

Tommi Mäkinen

Tilansäästö tuotantolinjalla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

26.2.2017

Tekijä Otsikko	Tommi Mäkinen Tilansäästö tuotantolinjalla
Sivumäärä Aika	41 sivua + 4 liitettä 26.2.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Manufacturing Manager Paavo Törmänen Lehtori Katriina Schrey-Niemenmaa
<p>Insinööriyön tarkoitus oli tutkia, kuinka vapauttaa tilaa pieneksi käyvän tehtaan eräältä tuotantolinjalta. Tilojen arvioitu säästötarve tuotantolinjalta oli noin 150 m², eivätkä säästötoimenpiteet saa vaarantaa nykyistä tuotantoa. Työ tehtiin Eaton Power Quality Oy:lle, joka valmistaa UPS-laitteita Espoon Koskelossa sijaitsevalla tehtaalla.</p> <p>Insinööriyössä keskityttiin yhteen tehtaan suurimmista tuotantolinjoista tutkimalla aluksi sillä tapahtuvaa tuotantoa. Tutkimus painottui materiaalienhallintaan ja, jotta tilaa saataisiin säästettyä mahdollisimman paljon, myös layout-suunnitteluun.</p> <p>Materiaalienhallinnan ja tuotantolinjan nykyisen layoutin pohjalta suunniteltiin kaksi vaihtoehtoista ratkaisumallia. Molemmissa materiaalienhallinnan kehittäminen olivat iso osa muutosta. Työhön liittyvä uusi tilansäästösuunnitelma aiotaan ottaa käyttöön vuoden 2017 aikana.</p>	
Avainsanat	tuotanto, layout, tilansäästö, lean

Author Title	Tommi Mäkinen Space Saving on Production Line
Number of Pages Date	41 pages + 4 appendices 26 February 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructors	Paavo Törmänen, Manufacturing Manager Katriina Schrey-Niemenmaa, Senior Lecturer
<p>The Aim of this thesis was to investigate how to improve space usage of a certain production line. Estimated space saving need was approximately 150sqm. The Thesis was done to Eaton Power Quality Oy which produces UPS devices. The Plant is located in Espoo Koskelo.</p> <p>The Thesis was focused on saving production space on one of the biggest production lines. Space saving was investigated by examining production's current state. Examination was based on improving material handling and using space wisely. In order to get space for reasonable use layout needed to be changed.</p> <p>Two different layout drawings were made by observing material handling and current state layout. In both options material handling and usage of the materials were in big role. Space saving this thesis deals with will be implemented during 2017.</p>	
Keywords	production, layout, space saving, lean

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	UPS-järjestelmät	3
3	Lean	4
3.1	Seitsemän hukkaa	5
3.2	Standardoitu työ	6
3.3	Tasapainottaminen	6
3.4	Kanban	7
3.5	5S-menetelmä	8
3.6	Arvovirtakartta	9
3.7	Just-In-Time	10
3.8	PDCA-työkalu	10
4	Valmistavan yrityksen tuotanto	12
4.1	Tuotantomuodot	12
4.2	Kilpailutekijät	14
5	Materiaalinhallinta ja varastointi	15
6	Layout-suunnittelu	17
6.1	Tuotantolinja	19
6.2	Funktionaalinen layout	20
6.3	Solulayout	21
7	Tutkimusmenetelmät	23
8	Kohteena olevan tuotantolinjan nykytila-analyysi	24
8.1	Kohteena olevan tuotantolinjan pääprosessi	24
8.2	Laitteen läpikulku kohdeyrityksen tuotantolinjalla	25
8.3	Materiaalinhajaus	27
8.4	Layoutin-nykytila	29
9	Tilansäästäminen	31

9.1	Kokoonpanovaiheiden A ja B yhdistäminen	31
9.2	Kokoonpanovaiheiden A ja B siirtäminen	33
9.3	Materiaalinohjaus	33
9.3.1	Kanban-ohjauksen kehittäminen	33
9.3.2	Kolmannen osapuolen varastojen hyödyntäminen	34
9.3.3	Osakokoonpanojen keräily	35
10	Layout-suunnitelmien vertailu	37
11	Yhteenveto	40
	Lähteet	42
	Liitteet	
	Liite 1. Kokoonpanovaiheen A nykytila	
	Liite 2. Kokoonpanovaiheen B nykytila	
	Liite 3. Kokoonpanovaiheiden A ja B yhdistäminen	
	Liite 4. Kokoonpanovaiheiden A ja B siirto lähemmäs toisiaan	

Lyhenteet

IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor. Suuritehoinen bipolaaritransistori.
JIT	Just-In-Time. Juuri oikeaan aikaan.
KA	Keskiarvo.
PDCA	Plan-Do-Check-Act. Lean kehittämistyökalu.
TPS	Toyota production system. Toyotan kehittämä tuotantojärjestelmä.
UPS	Uninterruptible power supply. Järjestelmä, jonka avulla suojataan sähkölaitteita.
VSM	Value Stream Map. Arvovirtakartta.

1 Johdanto

Globalisaation mukanaan tuoma kova kilpailu pakottaa yritykset kehittämään toimintatapojaan pärjätäkseen kansainvälisillä markkinoilla. Erityisesti teknisesti vaativia tuotteita valmistavat yritykset joutuvat ottamaan koko ajan käyttöönsä uusia entistä kehittyneempiä tuotannonohjausmenetelmiä.

Suomessa toimiva Eaton Power Quality Oy on osa yhdysvaltalaisista maailmanlaajuisesti toimivaa yritystä Eatonia, joka keskittyy erityisesti sähkö- ja hydraulikkalaitteisiin, ilmailu- ja avaruusaloilla tarvittaviin järjestelmiin sekä erilaisiin ajoneuvoissa käytettyihin järjestelmiin. Yritys työllistää maailmanlaajuisesti 103 000 henkeä. Vuonna 2012 sen liikevaihto yhdessä Cooper Industries plc:n kanssa oli 21,8 miljardia dollaria. Eatonin Suomessa toimiva tytäryhtiö Eaton Power Quality Oy työllistää noin 250 henkilöä, jotka työskentelevät kaikki sähkösektorin alaisuudessa. Eatonin Espoossa sijaitseva tehdas työllistää noin 200 henkilöä ja loput 50 työskentelevät myynnin ja huollon eri tehtävissä. (Henkilöstötilinpäätös vuodelta 2015; Corporate Information. 2016.)

Yksi Eatonin Espoon tehtaan tuotantolinjoista valmistaa sähkönsuojaus-järjestelmiä asiakkaan tilauksesta monille eri aloille. Koska tuotteiden nopea läpimenoaika ja korkea laatu ovat ensiarvoisen tärkeitä, tuotantolinjan täytyy olla kunnossa.

Insinööriä tehtiin Eaton Power Quality Oy:n toimeksiannosta Espoon Koskelossa sijaitsevan tehtaan yhdelle tuotantolinjalle, jolla valmistetaan sähkönsuojaus-järjestelmiä. Näitä kaikkia kutsutaan UPS-järjestelmiksi. Nimitys on lyhenne järjestelmää tarkoittavasta englanninkielisestä ilmaisusta: uninterruptible power supply. Tämä työn tavoitteena on parantaa tuotantolinjan tilankäytön tehokkuutta ja vapauttaa tilaa 150 m² muihin tarkoituksiin. On tärkeää, että parannettaessa tilankäytön tehokkuutta olemassa olevaa tuotantoa ei vaaranneta ja mahdollisuus valmistaa suuria projektitilauksia Säilyy. Vapautuva tila käytetään muiden olemassa olevien tuotantolinjojen kasvattamiseen, sekä kokonaan uusien tuotantolinjojen käyttöönottoon vuoden 2017 aikana. Insinööriydessä vastattiin kysymyksiin:

- Miten kehitetään materiaalinhallintaa?
- Miten kehitetään olemassa olevaa layoutia?
- Miten niputtaa yhteen materiaalinhallinnassa löydetyt kehityskohteet layoutin kanssa?

