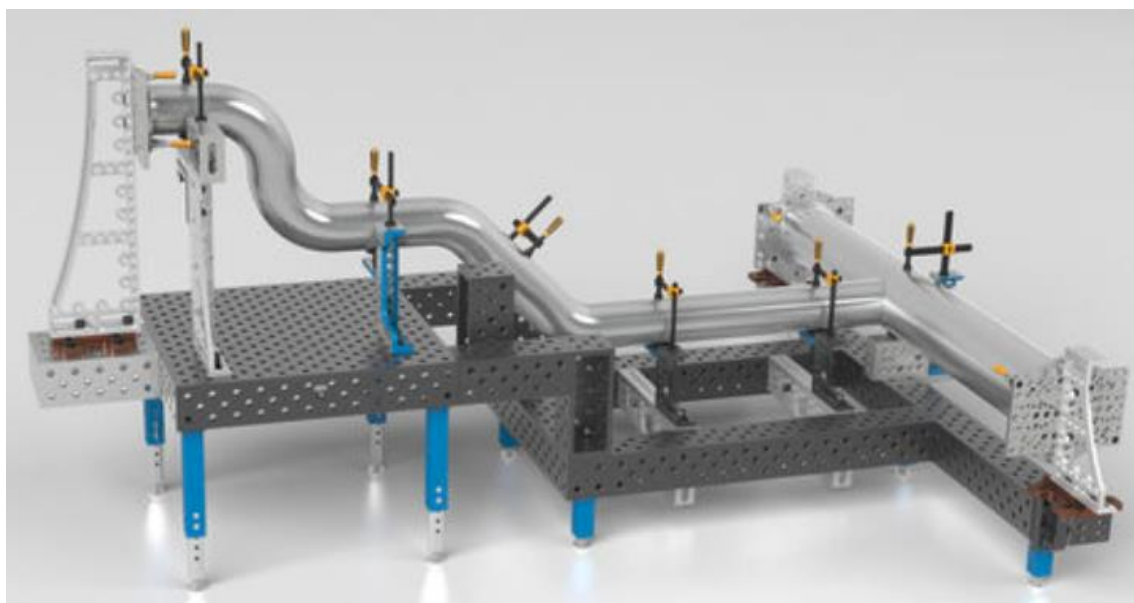
Työpisteiden keskinäistä järjestystä tulee vaihtaa tai työpisteitä monistaa, jos koetaan, että tuotantoprosessiin muodostuu pullonkauloja. Tämän täytyy kuitenkin tapahtua perustellusti ja päätösten perustua faktoihin. Tuotannon läpäisyaikaa tulee seurata ja etsiä parannuskeinoja sekä kehittää tuotannon työmenetelmiä läpäisyajan pienentämiseksi.

Uuden layoutin omaksuminen vie aikaa ja aiheuttaa vastarintaa. Tämä on syytä hyväksyä ja pysyä pääosin luodussa layoutissa, koska sen hyödyt tulevat ajan myötä esiin. Työntekijät oppivat huomaamaan, että layout on toimivampi ja siinä on motivoivampi työskennellä. Lisäksi, jos tuotannossa otetaan 5S-toiminnot käyttöön, niin huomataan miten paljon vähemmän aikaa kuluu materiaalien etsimiseen ja turhaan liikkumiseen.

6.4 Ehdotuksia tuotannon ja toiminnan parantamiseksi

Tuotantovälineisiin olisi syytä investoida ja tuotantomenetelmiä kehittää pitkäjänteisesti. Tuotannon kehittämiseen olisi hyvä nimetä päätoiminen kehittäjä, joka pohtisi eri menetelmien parantamista ja suunnittelisi aktiivisesti keinoja, joilla tuotannon tehokkuutta voitaisiin parantaa. Mikäli toimintaa kehitetään sivutoimisesti, niin näen uhkakuvana sen, että merkittävää hyötyä ei saada. Helposti myös suunnitelmien vieminen käytäntöön tällöin sakkaa.

Asentajille ja hitsaajille erilaiset säädettävät työpöydät ja pyörityskoneet olisivat työtä helpottavia työkaluja, joilla päästäisiin eroon hankalista ja epämukavista työasennoista. Erilaisten asennusjigien, magneettien ja työkalujen kehittäminen toisi tuotantoon mielekkyyttä sekä toistettavuutta. Työ myös mahdollisesti nopeutuisi, kun uusia työkaluja (kuva 20) opittaisiin käyttämään tehokkaasti hyväkseen.



Kuva 20. Asennuspöytä asennuksen helpottamiseksi (Siegmund 2018).