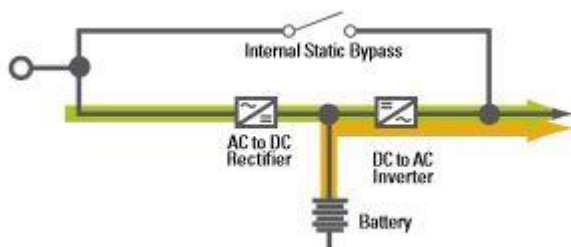
Insinööriyön yhteydessä on sekä kerätty tietoa kirjallisista lähteistä, että tehty omakohtaista havainnointia, joilla on haettu vastauksia edellä mainittuihin tutkimuskysymyksiin. Yrityksen tuotanto toimii japanilaisen Toyota konsernin kehittämän lean-filosofian mukaisesti. Lean-filosofiaa ja -tuotantoa käsitellään luvussa 3. Tuotantoa, materiaalienhallintaa ja varastointia käsitellään yleisesti luvussa 4. ja 5. Sen jälkeen luvussa 6. paneudutaan layout-suunnitteluun. Luvuissa 7. ja 8. esitellään käytetyt tutkimusmenetelmät ja analysoidaan tuotantolinjan nykytila. Suunnitelmat tilan säästämiseksi esitellään luvuissa 9. ja 10., sekä yhteenveto lopuksi luvussa 11.

2 UPS-järjestelmät

UPS-järjestelmiä käytetään suojaamaan sähkönsyöttöön liittyviltä häiriöiltä, joten käyttökohteita on hyvin paljon. Niitä tarvitaan esimerkiksi, konesaleissa, sairaaloissa tai paikoissa joissa käytettävyys ja tietojen turvaaminen ovat äärimmäisen tärkeitä. Esimerkkejä näistä ovat pilvipalvelut, maksujärjestelmät ja hätävalaistus. Tarkoitus on, että UPS-järjestelmä huolehtii asiakkaan laitteiden toiminnan kannalta kolmesta kriittisestä tehtävästä:

1. suojaa laitteistoa yli- ja alijännitteiltä
2. estää sähkökatkoksilta
3. estää käyttökatkoksilta pilvipalveluissa tai maksujärjestelmissä.

Eatonin UPS-järjestelmät on tehty torjumaan jopa yhdeksää sähköhäiriötä. Tarkastelun kohteena olevalla tuotantolinjalla valmistettavat UPS-järjestelmät käyttävät IGBT-transistoritekniikkaa. Ne on varustettu myös ohituskytkimillä, joka mahdollistavat sähkön syötön suoraan kuormalle. Syötettäessä sähköä suoraan kuormalle tulee jännite- ja taajuusalueiden pysyä annetuissa rajoissa. Tällöin UPS-järjestelmien hyötysuhde kohoaa jopa 99 %:iin. (UPS-käsikirja 2012: 8–10.)



Kuva 1. Kaksoismuunnos-UPS varustettuna ohituskytkimellä. (UPS-käsikirja 2012: 10.)

3 Lean

Toyotaa voidaan pitää lean-ajattelun keksijänä. Taiichi Ohnon kehittämä Toyota Production System (TPS) syntyi toisen maailmansodan jälkeen Toyotan tehtaalla ja se on otettu käyttöön monissa teollisuusalan yrityksissä. Nykyään suurin osa tehtaista pyrkii hyödyntämään kyseistä ajattelutapaa ja sen prosesseja. Kyseessä on kuitenkin vain jatkuvaa kehittämistä vaativa menettelytapa, joten lopullisia tavoitteita ei voi koskaan saavuttaa pelkästään valmiita prosesseja ja työkaluja käyttämällä. Yrityksen on itse löydettävä omat heikkoutensa ja keskittyä niiden jatkuvaan parantamiseen. Karkeasti lean voidaan kiteyttää kahteen keskeiseen periaatteeseen. Ensinnäkin nopeuttamalla materiaalien ja tietojen virtausta nostetaan tuottavuus halutulle tasolle hiomalla samalla kaikkia yrityksen prosesseja. Toiseksi yrityksen johdon pitää sitoutua kehittämään työntekijöidensä ammattitaitoa ja uudistamaan prosesseja jatkuvasti ja ennakkoluulottomasti. Kyse on siis virtauksen ja ennustettavuuden parantamisesta, jolloin tuotantoprosesseihin usein liittyvä epävarmuus vähenee. (Wilson. 2010: 9–10.; Tuominen 2009: v.; Haverila ym. 2009: 443–444.)

Globaalit markkinat pakottavat yrityksiä kehittymään koko ajan toimintatapojaan pysyäkseen kilpailussa mukana. Lean-tuotantotapa tarjoaa tähän varteenotettavan mahdollisuuden. Useimmat valmistavat yritykset kiinnittävät paljon huomiota kustannusten vähentämiseen ja asiakaslähtöisyyteen, koska säästöt, läpimenoajan lyhentäminen ja laadun parantaminen ovat avainasemassa, on järkevää ottaa lean-ajattelu käyttöön. Kun perinteinen kokoonpanolinja muutetaan lean-tuotantolinjaksi, mahdollistetaan sen tehokkuuden ja tuottavuuden paraneminen. Se vaatii prosessien kehittämistä ja jatkuvaa parantamista, mutta toisaalta asiakkaille kyetään antamaan entistä enemmän aiempaa vähäisemmillä resursseilla. Yhteenvedona voidaan sanoa, että lean-filosofia koostuu erilaisista työkaluista, joita käytetään prosessien jatkuvaan parantamiseen, ja jolla pyritään poistamaan erilaisia hukkia, jotka liittyvät esimerkiksi kuljetuksiin, odotusaikoihin, virheisiin, tarpeettomiin liikkeisiin ja ylituotantoon. (Lean Production in Manual Assembly Line- A Case Study. 2012.)

3.1 Seitsemän hukkaa

Lean-tuotannon seitsemän hukkaa ovat haittoja, joita pyritään vähentämään tai jopa poistamaan prosesseista. Hukka voidaan määritellä asiana, joka ei anna työlle lisäarvoa ja voi aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia. Arvoa lisäämättömän työn poistaminen kokonaan on hyvin haastavaa, koska kyseinen työ on yleensä ainakin osittain tehtävä. Esimerkiksi materiaalien kuljettaminen hyllystä tuotantolinjalle ei anna työlle lisäarvoa, mutta on kuitenkin välttämätön työn toteuttamisen kannalta. Leanin seitsemän hukkaa ovat:

1. Kuljettaminen - Kuljettaminen on materiaalien siirtämistä paikasta toiseen. Se ei anna tuotteelle lisäarvoa, vaikka nostaa kustannuksia.
2. Ylituotanto - Ylituotanto johtaa varastojen kasvuun. Suuret eräkoot, pitkät toimitusajat ja huonot toimittajat voivat vaikuttaa siihen, että yrityksen tarjoamia tuotteita tuotetaan liian paljon ja liian aikaisin.
3. Viat - Laatuvirheet vaikuttavat lukuisilla tavoilla tuotteen hintaan. Jokainen havaittu vika vaatii lisätyötä tai tuotteen korvaamisen. Ne kuluttavat materiaaleja ja resursseja, sekä voivat pahimmassa tapauksessa johtaa asiakkaan menettämiseen. Vikoja on parempi ehkäistä kuin korjata.
4. Varastot - Ylimääräinen varastointi on kallista. Vasta kun asiakas maksaa tuotteen, muuttuvat materiaalit tai valmis tuote rahaksi. Varastointi lisää muita hukkia, sillä se vaatii tilaa, työtä ja siirtelyä. Varastoinnissa vaarana on myös tuotteen vaurioituminen tai vanhentuminen.
5. Turhat liikkeet - Ylimääräinen liike työpisteiden välillä ja koneiden turha käyttö ovat esimerkkejä turhista liikkeistä. Nämä kuluttavat aikaa ja työntekijöitä sekä lyhentävät koneiden elinikää.
6. Ylikäsittely - Ylikäsittelyllä tarkoitetaan sitä, että tuotetta käsitellään enemmän kuin asiakas on toivonut. Esimerkiksi maalataan piilossa olevia pintoja tai noudatetaan suurempaa tarkkuutta kuin on tarpeen. Tärkeintä on keskittyä välttämättömiin ja tärkeisiin työvaiheisiin.

7. Odottaminen - Huono tiedonkulku ja odottamattomat ongelmat ovat suuri hukkatekijä. Esimerkiksi koneen rikkoutuminen, materiaalipuutteet tai huono työn tasapainottaminen lisäävät työhön käytettyä aikaa. (The Seven Wastes 2016; Leone ym. 2002: 103–74.)