Hitsauslaitteiden kehittäminen ja hitsauksen automatisointi olisi järkevää pitkällä aikavälillä. Erinomainen vaihtoehto olisi alla olevassa kuvassa esitetty A5 MIG Orbital System 1500 Kemppi Oy:ltä, jolla pystyisi osittain automatisoimaan putkistojen MIG-hitsausta. Lisäksi erilaiset hitsausrobotit voisivat olla järkeviä investointeja. Ongelmana näiden laitteiden käytössä on se, että niiden virittäminen tuotantokäyttöön voi olla hyvin työlästä, mutta toisaalta erittäin palkitsevaa.



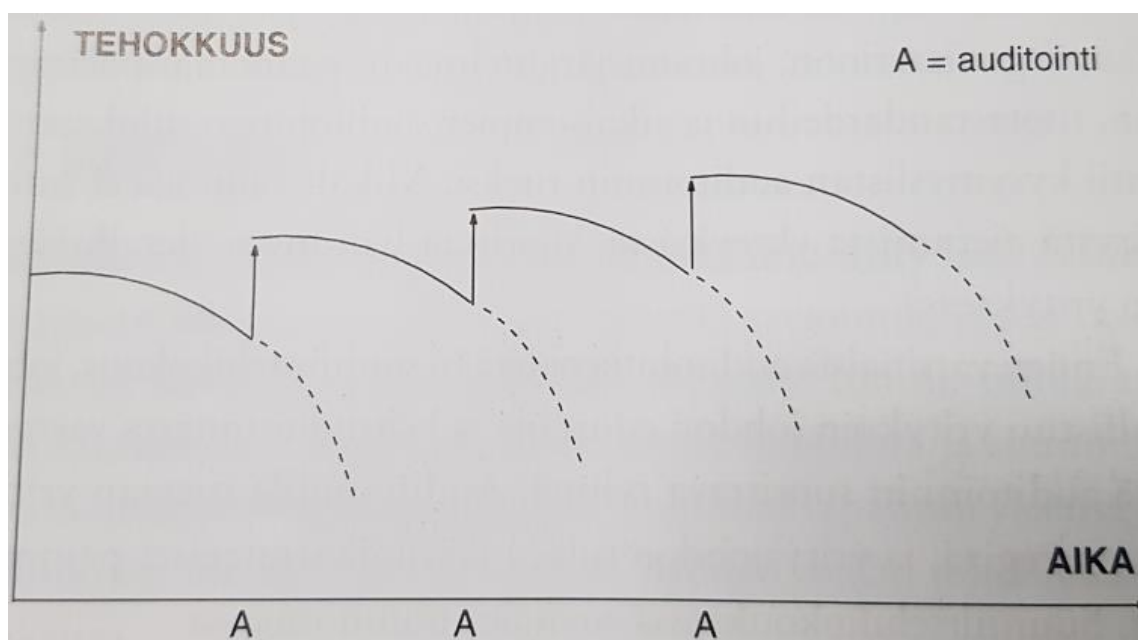
Kuva 21. A5 MIG Orbital System 1500 Kemppi Oy:ltä (Kemppi Oy 2018).

Tasorakennelmien rakentaminen hallin sisälle auttaisi tuotantotilojen tehokkaammassa käytössä. Tällöin osa tuotannossa tarvittavista työkaluista ja materiaaleista voitaisiin säilöä lähellä niiden loppukäyttöä, mikä helpottaisi tuotannon edistymistä ja loisi enemmän järjestystä tuotantotiloihin. Haittapuolena tälle olisi se, että osa käytettävästä tuotantotilasta madaltuisi ja isompien kappaleiden valmistus olisi hieman rajoitetumpaa.

Muoviputkistojen valmistuksen eriytyminen toisi metallitöille lisää liikkumavaraa. Erityisesti lasikuitutyöt tulisi tehdä muissa tuotantotiloissa tai ostaa alihankintana, koska syntyvät käryt haittaavat muiden työskentelyä. Lisäksi niiden työskentäminen edellyttäisi enemmän lämmitettyä tilaa. Muiden muovitöiden eriyttäminen irralleen muusta tuotannosta toisi kyllä liikkumavaraa enemmän muille, mutta eriyttäisi muovipuolen täysin erilleen muusta toiminnasta. En näkisi tätä kokonaisuutta edistävänä asiana.

Sisäiset auditoinnit eri tuotannon osa-alueille parantaisivat tuotantotilojen siisteyden ylläpitoa ja helpottaisivat pitämään eri alueista jatkuvasti huolta. Lisäksi se toisi tuotantoon ja toimintaan valvontatyökalun, joka patistaisi työntekijöitä olemaan huolellisempia työnsä tekemisessä. Vastuut ja velvollisuudet tarkentuisivat sisäisten auditointien myötä, jolla saataisiin positiivista kehitystä aikaan.

Lecklinin (2006, s.72-74) mukaan sisäisten auditointien avulla parannetaan yleisesti laatua ja toiminnan tehokkuutta sekä saatetaan johdon tietoon, missä on parannettavaa. Myös ulkopuolisia auditointeja olisi hyvä tehdä, jotta saadaan ulkopuolinen näkemys asioihin. Kuvassa 22 on esitetty laadun ja tehokkuuden parantumista portaittain johtuen tehdyistä auditoinneista.



Kuva 22. Laadun parantuminen auditointien myötä (Lecklin 2006, s.74).

Saapuvien lähetysten ja niistä luovutettavien lähetyslistojen tallentaminen omaan järjestelmään toisi selkeyttä saapuneiden materiaalien hallintaan ja selkeyttäisi materiaalien löytymistä. Selkeästi ja työnnumeroittain eriteltyt tiedot auttaisivat niin tuotantoa kuin myös työmaita löytämään omat materiaalinsa. Tämä vähentäisi etsimistä ja resurssit olisivat paremmin tuottavassa työssä.

Lähetyslistojen teko auttaisi toimitusten hallinnassa. Toimitusprosessissa tehdään lukuisia logistisia toimituksia hallin ja eri työmaiden välillä. Harvoin on luetteloitua tietoa, mitä rahdin sisältönä on. Niin lähettäjän kuin myös vastaanottajan olisi hyvä tietää, mitä on lähetysten sisältönä odotettavissa. Tähän riittäisi yksinkertainen dokumentointi, jossa olisi merkitty lähettäjä ja vastaanottaja sekä kuvaus rahdin sisällöstä. Mikäli toimitus sisältää esivalmisteita, niin lähetyslistojen mukana olisi hyvä toimittaa esivalmistuskuvien kopiot.

6.5 Tuotannon työpisteiden tehtäväkuvaukset

Tuotantoprosessin erilaiset tehtävät on syytä kirjoittaa selvästi dokumentoituun muotoon ja päättää vastuut eri tehtäville. Tällä varmistetaan se, että jokainen tietää tehtävänsä vaatimukset ja työnkuva ei jää epäselväksi. Tämä auttaa niin uusien työntekijöiden perehdyttämisessä kuin myös ulkopuolisille selostettaessa, mitä kulloinkin tapahtuu eri työpisteissä.

Alla on esitetty tuotannon eri työpisteiden tehtäväkuvaukset karkeasti:

Materiaalien vastaanotto: Materiaalien vastaanottajien tehtävänä on ottaa vastaan materiaalit tavarantoimittajilta ja lajitella ne sovitun kustannuspaikan mukaisesti, joko ulos tai sisälle. Vastaanoton päätehtävänä on tarkistaa, että lähetys sisältää lähetyslistojen mukaiset materiaalit ja että ne varastoidaan oikeaan paikkaan jatkokäyttöä varten. Vastaanottajien tehtävään kuuluu myös lähetyslistojen tallennus ja ilmoitus asianomaisille, että lähetys on saapunut.

Varastointi: Varastoinnin päätehtävä on hallita varastoon toimitettuja materiaaleja ja tarvikkeita sekä syöttää niitä tuotantoon tai lähettää edelleen työmaalle. Varastoinnin tulee tietää mitä materiaalia sijaitsee missäkin hyllyssä tai alueella. Varastoinnille kuuluu myös samankaltaisten materiaalien lajittelu ja epäkuranttien materiaalien poisto hävitettäväksi. Lisäksi varastoinnin tulee hallita materiaaleja siten, että ne ovat käyttökelpoisia ja riittävästi suojattuja, mikäli materiaaleja varastoidaan pitkiä aikoja.

Sahaus: Sahauspiste sahaa putket oikean mittaisiksi, joita heftauspiste yhdistää putken osiin. Sahauspiste merkitsee putket ja lajittelee ne isometrien mukaisesti sekä päättää tarvittaessa putkien katkaisupituudet. Sahauspisteessä siirretään myös tarvittaessa sulatenumerot katkaistuihin putkiin, jotta jäljitettävyys säilyy. Sahauspisteen päävastuuna on käyttää oikeita putkimateriaaleja ja sahata putket oikean mittaisiksi sekä merkata ja lajitella ne kuvien mukaisesti, jotta heftauspiste voi niitä käyttää omassa työssään.

Heftaus: Heftauspisteen päävastuuna on kiinnittää putkenosat toisiinsa sopivilla ilmara-oilla, jotta saumat voidaan hitsata kiinni hitsauspisteessä. Heftauspisteen asentajalla on myös vastuu siitä, että esivalmisteista tulee sellaiset kuin ne on isometrissä esitetty. Heftauspisteen asentaja kirjaa käytettävät sulatenumerot isometreihin ja varmistaa, että putkidimensiot ja materiaalien laatu täsmäävät haluttuihin materiaaleihin.