3.2 Standardoitu työ

Tuotantolinjalla tehtävä työ pyritään tekemään aina samalla tavalla. Standardoinnin tavoitteena on varmistaa tuotteen tasainen laatu. Sillä luodaan myös pohja työtavoille, joita tekijät voivat jatkuvasti kehittää. Standardoidun työn toteuttamiseen tarvitaan ohjeita, joiden tulee olla helppolukuisia ja ymmärrettäviä. Niillä pyritään lyhentämään työhön käytettyä aikaa, parantamaan työturvallisuutta, tekemään työ mahdollisimman ergonomisesti ja erityisesti vähentämään virheitä. Viimeksi mainitulla pienennetään huonon laadun aiheuttamia kustannuksia ja parannetaan tuotteen laatua. Koulutus on tärkeää muutoksia tehtäessä ja niitä käyttöön otettaessa. Jotta muutoksesta syntynyt hyöty saadaan käyttöön, täytyy työntekijöiden ymmärtää ja hallita uudet toimintatavat. Standardoidun työn avulla saadaan työntekijät myös toimimaan tehokkaimmin. Samalla saavutettava töiden selkeyttäminen helpottaa uusien henkilöiden perehdyttämistä ja työtapojen jatkuvaa parantamista. Erityisen tärkeää on kohdella työntekijöitä yksilöinä, kohentaa heidän työturvallisuuttaan ja edistää kouluttamalla heidän osaamistaan. (Wilson, L. 2010: 59-60; Leone ym. 2002: 73–74, 139–142; Standardoitu työ 2005: 5.)

3.3 Tasapainottaminen

Linjojen tasapainottamisessa työkuorma jaetaan mahdollisimman tasaisesti eri työpisteiden kesken. Siirtämällä työtä vähemmän kuormitettuun työpisteeseen voidaan poistaa pullonkauloja ja odottelua. Tällainen työn jakaminen ei kuitenkaan aina välttämättä riitä. Työvaiheet voivat esimerkiksi olla jo valmiiksi täyteen kuormitettuja, jolloin työpisteiden lisääminen on välttämätöntä. Kun jokaisella tuotantolinjan työntekijällä on suurin piirtein sama määrä työtä, saavutetaan optimaalinen tuottavuus. Jotta voidaan helpottaa virtausta ja vähentää odottamisesta syntyvää ajanhukkaa, täytyy tuotantolinjalla yleensä tehdä uusia järjestelyjä.

Työvaiheiden tasapainottamisen ja työn fyysisten osien kuten materiaalien yhteen liittämällä voidaan vähentää varastoinnin tarvetta ja lyhentää läpimenoaikoja. Tuotantolinjalla tarvitaan vain tuotteen valmistamiseen tarvittavat materiaalit ja työkalut. Tuotantolinjan työtä voidaan tasapainottaa seuraavilla tavoilla:

- hukka-aikojen poistaminen tuotantolinjalta
- työn vaiheistaminen
- työpisteiden lisääminen
- materiaalien virtauksen tehostaminen
- raaka-aineiden eräkokojen kasvattaminen
- tuotannon järjestelyt.

(Lean Production in Manual Assembly Line-A Case Study. 2012.)

3.4 Kanban

Tuotteen valmistamiseen tarvitaan kahta asiaa: materiaaleja ja resursseja. Kanban-järjestelmä on kehitetty yksinkertaistamaan materiaalinhallintaa ja varastonhoitoa. Sen tarkoitus on tehostaa materiaalien virtausta tuotannossa ja ehkäistä ylituotantoa. Kanban tarkoittaa kylttiä tai signaalia, jolla viestitetään, milloin materiaaleja tarvitaan lisää. Hälytys voidaan antaa esimerkiksi tyhjän kanban-laatikon tai materiaalipaikan avulla. Kanban-laatikko pitää sisällään kaikki työvaiheessa tarvittavat osat, jolloin niitä ei tarvitse erikseen keräillä. Järjestelmällä saavutettavia hyötyjä ovat myös esimerkiksi materiaali-varastojen ja saldovirheiden vähentyminen. (Wilson. 2010: 48-49.)

3.5 5S-menetelmä

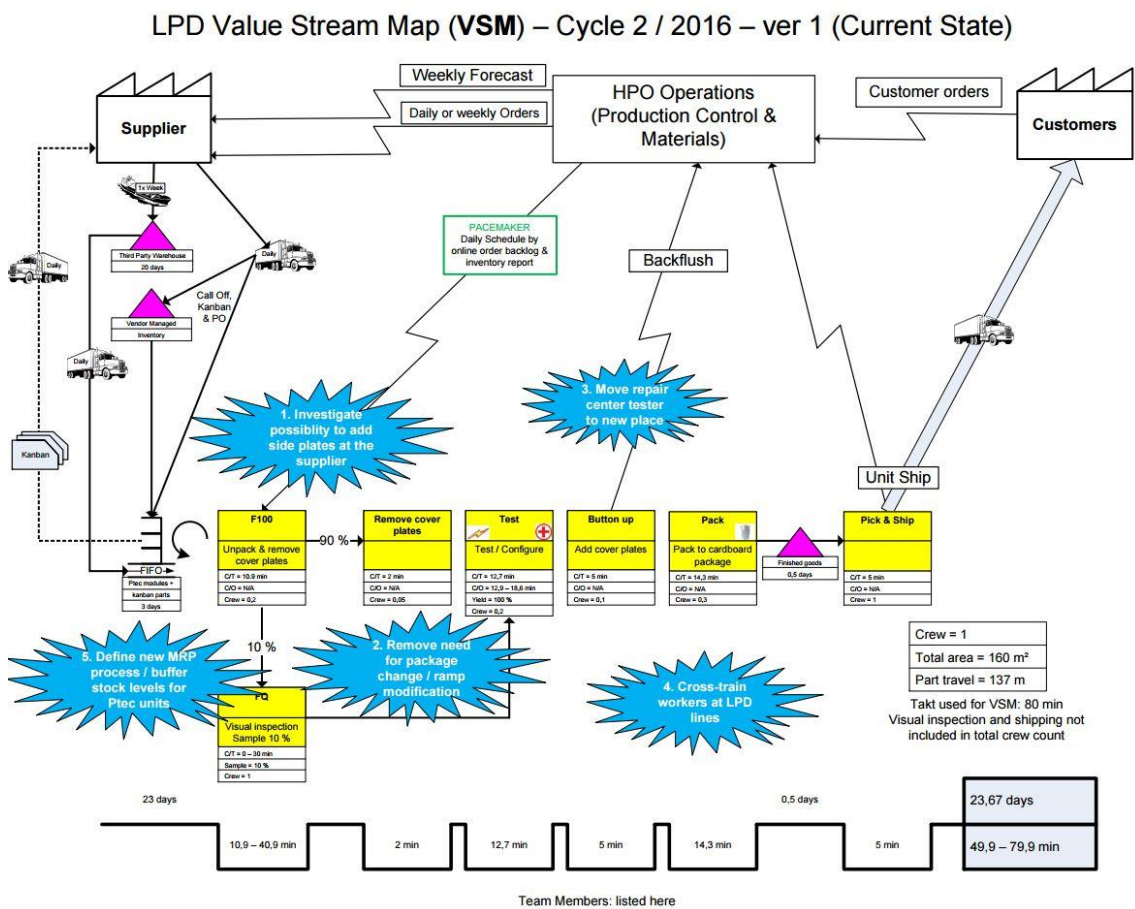
5S-menetelmä tarkoittaa, että työ toteutetaan ohjeistetusti, ergonomisesti, tehokkaasti, laadukkaasti, luotettavasti ja ennen kaikkea turvallisesti. Se auttaa poistamaan myös seitsemän hukan haittavaikutuksia melko tehokkaasti. 5S:n ensimmäisessä vaiheessa työpisteiltä pyritään poistamaan kaikki työvaiheen kannalta tarpeettomat tavarat. Jäljelle jätetään vain kaikki työn tekemisen kannalta olennainen. Kun 5S otetaan käyttöön, on tärkeää, ettei unohdeta tavaroiden luokittelua eli mietitään etukäteen, mitä tavaroita tarvitaan päivittäin, viikoittain tai kuukausittain. Näin kuhunkin työpisteeseen voidaan tuoda vain työn kannalta välttämättömät tavarat ja jättää loput esimerkiksi varastoihin. (Lean 5S Seiri, Sort, Clearing, Classify. 2017.) Lyhenne 5S on johdettu viidestä japaninkielisestä sanasta, jotka suomeksi käännettynä ovat:

- Lajittelu – Poistetaan kyseiseltä työpisteeltä kaikki työhön kuulumaton.
- Järjestäminen – Työkaluille, materiaaleille ja työssä tarvittaville osille on kaikille omat ja selkeästi nimetyt paikkansa.
- Puhdistaminen – Puhdistamalla työalue ja pitämällä työkalut siisteinä.
- Standardointi – Luodaan visuaalinen työohje, jonka avulla työkalut ja työpisteessä tarvittavat osat pidetään oikeilla paikoillaan.
- Sitoutuminen – Ylläpidetään käyttöön otettuja metodeja.
- Turvallisuus – Turvallisuudella taataan työturvallisuus.