Hitsauspiste: Hitsauspisteitä voi olla monia tai yksi. Hitsauspisteet hitsaavat heftatuttujen esivalmisteiden saumat kiinni hitsausohjeen mukaisesti oikeilla lisäaineilla. Hitsauspisteen hitsaaja tarkastaa saumat visuaalisesti ja merkitsee isometreihin käyttämänsä lisäainenumeron ja hitsaajatunnuksen. Hitsauspisteen vastuulla on hitsata saumat laatuvaatimusten mukaisesti noudattaen sovittua hitsausnopeutta.

Tarkastus, merkintä ja dokumentointi: Tämän työpisteen tehtävänä on huolehtia, että valmistettujen esivalmisteiden sulatenumerot ja niiden merkinnät on siirretty dokumentteihin. Dokumenttien puuttuvat tiedot tulee täydentää ja kaikista puutteista on tiedotettava tuotantoa tai työmaata. Lisäksi vastuuna on tarkastaa, että valmistetut esivalmisteet vastaavat isometrejä ja niistä löytyy riittävät tunnistetiedot myöhempää tunnistusta varten.

Pakkaus ja varastointi: Pakkauksen ja varastoinnin tehtävänä on varmistaa sen, että esivalmistetut putket ja lähetettävät osat ovat riittävän suojattuina, jotta ne kestävät kuljetuksen, siirtelyn ja varastoinnin ilman vaurioitumista tai likaantumista. Lisäksi tehtävänä on varmistaa se, että esivalmisteista tehdään riittävän tiiviitä paketteja niiden kuljetusta ja siirtelyä varten. Pakatut esivalmisteet lajitellaan sovitulle alueelle siten, että ne ovat löydettävissä lähetystä varten. Pakkauksista tulee löytyä tunnistetieto mihin työmaahan materiaalit tai paketit liittyvät.

Lähetys työmaalle: Tuotteiden lähetys työmaalle sisältää pakattujen esivalmisteiden lastauksen kuljetuskalustoon työmaalta tulleiden impulssien perusteella. Lähetystoimintojen vastuulla on lähettää oikeat tuotteet työmaalle ja raportoida lähtevistä paketeista sekä puutteista eteenpäin.

7. YHTEENVETO

7.1 Työn päätulokset

Tuotannon layouttiin muodostettiin erilaisia vaihtoehtoja ja perustuksia tulevien layout-suunnitelmien pohjaksi. Näiden avulla on helpompi suunnitella varsinaista tuotantoprosessia. Alaluvuissa 6.1 ja 6.2 laaditut layout-suunnitelmat eivät ole lopullisia, eikä niitä ole tarkoituksena viedä sellaisenaan tuotantoon. Mutta ne antavat hyvän pohjan sille, missä järjestyksessä eri työpisteiden tulisi olla, jotta tuotantoprosessista tulisi selkeämpi, tehokkaampi ja paremmin hallittava kokonaisuus.

Eri projektien tarpeisiin osataan hahmotella erilaiset layoutit työn myötä ja tiedetään layout-suunnittelulle perusteet. Lisäksi erilaisia layout-piirustuksia osataan laatia ja erilaiset layoutit osataan nimetä erilaisille tuotantoprosesseille. Työn myötä tunnistettiin se tosiasia, että parhaiten kohdeyrityksen tuotantoprosessin pohjaksi sopii pääosin funktionaalinen layout, joka on esitetty alaluvussa 4.1.3 ja jonka suunnitteluperiaatteita on kuvailtu alaluvussa 4.3. Myös niin sanottu sekalayout, jossa sekoitetaan funktionaalista ja solulayoutia voisi sopia tuotantoprosessin pohjaksi, mutta se vaatii erillisen työn ja selvityksen. Funktionaalinen layout ja sen eri variaatiot sopivat siis parhaiten putkistoeseivalmisteiden tuotantoprosessin pohjaksi.

Materiaalivirrat tuotantoprosessissa selkiytyivät tämän työn myötä. Materiaalit kulkevat tuotantoprosessissa ennalta sovitusti ja niillä on kussakin vaiheessa oma selkeä paikkansa, jos layout-suunnitelmassa pysytään. Yleinen selkeys luo tuotantoprosessista tehokkaamman ja paremmin hallittavan, koska turhat liikkeet ja siirtymiset on minimoitu. On tärkeää myös tunnistaa miten materiaalit ja resurssit virtaavat tuotannossa sekä ymmärtää, miten poikkeaminen tuotantoprosessista vaikuttaa koko tuotannonprosessiin.

Työn myötä selkiytyi myös se, että materiaalien hallinta on tärkeässä roolissa yrityksen tuotantoprosessin toimivuuden kannalta. Yleisesti se on myös sidoksissa yrityksen menestykseen, koska materiaalin liikkuminen, toimitukset ja varastot sekä niiden hallintamuodostavat yritykselle pohjaa, jolla päätetään menestykö yritys vai ei. Turhat liikkeet ja ylimääräiset käsittelyt on minimoitava, jotta läpäisy aika tilaukselle saadaan mahdollisimman lyhyeksi.

Sisäisten palveluprosessien tärkeys ja niissä onnistumiset ovat yritykselle tärkeitä tapahtumia, joiden avulla tuotetaan ulkoisten asiakkaiden saamat palvelut. Mikäli sisäisten asiakkaiden saamat palvelut koetaan huonoina on hyvin mahdollista, että myös ulkoiset asiakkaat kokevat yrityksen palvelut huonoina. Alaluvussa 3.3 kuvattiin edellä mainittuja asioita ja tähdennettiin niiden tärkeyttä toiminnalle. Panostamalla sisäisiin palveluprosesseihin menestytään myös ulkoisten asiakkaiden kanssa.

Alaluvussa 6.5 esitetyt työpisteiden tehtäväkuvaukset luotiin, jotta yritys tunnistaisi eri toiminnoissaan sen asian tärkeyden, että jokainen työvaihe tai työpiste on vastuutettu. Lisäksi jokaisen työntekijän tai tuotantoa seuraavan on hyvä tietää, mitä asioita kussakin työpisteessä tapahtuu. Lisäksi heidän on tärkeä tietää, millä tavalla tuotetta käsitellään sekä muokataan missäkin vaiheessa. Myös ulkopuolisten on helpompi tällöin seurata tuotantoprosessia ja arvioida kunkin vaiheen edistymistä sekä tuloksia. Alaluvussa 5.2 kuvailtu tuotantoprosessi optimaalisessa tilanteessa on tärkeää tietoa, koska aiemmin tuotantoprosessia ei ole kuvailtu dokumentoituun muotoon.

Tuotantoprosessin ongelmia ja haasteita kuvattiin alaluvuissa 5.3 ja 5.4. Tuotantoprosessissa on erinäisiä ongelmia ja haasteita, joihin tulee löytyä vastaus ennen lopullisen layoutin laadintaa. Hyvä esimerkki tästä on se, että heftaako yksi työpiste kaikki hitsattavat kappaleet yhteen vai tehdäänkö jokaisessa hitsauspisteessä heftaus ja hitsaus. Kannatan ensimmäistä vaihtoehtoa.

5S ja sen pääperiaatteiden ymmärtäminen sekä esilletuominen olivat mielestäni tärkeitä asioita, koska monessa muussa paikassa on todistettu sen toimivuus. Alaluvussa 3.4 kuvattu 5S-toiminnon luovat siisteyttä ja järjestystä, jota kohdeyritys kaipaa kipeästi omaan toimintaansa. Ilman pysyvää järjestystä ja ilman ennalta sovittuja sääntöjä ei voida pitää tuotantoprosessia tehokkaana ja tuottavana. Siisteys ja järjestys luovat myös työn tekemiseen mielekkyyttä, mikä motivoi työntekijöitä. Tuotantoalueella tulee olla vain ne materiaalit, joita siellä tuotteen valmistamiseen tarvitaan.

7.2 Suositukset käytäntöön

Yrityksen olisi syytä ottaa 5S toiminnot käytäntöön ja soveltaa niitä ensin hallilla ja omassa tuotantoprosessissaan. Tämän jälkeen ne olisi syytä jalkauttaa osaksi työmaatoimintoja. Suunniteltu layout ja tuotantoprosessi, joka on siisti ja järjestyksessä luovat pohjan toiminnalle, jota on mukava lähteä kehittämään pala palalta eteenpäin. Ilman järjestystä ja suunnitelmallisuutta toiminnasta tulee helposti sekavaa. Siisteyden ja järjestyksen puutteet luovat ulkopuolisille huonon kuvan yrityksen toiminnasta ja pahimmillaan estävät kaupan syntymisen, vaikka todellisuudessa yrityksen toiminnassa ei olisi mitään moitittavaa.

Ennen layoutin toteutusta on vielä hyvä harkita, tarvitaanko jotain isompia koneita tai kokonaisuuksia tuotantoon, jotka muokkaisivat layoutista erilaisen tai vaikuttaisi sen laadintaan. Yrityksen tulee pohtia minkälaisen tuotteiden esivalmistamiseen se haluaa voimavaransa käyttää. Lisäksi tulee pohtia, mitkä se ostaa alihankintana muilta yrityksiltä. Tällä on suuri merkitys sille, minkälaiseksi tuotantoprosessi ja layout muodostuvat. Investoinnit tai uusien laitteiden hankkiminen saattavat muokata tuotantoprosessin luonnetta ja aiheuttaa vääristymän materiaalien virtaukseen, jos ne laitetaan tuotantoprosessiin ilman suurempaa suunnittelua.