(Viiden ässän kehitystyökalu. 2013.)

3.6 Arvovirtakartta

Arvovirtakartta eli VSM (value stream map) kuvaa materiaalien virtaa alihankkijalta tehtaalle ja lopulta asiakkaalle. Siitä voidaan nopealla vilkaisulla nähdä prosessin ongelmakohtat. Arvovirtakartalla voidaan kuvata sekä nykyisiä, että suunnitteilla olevien muutosten jälkeisiä virtauksia. Edellinen paljastaa prosessin näkyvät ongelmakohtat, jälkimmäisellä kuvataan niiden poiston jälkeistä materiaalinvirtausta. Kuvassa 2 on esitelty erään tuotteen valmistuksesta laadittu arvovirtakartta, johon on myös selvästi merkitty olemassa olevat ongelmakohtat. (Creating A Value Stream Map. 2017.)



Kuva 2. Nykytilasta tehty arvovirtakartta. (LPD VSM Cycle 2. 2016.)

3.7 Just-In-Time

Just-In-Time (JIT) tarkoittaa, että tuotetta tuotetaan täsmälleen oikea määrä ja juuri oikealla hetkellä. Hankalinta on silloin, kun tuotanto käynnistyy asiakkaan tilauksesta. Tällöin on kiinnitettävä erityistä huomiota seuraaviin asioihin:

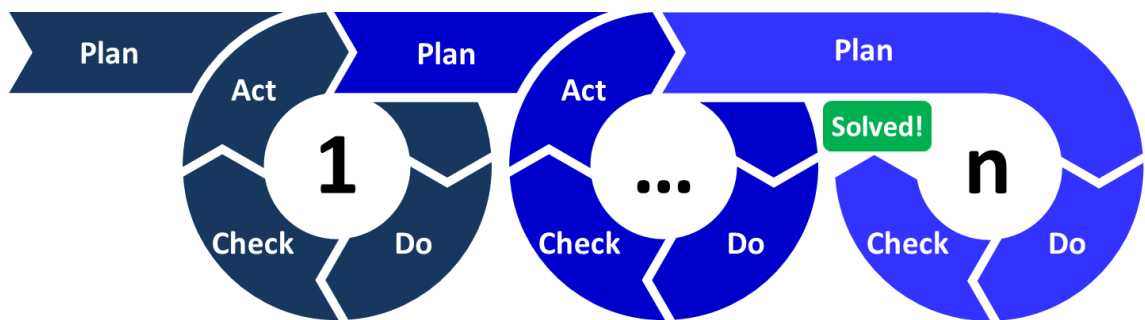
- Läpimenoaika tuotannossa on lyhyempi kuin aika, jonka asiakas on valmis odottamaan.
- Asiakkaan tilaus voidaan taloudellisesti tuottaa erillisissä erissä.
- Resurssit, kuten työntekijät, työkalut ja materiaalit ovat saatavilla, kun niitä tarvitaan.
- Toiminta on hallittua ja lopputulos virheetöntä.

Näitä neljää asiaa voidaan pitää JIT-tuotannon tavoitteina. Siihen liitetään yleensä myös uusien menettelytapojen etsintä silloin, kun jossakin edellä mainituista asioista ilmenee ongelmia. Myös kaikkien hukkioiden poistaminen on JIT:n onnistumisen kannalta ensiarvoisen tärkeää. (Just-In-Time Production. 1990.)

3.8 PDCA-työkalu

PDCA (plan-do-check-act) on yksi lean-tuotannon tärkeimmistä kehittämistyökaluista. Se soveltuu toimialasta riippumatta kaikenlaisten prosessien kehittämiseen. Useimmiten työryhmät, jotka määrittelevät uusia prosesseja tai kehittävät olemassa olevia keskittyvät enemmän PDCA:n kahteen ensimmäiseen vaiheeseen (plan ja do). Tällöin kaksi viimeistä vaihetta (check ja act) jäävät vähemmälle huomiolle, vaikka ne ovat yhtä tärkeitä. Plan- ja do-vaiheiden jälkeen prosessi toimii paperilla, mutta vasta check- ja act-vaiheiden jälkeen voidaan olla varmoja, että se toimii myös käytännössä. Kuvassa 2 havainnollistetaan PDCA sykli.

1. Plan – Tässä vaiheessa määritellään ongelma ja se mitä halutaan saavuttaa. Lisäksi ilmoitetaan kuinka haluttuun tilaan päästään. Käytännössä tämä plan onkin yleensä PDCA:n eniten aikaa vievä vaihe.
2. Do – Tässä vaiheessa suunniteltu prosessi otetaan käyttöön. Kyseessä voi olla esimerkiksi layout-muutos tai kokonaan uuden tuotteen valmistus.
3. Check – Tässä vaiheessa tarkistetaan, osoittautuiko prosessiin tehty muutos parannukseksi ja saavutettiin kaikki sille asetetut tavoitteet.
4. Act – Jos haluttua päämäärää ei check-vaiheen tarkistelun perusteella saavutettu, tehdään tässä vaiheessa suunnitelma, kuinka prosessissa havaituista ongelmista päästään eroon. (The Key to Lean – Plan, Do, Check, Act. 2016.)



Kuva 3 PDCA sykli (The Key to Lean – Plan, Do, Check, Act. 2016.)

4 Valmistavan yrityksen tuotanto

Tuotannolla tarkoitetaan toimintoa, jolla yrityksen valmistama tuote saadaan markkinoille. Tuotanto ei näin ollen ole pelkästään valmistavaa vaan se kattaa myös kaikki toiminnot, jotka ovat tarpeellisia tuotteen markkinoille saattamiseksi. Tällaisen tuotannon laaja määrittely helpottaa kokonaisuuden ymmärtämistä ja sen hallitsemista. Toiminnan johtaminen on merkittävä osa tuotantoprosessia, koska sillä pyritään ratkaisemaan tuotannon ongelmia ja aikaansaamaan kehitystä. Laaja-alainen osaaminen on myös tärkeää, koska siten voidaan lisätä tuottavuutta. Yrityksen tuotantomuoto määräytyy tuotteen valmistusmäärien, rakenteen ja valmistustekniikan perusteella. Tuotteet jaotellaan joko vakio- tai tilaustuotteiksi. Tilaustuotteessa asiakkaalla on mahdollisuus vaikuttaa sen rakenteeseen, kun taas vakiotuote pysyy lähes samanlaisena pitkiä aikoja. (Haverila ym. 2009: 350–353.)

4.1 Tuotantomuodot

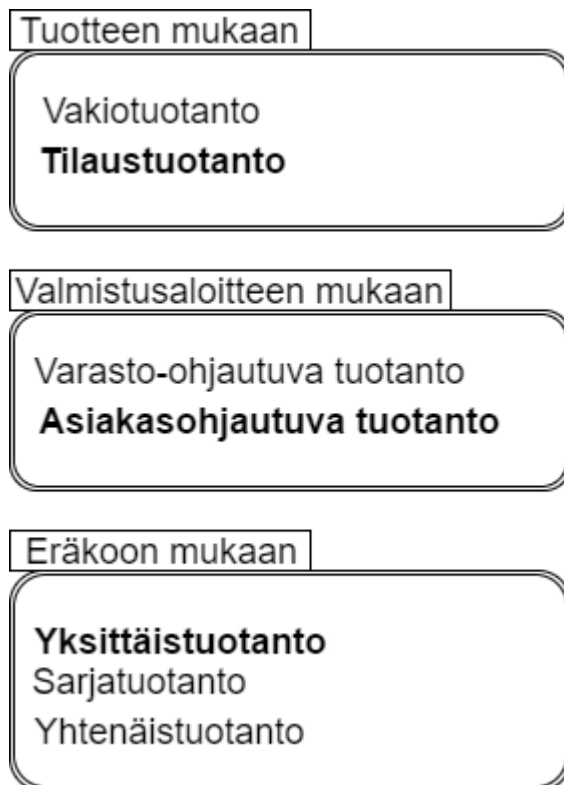
Yritys ei voi valita tuotantomuotoaan täysin vapaasti. Sen valintaan vaikuttavat muun muassa tuotteen valmistusmäärä, rakenne, valmistustapa ja jakelutiet. Valittu tuotantomuoto määrittelee puolestaan tuotantojärjestelmän, toiminnan johtamisen ja toiminnan ohjauksen periaatteet. Tuotantoprosessi perustuu harvoin vain yhteen tuotantomuotoon, sillä tuotteen eri valmistusvaiheissa tuotantomuoto voi vaihdella. Kuvaan 4 on määritelty kohteena olevan tuotantolinjan tuotantomuodot.

Kuten edellä on mainittu, tuotteet jaotellaan joko tilaus- tai vakiotuotteiksi. Tilaustuotteissa tuotteen lopullinen rakenne määräytyy asiakkaan tilauksen perusteella. Asiakas voi näin ollen vaikuttaa tuotteen rakenteeseen ainakin osittain. Vakiotuotteen rakenne sen sijaan pysyy samanlaisena pitkiä aikoja, eikä asiakkaalla ole mahdollisuutta vaikuttaa siihen.

Valmistusaloitteen pohjalta tuotanto määritellään joko varasto- tai asiakasohjautuvaksi. Varasto-ohjautuvat tuotteet ovat yleensä vakiotuotteita. Vakiotuote voi kuitenkin olla myös asiakasohjautuva, jos tuotteen valmistusaika on lyhyempi, kuin aika jonka asiakas on valmis odottamaan. Varasto-ohjautuvassa tuotannossa valmistuksen aloitus riippuu varastojen täydennystarpeesta. Asiakasohjautuvassa tuotannossa valmistusaloite saa puolestaan alkunsa asiakkaan tilauksesta.

Tilaustuotteet ovat yleensä asiakasohjautuvia ainakin silloin, kun tuotteen rakenne määritellään vasta tilausvaiheessa. (Haverila ym. 2009: 353–354.)

Erillistuotannolla tarkoitetaan tuotantoa, jonka lopputuotteet kootaan useista erikseen valmistettavista tuotteista. Erillistuotannon kaltaisessa ratkaisussa tarvitaan usein enemmän työntekijöitä kuin koneita, ja resurssit jaetaan usein erillisiksi osastoiksi. Tällaisilla osastoilla on kaikki tarvittava oman työvaiheensa suorittamiseksi. Kun työ suoritetaan useissa osastoissa, keskeneräisiä tuotteita joudutaan liikuttelemaan osastolta toiselle. (Leone G. 2002: 23.)



Kuva 4. Yrityksen tuotantomuodot. Tässä työssä tarkasteltavan tuotantolinjan tuotantomuodot ovat lihavoituina.

Tuotteen eräkoon mukainen tuotanto on joko yksittäis-, sarja-, tai yhtenäistuotantoa. Yksittäistuotantona valmistettu tuote, on yleensä erilainen kuin sitä ennen tai sen jälkeen valmistettavat tuotteet. Pienen menekin omaavat tuotteet, joita ei voida tai ei kannata varastoida valmistetaan usein asiakasohjautuvina yksittäiskappaleina. Sarjatuotannolla pyritään nostamaan tuotannon tehokkuutta valmistamalla kokonainen erä kerrallaan.

Samaa tuotantokoneistoa yritetään sarjatuotannossa käyttää useiden erilaisten tuotteiden valmistamiseen. Tuotteen vaihdosta aiheutuu kustannuksia, joita koetetaan kompensoida sarjakokoja kasvattamalla. Yhtenäistuotanto tarkoittaa massatuotantoa, jolloin samanlaisia tuotteita valmistetaan pitkiä aikoja ja suuria määriä. Se edellyttää suurta menekkiä. Tällöinkin samalla tuotantolinjalla voidaan valmistaa useita erilaisia tuotteita, mutta vain yhtä kerrallaan. (Haverila ym. 2009: 354–355.)

4.2 Kilpailutekijät

Jokainen yritys yrittää kohentaa koko ajan kilpailukykyään ja tehdä voittoa. Koska menestymisen edellytyksenä ovat kannattavat kaupat asiakkaan vaatimukset tuotteen laadun, toimituksen ja muunneltavuuden suhteen ovat äärimmäisen tärkeitä. Sen vuoksi yritysten pitää keskittyä kaikkien näiden osa-alueiden kehittämiseen unohtamatta tuotteen hinnan merkitystään. (Leone G. 2002: 11–13.)

Laadunhallinnan tärkein tavoite on varmistaa, että asiakkaiden koko ajan kasvavat vaatimukset voidaan täyttää. Sen vuoksi se on tärkeä osa tuloksellista johtamistyötä. ISO 9001-standardi määrittelee laadunhallinnan tavoitteet seuraavasti:

- Asiakkaan odotukset ymmärretään ja ne toteutetaan.
- Yrityksen omissa tavoitteissa näkyy asiakaslähtöisyys.
- Asiakkaan tyytyväisyyttä mitataan ja siihen reagoidaan.

Asiakas voi joskus olla tuotteen tai palvelun laadusta eri mieltä kuin sen toimittaja. Silti suoraan ei voi sanoa, että asiakkaan tyytyväisyys kasvaisi tuotteen tai palvelun vikojen vähentyessä. Asiakas on tällöin vain vähemmän tyytymätön. (ISO 9001 ja laadunhallinnan periaatteista. 2016.)

5 Materiaalinhallinta ja varastointi

Materiaalinhallinnan ja varastoinnin tulee tukea tuotantoa siten, että tuotannossa syntyvät materiaalipuutteet jäävät mahdollisimman vähäisiksi. Toisaalta tuotantoon ei saa toimittaa liikaa materiaaleja. Aikataulutus on näin ollen tärkeää. Materiaalien liiallinen varastoiminen voi olla jopa kohtalokasta, sillä revisiomuutokset tai tuotteen vanheneminen voivat aiheuttaa suuria tappioita.

Materiaalinhallinta on yrityksen kaikkien materiaalien hallintaa, ja se sisältää myös varastoinnin ja jakelun. Tiedonsiirtomahdollisuuksien paraneminen on auttanut kehittämään tilaus-toimitusprosesseja ja helpottanut näin myös materiaalinhallintaa ja -ohjausta. Materiaalinhallinnan tavoitteena on ylläpitää palvelutasoa, joten sen tulee ottaa huomioon materiaalien ja tuotteiden saatavuus sekä toimitusajat. Myös kokonaiskustannusten minimointi on tärkeää. Tällöin on otettava huomioon kuljetukset ja työn arvo, unohtamatta mahdollisia huonon laadun aiheuttamia ongelmia. Kokonaiskustannusten minimointi onkin usein todella haastavaa. Varastoja pienentämällä voidaan saada aikaan säästöjä, mutta toisaalta materiaalipuutteista lisääntyvät hankintakerrat ja pienemmät hankintaerät kasvattavat kustannuksia. (Haverila ym. 2009: 443–444.)

Useimmat yritykset ulkoistavat raaka-aineidensa hankinnat alihankkijoilleen. Jälkimmäisten toimituskykyyn on tällöin kiinnitettävä erityistä huomiota. Alihankkijan on kyettävä toimittamaan hyvälaatuisia materiaaleja ja ajallaan. Tällaisen kyvyn todistaminen on olennaista, jotta yritykselle ei koidu ongelmia alihankkijan vuoksi. Kanban-järjestelmän käyttö on kätevä tapa vähentää turhaa työtä. Alihankkijan vastaanottama tyhjä kanban-laatikko tai -kortti on tällöin riittävä merkki siitä, että täydennystä tarvitaan. Näin ostosaston ei tarvitse pyytää alihankkijalta erikseen lisää materiaaleja eikä käyttää niihin aikaansa. Alihankkija tarvitsee aina ennusteen materiaalien tulevasta kulutuksesta, jotta se voi valmistaa materiaalit ajallaan ja pystyy joustavasti vastaamaan tehtaan vaatimuksiin. (Leone ym. 2002: 169–156.)