Päätetyn layoutin vieminen osaksi tuotantoa tulee toteuttaa päättäväisesti ja keskustellen mahdollisista kompromisseista. Tarkemmin layoutin toteutusta on käsitelty alaluvussa 6.3. Muutoksen toteuttaminen on tärkeää ja siksi se tulee antaa henkilön tehtäväksi, jolla on vastuu ja päätösvalta toteutuksesta.

Layout-suunnitelmia on hyvä olla muutama, joilla varaudutaan tuleviin projekteihin. Suunnitelmat on hyvä tehdä yleisimmin toteutuneiden töiden pohjalta. On hyvä myös pohtia, halutaanko tulevaisuudessa tehdä metalli- ja muoviputkistoja vai keskitytäänkö ainoastaan metalliputkistoihin. Tämä on merkittävä päätös, koska se vaikuttaa käytettäviin tiloihin. Toisaalta suosittelisin muovipuolen säilyttämistä ja mahdollisesti yhden korotetun kerroksen rakentamista tuotantotiloihin, jolloin saataisiin lisää työskentely- ja varastoalaa.

Kulkemisen ja siirtymisen minimointiin kannattaa panostaa siten, että etäisyydet pidetään mahdollisimman lyhyinä, jotta turhaa kulkemista ei synny. Varastojen tulee olla aina niitä työpisteitä lähellä, jotka eniten ovat osien tai työkalujen kanssa tekemisissä. Varastojen tulee olla siistissä kunnossa ja materiaalit sekä työkalut helposti löydettävissä ja havaittavissa. Näillä keinoilla vältetään turha liikkuminen ja työstä tulee tehokkaampaa.

Kiinteiden rakennelmien ja työpisteiden teko ei välttämättä ole viisasta, koska valmistettavat tuotteet vaihtelevat ja ovat erilaisia vaatimustasoltaan. Siksi on hyvä käyttää siirreltäviä seiniä. Järkevää olisi silti varata tietyt pääalueet esimerkiksi jätteille, varastoille ja muille tuotannon apuvälineille, kuten myös tuotannon eri soluille. Tärkeää olisi myös merkitä kulkutiet trukkien ja työntekijöiden yleisimmin käyttämille kulkuteille.

7.3 Työn arviointi

Työ oli tarpeellista tehdä ja tutkia eri layoutvaihtoehtoja, koska kohdeyrityksen tuotantotila oli epäjärjestyksessä ja tuotantoprosessi osittain puutteellinen. Tuotantoprosessin resurssien käyttöä oli syytä parantaa ja saattaa hallin olosuhteet tuotantoprosessin edellyttämään kuntoon, jotta resursseja ei hukata.

Työn tarkoitus ja tavoitteet olivat lähtötilanteessa hieman epäselvät ja työn rajaus aiheutti ongelmia, koska työstä muodostuu helposti liian iso ja hallitsematon kokonaisuus. On lähes mahdotonta ottaa kaikki asia huomioon työtä tehdessä, koska niin moni asia liittyy tuotannon layouttiin. Esimerkiksi työssä ei voitu lähteä arvioimaan tai kehittämään yksittäisten työpisteiden sisällä tapahtuvia toimintoja, koska ne kasvattaisivat työn suureksi ja tekisivät siitä liian rönsyilevän. Edellä mainitut asiat koskevat myös yksittäisiä työmenetelmiä ja niiden tutkimista.

Tuotannon layoutin laatiminen kohdeyrityksen toimintaan tuntui ensin yksinkertaiselta työltä, mutta työn edetessä huomasin, että se oli hyvin haastavaa. Töiden projektimaisuus-

den vuoksi on haastavaa luoda yhtä ainoaa ja sopivaa layoutia, joka palvelisi tuotantoprosessia aina. Layoutin muokattavuus tuotannon erilaisiin tarpeisiin tuntuu itsestä hyvin tärkeältä asialta. Tämä siksi, että tuotanto on usein muutoksen alla ja osa töistä joudutaan aloittamaan joskus hyvinkin nopeasti.

Tietynlainen näkökulma tuotannon layout-suunnitelman tekemiseen oli muodostunut jo osittain aiemman pohdinnan perusteella, koska itse seuraan omien projektien etenemistä tuotannossa. Lisäksi layoutin hahmottamisessa auttoivat aiemmat vierailut konepajaympäristöissä ja tuotantolaitoksista, joista sain eräänlaisen hahmotelman miltä mahdollinen layout näyttäisi.

Työn tulosten soveltaminen käytäntöön vaatii aikaa ja pitkäjänteisyyttä. Tulosten jalkauttaminen käytäntöön ei ole yksinkertaista, koska monen asian täytyy muuttua ja se aiheuttaa helposti vastustusta. Varmasti kompromisseja joudutaan tekemään ja asioista keskustelemaan ennen kuin sopiva ratkaisu löytyy. Tuotantoprosessin lopullinen sisältö eri vaiheineen tulisi päättää ennen lopullisen layoutin laadintaa. Lopullisen päätöksen ja vastuun päätöksistä kantaa tietysti yrityksen johto.