Lähes jokainen yritys tarvitsee varastoja. Usein niihin sidotaan paljon pääomaa ja se aiheuttaa ongelmia materiaalin vanhetessa tai revision muuttuessa. Varastoja vähennettäessä on kuitenkin hyvä ottaa huomioon palvelutason ylläpitäminen. Varastoinnin lisäksi palvelutasoa voidaan parantaa ennustamalla materiaalien tarvetta ja kehittämällä yhteistyötä asiakkaiden ja tavarantoimittajien kanssa. (Haverila ym. 2009: 445.)

Puskurivarastoinnin avulla varmistetaan toimituskyvyn jatkuva ylläpitäminen. Asiakkaan toimitusaikavaatimus on usein lyhyempi kuin aika, joka tarvittaisiin materiaalien hankintaan ja tuotteen valmistamiseen. Puskurivarastoilla voidaan myös tasoittaa menekkien vaihtelua. Sen vuoksi ne mitoitetaan usein palvelutason perusteella. Tällä aikaansaadään toimitusaikavaatimusten täytyminen ja joskus vähennetään suurempaa varastoinnin tarvetta. Välivarastoja käytetään työvaiheiden toisiinsa liittämiseen, ja niiden koot riippuvat eri työvaiheiden ja tuotetyyppien määristä. Välivarastoista olisi oikeastaan hyvä pyrkiä eroon, sillä ne lisäävät virheiden määriä ja pidentävät läpimenoaikoja. Huonon laadun aiheuttamia varastoja tarvitaan rajaamaan laatuongelma pois tuotannon varastoista. Kun huonolaatuiset materiaalit kootaan yhteen paikkaan, vältetään isommat ongelmat. Tällaiset varastot tulee käydä läpi mahdollisimman nopeasti, jottei suurempia ongelmia pääse syntymään ja, jotta keksitään paras tapa laatuongelman poistamiseksi niin pian kuin mahdollista. (Haverila ym. 2009: 446–447.)

6 Layout-suunnittelu

Layout-suunnittelu tarkoittaa tuotantolinjan eri osien sijoittelua. Siinä määritetään työn vaatimien resurssien kuten laitteiden, työkalujen, materiaalien ja asennustöiden paikat tuotantoprosessissa. Tavoitteena on varmistaa, että tuotanto on mahdollisimman turvallista, edullista ja tehokasta. Suunnittelussa tulee olla huolellinen, jotta työn tulos vastaisi tuotannon vaatimuksia. Tuottavuuden hallinta ja suunnittelu tähtäävät resurssien ja asiakkaiden tyytyväisyyden maksimoimiseen. Hyvin toteutettu layout voi auttaa vähentämään materiaalien siirtelyä ja parantamaan tuotannon hallittavuutta. Yleisesti voidaan sanoa, että layout-suunnittelun tärkein päämäärä on vähentää ylimääräisiä kuljetuksia niin paljon kuin mahdollista. Silti se ei saa olla itseisarvo, vaan layoutia suunniteltaessa on otettava huomioon myös muita tekijöitä kuten esimerkiksi läpimenoajat, työolosuhteet ja laatu. Layout-suunnittelussa huomioon otettavat asiat:

- sujuva materiaalien virtaus työpisteiden välillä
- työn helppo johdettavuus
- tuotannon laajennettavuus tulevaisuudessa
- riittävät työskentelytilat
- tilojen hyödyntäminen.

(Re-engineering Assembly line with Lean Techniques. 2016; Improvement Printing Industry Plant layout for Effective Production. 2011; Improving the layout of recycling centres by use of lean production principles. 2011.)

Layout-suunnittelua tarvitaan esimerkiksi silloin, kun prosesseja päivitetään, linjoille halutaan tehdä parannuksia tai tuotantolinjalla havaitaan erityisiä pullonkauloja. Joka tapauksessa, olipa syy mikä tahansa, layout-muutokset vaativat perehtymistä kohteeseen ja sen prosesseihin. Kaikkein tärkeintä on kuitenkin ymmärtää, miten yrityksen tuotanto toimii, missä järjestyksessä työvaiheet suoritetaan ja millaisia materiaaleja kukin työvaihe vaatii. On myös pidettävä huolta siitä, ettei pullonkauloja, viivästyksiä, jonoja tai muita hukkia pääse syntymään.

Otettaessa suunnitelmaa käyttöön se kannattaa toteuttaa vaiheittain. Sillä tavoin vältetään ikäviltä yllätyksiltä ja nähdään tulokset nopeasti. Lisäksi muutostöiden vaiheistaminen auttaa hyödyntämään opittua ja välttämään mahdollisesti tehtyjen virheiden toistuminen käyttöönoton myöhäisemmissä vaiheissa.

Valmistettavien tuotteiden ominaisuudet ja niiden tekotavat on myös otettava huomioon tuotantolinjaa suunniteltaessa, joten linjalla valmistettavat tuotteet pitää määritellä ensimmäisenä. Jos suunnitellaan linja, jolla valmistetaan useita eri tuotteita, täytyy selvittää myös se, minkä mallinen tuotantolinjasta tehdään ja kannattaako kaikkia aiottuja tuotteita sillä edes valmistaa. Myös siirtymiset valmistusprosessista toiseen on pyrittävä ennakoimaan jo suunnittelun yhteydessä. Erityisesti on huomattava, että vaikka linja olisi suunniteltu ennen kaikkea suuren menekin omaavia tuotteita silmällä pitäen sillä voidaan usein valmistaa myös muita tuotteita, jos layout-suunnittelussa on muistettu ottaa niiden valmistustavat huomioon. Yhteenvetona voidaan todeta, että hyvin suunniteltu tuotantolinja on rakenteeltaan niin joustava, että se mukautuu asiakkaiden kaikkiin ajateltavissa oleviin tarpeisiin ja toiveisiin niin hyvin kuin suinkin mahdollista. (Leone ym. 2002: 39–40, 59.)

Layout-suunnittelussa on otettava huomioon myös tuotantomäärät ja tahtiaika. Sekä tuotantomäärän maksimi, että työn suhteellinen määrä voidaan laskea. Laskemiseen tarvitaan tieto siitä, kuinka monta työtuntia on käytössä ja kuinka kauan kunkin työvaiheen tekeminen kestää. Laskuissa tulee ottaa myös huomioon, ettei työntekijä työskentele koko ajan töissä ollessaan. Laskelmat perustuvat aina arvioihin ja onkin vaikeaa sanoa, kuinka suuren osan ajasta työntekijä päivittäin keskimäärin työskentelee. Tähän vaikuttavat monet sellaiset asiat kuten työkuorma, tauot ja mahdolliset muut tehtävät, joita ovat esimerkiksi palaverit, jatkuva parantaminen ja työpisteen siisteydestä huolehtiminen. Tahtiaika eli suunniteltu tuotantomäärä ilmoittaa, kuinka monta tuotetta linjalta valmistuu päivän aikana. Tahtiaika lasketaan kaavalla:

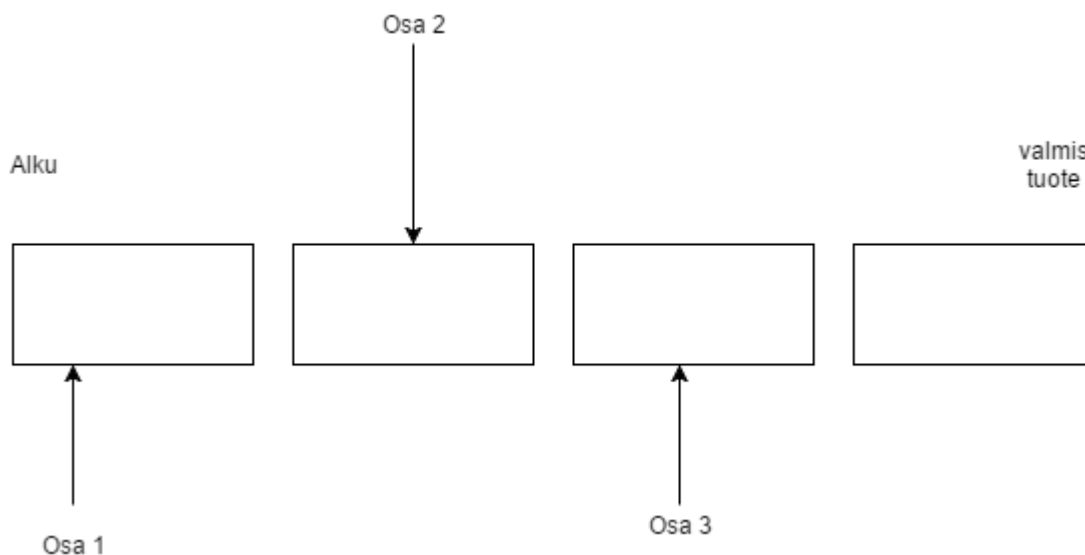
$$\frac{\text{Päivän aikana käytettävissä olevat minuutit}}{\text{Vaadittu suoritusteho}} = \text{Tahtiaika}$$

Jos tahtiaika eli päivän aikana valmistettavien tuotteiden määrä muutetaan halutun suuruiseksi ja se kerrotaan suoritusteholla, saadaan kaavan mukaisesti tulokseksi päivän aikana tarvittavien työminuuttien määrä.

Siitä voidaan jälkeen päätellä, miten monta työntekijää linjalle on siirrettävä. Tulos on kuitenkin vain suuntaa antava, sillä työntekijöiden päivittäistä työaikaa ei aina kannata jakaa usealle eri linjalle ja joskus tuottavuus ei kasva, ellei työntekijöitä lisätä esimerkiksi kaksi kerrallaan. Tekijöiden lisäys edellyttää myös, että osaavia tekijöitä on saatavilla, linjalla on heille tilaa ja työkaluja, eikä tarvittavista materiaaleista ole puutetta. (Leone ym. 2002: 62–65.)

6.1 Tuotantolinja

Tuotantolinjalla tehdään kerrallaan yhtä tuotetta. Koska linjan työnkulku on tällöin selkeä, tuotannonohjaus helpottuu oleellisesti. Kuvaan 5 on mallinnettu karkea kuva yhdestä tuotantolinjasta ja sen toiminnoista, jotka on järjestetty valmistettavan tuotteen tulokulun mukaiseen järjestykseen. Koska tuotantolinjalla tähdätään aina korkeaan tuottavuuteen, linjan kapasiteettia pyritään lisäämään. Se voi kuitenkin olla haastavaa, ellei samalla tehdä tuottavuutta lisääviä muutoksia. Tuotantolinjalla tuotteen vaihtaminen on hidasta pitkästä asetusajasta johtuen. Tuotantolinjoilla pyritään suuriin tuotemääriin, jolloin muun muassa yksikköhinnat alenevat. Tuotantolinja on myös hyvin altis erilaisille häiriöille. Tällaiset häiriöt voivat näkyä tuottavuuden laskuna tai valmiit tuotteet voivat olla jopa viallisia, mikä myös puolestaan vaikuttaa tuottavuuteen. Näiden ongelmien välttämiseksi hyvin toimiva tuotteiden laadunvalvonta on ratkaisevan tärkeää, sillä sen avulla häiriöiden aiheuttamat haitat voidaan poistaa mahdollisimman varhain ja usein jopa ennaltaehkäistä kokonaan. (Haverila ym. 2009: 475.)



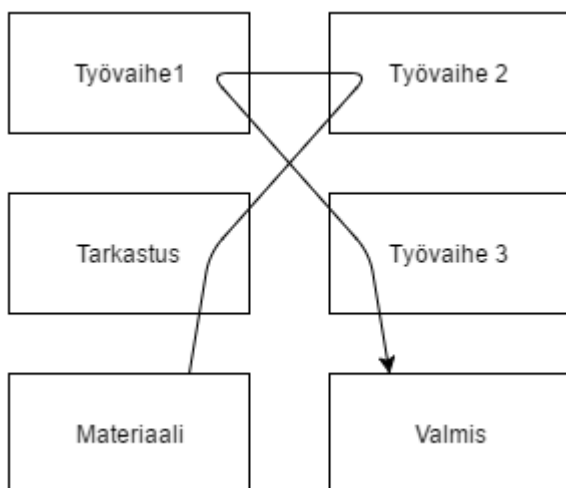
Kuva 5. Tuotantolinjalla työvaiheet on järjestetty työnkulun mukaiseen järjestykseen.

6.2 Funktionaalinen layout

Funktionaalisisessa layoutissa työvaiheet ja koneet ryhmitellään työvaiheiden samankaltaisuuden perusteella. Kuvassa 6 on havainnollistettu työn kulkua funktionaalisisessa layoutissa. Tällöin tuotantomäärien vaihtelut voivat olla suuria, sillä samoilla tuotantokoneilla voidaan valmistaa useita eri tuotteita.

Poikkeava työnkulku vaikeuttaa automaation käyttämistä materiaalien käsittelyssä ja viimeksi mainittuja joudutaankin usein siirtelemään käsin paikasta toiseen. Tällainen automaation hyödyntämisen puute aiheuttaa kustannusten nousua. Myös työn ohjaus on haastavampaa kuin tavanomaisella tuotantolinjalla, joten työjonot saattavat pidentyä ja keskeneräisen tuotannon määrä lisääntyy. Lisäksi tuotteiden valmistaminen useassa eri paikassa lisää välivarastoinnin tarvetta ja hankaloittaa laadun seuranta.

Funktionaalisen layoutin toteuttaminen on yleensä halvempaa ja helpompaa, eikä kapasiteetin lisääminenkään ole niin haastavaa kuin tavanomaista tuotantolinjaa käytettäessä. Tuottavuusluvut eivät kuitenkaan ole yleensä yhtä hyviä kuin esimerkiksi tuotantolinjalla. (Haverila ym. 2009: 476.)



Kuva 6. Funktionaalisessa layoutissa työvaiheet on koottu saman kaltaisista töistä.

6.3 Solulayout

Solulayout syntyy tuotantolinjan ja funktionaalisen layoutin yhdistelmänä. Siinä muodostetaan erillisiä linjoja muistuttavia ryhmiä tiettyjen osien valmistamiseen. Kuvassa 6 on kuvattu, kuinka materiaalit muuttuvat valmiiksi tuotteiksi solulayoutissa. Soluissa osien läpimenoaika on lyhyempi kuin funktionaalisessa layoutissa.

Solulayoutin materiaalivirta on selkeämpi kuin funktionaalisessa layoutissa, eikä välivarastoja synny. Siinä suunniteltujen osien valmistaminen on joustavaa, eikä osien vaihdon välillä ole suuria asetusajkojen aiheuttamia eroja. Solulayout on joustavampi kuin tuotantolinja ja nopeampi kuin funktionaalinen layout.

Tuotannonohjaus solulayoutissa on helppoa, sillä kukin osa valmistetaan omassa paikassaan. Tämä puolestaan helpottaa laadun valvontaa. Tuotemäärien perusteella voidaan valita yritykselle kulloinkin parhaiten sopiva layout. Funktionaalinen layout sopii erityisesti yritykselle, joka tuottaa paljon eri tuotteita, mutta tuotantomäärät ovat pieniä. Solulayout soveltuu sen sijaan yritykselle, joka valmistaa samanlaisia tuotteita paljon, mutta ei kuitenkaan niin suuria määriä, että tuotantolinjan muodostaminen olisi kannattavaa. (Haverila ym. 2009: 478–479.)



Kuva 7. Solulayoutissa työntekijä saattaa tehdä useampia työvaiheita.

7 Tutkimusmenetelmät

Tässä insinööriyössä on käytetty kvalitatiivista eli laadullista tutkimusmenetelmää, koska suurin osa työstä on tehty havainnoimalla olemassa olevia tietoja ja kohteena olevaa tuotantolinjaa. Raporttia varten on kerätty tietoa myös materiaalinhallinnasta ja tuotannon nykyisestä layout-suunnitelmasta. Esimerkkeinä omista havainnoista mainittakoon ongelmat materiaalien virtauksissa, nykyisen layoutin heikkoudet ja huonon laadun aiheuttamat ongelmat.

Kvalitatiivinen tutkimus soveltuu hyvin tuotantoympäristöön, jossa ollaan tekemisissä ihmisten kanssa. Se voidaan kiteyttää kolmeen pääosaan:

1. Tietoja kerätään haastatteluin ja havainnoimalla.
2. Tehdään hankittujen tietojen analysointia ja tulkintaa, jolloin löydösten ja teorioiden antamat tiedot täydentyvät ja täsmentyvät.
3. Laaditaan työntuloksista kirjallinen ja/tai suullinen raportti yhteenvetoinen.