Työn tulosten ymmärtäminen vaatii perehtymistä putkistoiesivalmisteiden tuotantoprosessiin ja eri projektien tarpeisiin. Työ edustaa yhdenlaista näkemystä, kuinka layout tulisi toteuttaa ja kuinka eri asioita toiminnassa voisi parantaa. Tulokset ja esitetyt asiat eivät ole lyhyen pohdinnan tulosta, vaan ne perustuvat kirjallisuudesta luettuihin asioihin, kuin myös käytännössä opittuihin ja havaittuihin hyviin käytäntöihin.

Työn tavoitteet täyttyivät, koska layout-suunnitelma saatiin laadittua ja löydettiin suunnittelulle perusteet. Laaditut layoutit palvelevat tuotantoprosessia omalla tavallaan ja yrityksen tehtäväksi jää päättää kumpaa he haluavat käyttää. Uskon, että laaditut layoutit luovat yritykseen selkeyttä ja auttavat tuotantoprosessin paremmassa hallinnassa, koska turhaa liikettä tehdään vähemmän ja tuotanto on enemmän prosessimainen. Lisäksi selkeällä layoutilla on vaikutusta läpimenoaikoihin ja koko toimitusketjun hallintaan, koska resurssien käyttö on selkeämpää ja materiaalien hallittavuus parempaa.

7.4 Jatkokehitysehdotukset

Ulkoalueita olisi hyvä kehittää siten, että määritettäisiin eri varastojen tai työpisteiden sijainnit. Ulkoalueet voitaisiin rajata erilaisiin alueisiin ja varastoja sekä toimintoja käsitellä prosessimaisesti. Tämä tarkoittaisi sitä, että ulkoalueille tulisi päättää selkeät materiaalivirrat ja kulkemisreitit materiaaleille sekä resursseille. Ulkoalueiden karttaan voisi merkitä mitä kukin alue sisältää. Tämä taas auttaisi löytämään eri materiaalit helpommin ja toisi selkeyttä varastoihin.

5S käytännöt on syytä ottaa tuotannon siisteyden ja järjestyksen ylläpidon tukityökaluksi. Siisteyttä ja järjestystä tulee säännöllisesti auditoida sisäisesti. Tällöin huomataan poikkeamat helpommin ja johto tulee tietoiseksi nopeammin havaituista epäkohdista. Sisäisiä auditointeja olisi syytä kehittää tuotannon ja toiminnan kehittämiseksi kuin myös siisteyden ja järjestyksen ylläpitämiseksi.

Tuotannon seurantaan olisi hyvä kehittää seurantataulu, josta näkisi kunkin projektin etenemisen esivalmistuksessa. Tämä toimisi informaationa projektijohdolle ja auttaisi selkeyttämään projektin etenemää sekä informoisi mahdollisista ongelmista. Taululta näkisi myös tuotannossa olevat työt ja tulevat työt sekä prioriteettijärjestyksen eri projekteille.

Hallin ja työmaan välistä toimintaa olisi syytä suunnitella ja parantaa. Tähän sopivia keinoja olisi ajojen suunnitteleminen, sisäisten lähetyslistojen tekeminen ja tiedonsiirto. Sisäisten lähetyslistojen laatiminen olisi tärkeää, jotta tiedetään, mitä jokainen hallilta lähtenyt kuljetus sisältää. Myös pakkaamisen ja merkitsemisen yksinkertaistamiseen olisi syytä pohtia yksinkertaisia keinoja, joilla parannetaan esivalmisteiden löytämistä ja havainnointia.

Tuotannon eri tehtäviä olisi hyvä standardoida ja panostaa joidenkin työvaiheiden tekemiseen niin, että ne tehtäisiin aina samalla tavalla. Tämä toisi tuotantoon toistettavuutta ja vähentäisi erikoisosaamisen tarvetta. Hyvänä esimerkkinä toimii putkien merkkäminen tai pakkaaminen. Ennalta suunnitellut työmenetelmät helpottavat ajankäyttöä ja luovat työhön mielekkyyttä.

Tuotannon layoutin selkeytyessä olisi hyvä lähteä kehittämään työpisteitä ja niiden sisäistä järjestystä sekä layoutia. Työpisteitä kehittäessä tulee pohtia, mikä tavara kuuluu minnekin ja millä tavalla työpiste kannattaa järjestää, jotta se palvelee työntekijöitä sekä kokonaisuutta parhaiten. 5S-toiminnot auttavat myös tämän kohdan ratkaisussa. Tällä tavalla saataisiin työpisteisiin tehokkuutta ja resursseista enemmän hyötyä irti, koska työkalut ja materiaalit olisi ennalta suunnitelluissa paikoissa. Työpisteiden layout-suunnittelu loisi myös toistettavuutta työpisteisiin ja helpottaisi päivittäisen työn tekemisessä.

Eri työpisteiden työmenetelmiä on hyvä kehittää ja muokata niistä tehokkaampia. Työmenetelmien kehittämiseen kannattaisi panostaa esimerkiksi palkkaamalla kehitysinsinööri tai kokenut asentaja. Myös teettämällä eri työmenetelmistä loppu- tai diplomitöitä voisi saavuttaa kehitystä tuotannossa. Lisäksi työntekijöitä olisi hyvä kannustaa kehittämään eri työvaiheita, jotta asioita ei aina tehtäisi samalla tavalla, kuin on aina totuttu tekemään.

LÄHTEET

- 5S Today, 2018. 5S today. Available at: <https://www.5stoday.com/what-is-5s/>.
- Bahrehmand, A. et al., 2017. Optimizing layout using spatial quality metrics and user preferences. *Elsevier*, (Graphical Models), p.38.
- Browne, J., Harhen, J. & Shivnan, J., 1996. *Production management systems*, Addison-wesley Publisher Company Inc.
- Creative safety supply, 2017. *5S Guide*.
- European Union, 2014. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fi/TXT/?uri=CELEX%3A32014L0068>.
- Gamberini, R., Ruggerini, T. & Lolli, F., 2018. The plant layout of a foundry: Constraints, operative guidelines and a case study. *IFAC*, p.1183.
- Grönroos, C. & Tillman, M., 2001. *Palveluiden johtaminen ja markkinointi*, Helsinki : WSOY.
- Hakanen, T., 2018. *Porin Teollisuusputki Oy laatukäsikirja*.
- Heizer, J. & Render, B., 2011. *Operations Management* 10 th., Pearson Prentice Hall.
- Hill, T., 2000. *Manufacturing strategy*, McGraw-Hill.
- J.Haverila, M. et al., 2009. *Teollisuustalous* 6 th., Infacs.
- Kemppi Oy, 2018. A5 MIG Orbital System 1500. *Kemppi Oy*. Available at: <https://www.kemppi.com/fi-FI/tuotteet/tuote/a5-mig-orbital-system-1500/>.
- Kotter, J., 2012. *Leading Change*, Harvard business review press.
- Krajewski, L., Ritzman, L. & Malhotra, M., 2007. *Operations Management, Processes and Value Chains*, Pearson Prentice Hall.
- Lapinleimu, I., Kauppinen, V. & Torvinen, S., 1997. *Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät*, WSOY.
- Lecklin, O., 2006. *Laatu yrityksen menestystekijänä*, Talentum.
- Lehtonen, J.-M., 2004. *Tuotantotalous*, WSOY.
- Logistiikan maailma, 2018. Tuotannon layout. *Lokistiigan maailma / Reijo Rautauoman säätio*. Available at: <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/tuotannon-layout/>.
- Macintosh, R. & Beech, N., 2012. *Managing change*, Cambridge University Press.

- Martinsuo, M. et al., 2016. *Teollisuustalous kehittyvässä liiketoiminnassa*, Edita Publishing Oy.
- Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry, 2017. *Metalliset teollisuusputkistot. Osa 5: Tarkastus ja testaus SFS-EN 13480-5:2017*.
- Muther, R. & Hales, L., 2015. *Systematic Layout Planning* Fourth Edi., Management & Industrial Research Publications.
- Parisher, R.A. & Rhea, R.A., 2012. *Pipe Drafting and Design*, Elsevier Inc.
- PSK Standardisointiyhdistys ry, 2011. *PSK-Käsikirja 7, Putkiluokat* Toinen pai., PSK Standardisointiyhdistys ry.
- Siegmund, 2018. SiegmundTables. Available at: http://siegmundtables.com/img/fixtures/tube_building_14.jpg.
- Slack, N., Chambers, S. & Johnston, R., 2010. *Operations Management*, Prentice Hall.
- Slack, N., Chambers, S. & Johnston, R., 2009. *Operations and Process Management: Principles and Practice for Strategic Impact*, Prentice Hall.
- Teknoliateollisuus ry, 2001. *5S*, Teknoliateollisuus ry.
- Tukes, 2016. *Kemikaaliputkistojen turvallisuusvaatimukset*.
- Työ ja Elinkeinoministeriö, 2016. *Painelaitelaki, 1144/2016.*,
- Wermac, 2018. Pre-Fabrication of Piping spools. Available at: http://www.wermac.org/documents/fabrication_shop.html.
- Willis, D., 2016. *Process Implementation Through 5S: Laying the Foundation for Lean*, CRC Press.
- Ylikoski, M., 1993. *Työyhteisö muutosmurroksessa*, Työterveyslaitos.