Pääosa nyt käsillä olevan tutkimuskohteen tiedoista on kerätty havainnoimalla. Haastatteluilla on pyritty lähinnä tuotannollisten ongelmien ymmärtämiseen, mikä puolestaan on helpottanut ongelmien havainnointia. Havainnointia on tehty kuuntelemalla ihmisten mielipiteitä ja seuraamalla heidän työntekoaan. Näin on löydetty asioita, joita ei voi löytää pelkästään haastatteleamalla. Esimerkkejä tällaisista ovat muun muassa työntekijöiden käyttäytyminen ja asenteiden vaikutusten arviointi sekä oman näkemyksen selventäminen ja tarkentaminen.

(Räsänen 2014.)

8 Kohteena olevan tuotantolinjan nykytila-analyysi

Suurin osa tarkasteltavan tuotantolinjan tuottamista laitteista on teholuokaltaan 275–600 kVA. Syynä niiden suurempaan määrään on se, että niiden läpimenoaika on vain noin puolet teholuokaltaan 825–1200kVA olevien laitteiden läpimenoajoista.

8.1 Kohteena olevan tuotantolinjan pääprosessi

Kohteena olevalla tuotantolinjalla valmistetaan UPS-järjestelmiä asiakkaan tilauksesta. Laitteisiin on liitettävissä erilaisia optioita, jotka vaikuttavat joko toiminnallisuuteen tai ulkonäköön. Koska asiakas voi itse valita mitä optioita hän tilaamaansa laitteeseen haluaa, kyseessä on asiakasräätälöity tuote. Mainittujen optioiden lisäksi laite voidaan tarvittaessa räätälöidä asiakkaan toiveiden mukaisesti muutoinkin. Yrityksen kyky ottaa asiakkaiden yksilölliset vaatimukset huomioon toimituksissaan onkin niin tärkeä asia kilpailukyvyyn kannalta, että sitä ei missään nimessä haluta vaarantaa. Taulukkoon 1 on havainnollistettu kokoonpanovaiheiden poikkeavuudet.

Taulukko 1. Tarkennus kohteena olevalla tuotantolinjalla valmistettävien laitteiden eroavuuksiin.

	Kokoonpanovaihe A	Kokoonpanovaihe B
Fyysinen koko	1000–2000 mm	3000–5000 mm
Teholuokka	275–600 kVA	825–1200 kVA
Rakenteellinen ero	Yksi osa	Kaksi tai kolme osaa

Tarkasteltavalla tuotantolinjalla valmistetaan tehtaan suurimmat UPS-järjestelmät. Ne vaihtelevat pituudeltaan yhdestä viiteen metriin ja niiden tehot ovat 275–1200 kVA:n välillä. Pääprosessi koostuu yhteensä kolmesta eri vaiheesta.

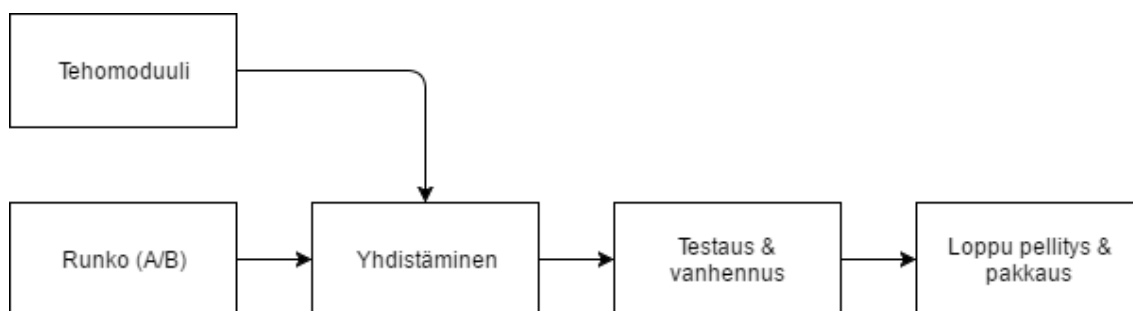
Kokoonpanovaiheessa A rakennetaan sekä fyysiseltä kooltaan, että teholuokaltaan pienempää runkokokoa sillä tavoin, että laite koostuu vain yhdestä osasta. Vaiheessa B rakennetaan vastaavasti teholuokaltaan ja kooltaan suurempia järjestelmiä, jolloin laitteen toiminnallinen yksikkö koostuu kahdesta tai jopa kolmesta osasta. Järjestelmien ohjausyksikkö on sijoitettu laitteen runkoon.

Rungon valmistuksesta seuraava työvaihe tuottaa tehomodouleja. Kokoonpanovaiheessa A tehtyyn runkoon asennetaan 1–2 tehomodouulia, kun sitä vastoin vaiheessa B valmistettuun runkoon, niitä sijoitetaan 3–4 kappaletta. Tehomodouulien määrä ratkaisee laitteen teholuokan. Tehomodouulit ovat tehollisarvoltaan 275 tai 300 kVA. Viimeisessä työvaiheessa laitteet testataan ja vanhennetaan.

Tuotantolinjan nykytilaa on arvioitu tutkimalla sen rakennetta ja materiaaleja. Sillä tavoin on etsitty kehityskohteita ja ennen kaikkea tapoja säästää tilaa. Materiaaleihin ja niiden saatavuuteen on kiinnitetty erityistä huomiota, sillä suuret ja optimoidut laitteet vaativat monenlaisia materiaaleja. Myöskin valmiiden tuotteiden siirtoa asiakkaiden tiloihin olisi pyrittävä nopeuttamaan, sillä nykyisin valmislaitealue on usein hyvin ruuhkainen.

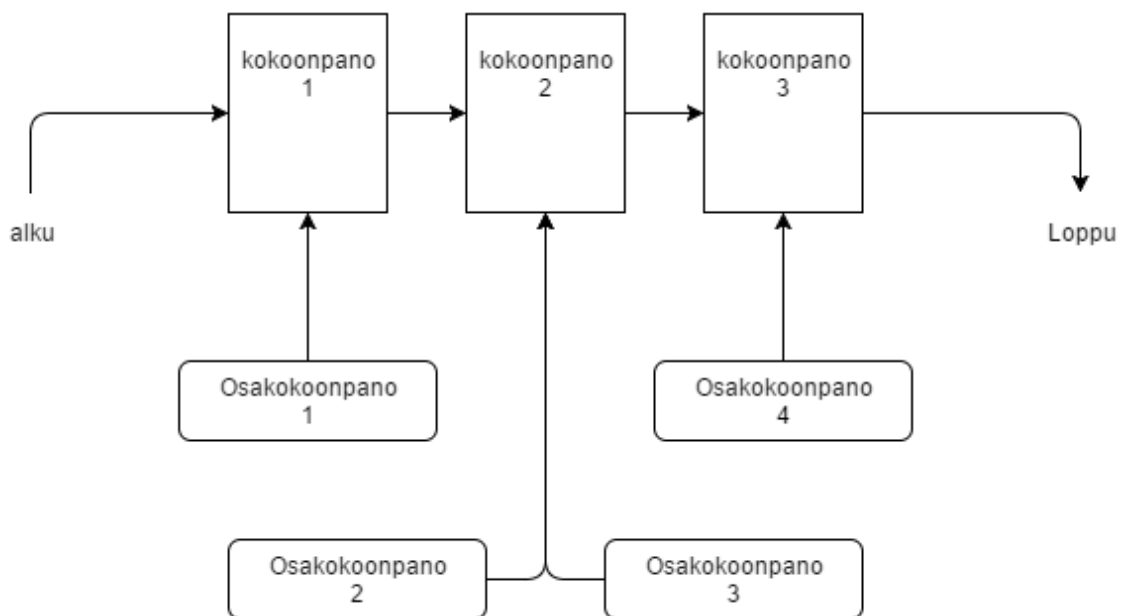
8.2 Laitteen läpikulku kohdeyrityksen tuotantolinjalla

UPS-laitteen valmistaminen tapahtuu aina asiakkaan tilauksesta. Kun tilaus on kirjattu järjestelmään, työnjohto osoittaa sen tuotantolinjalle. Yhden laitteen läpimenoaika vairoit optioista riippuen parista päivästä viikkoon. Kuvassa 8 on havainnollistettu tässä luvussa käsiteltävä laitteen läpikulku.



Kuva 8. Laitteen läpikulku kohteena olevalla tuotantolinjalla.

UPS-järjestelmien runkojen valmistus on jaettu kahteen eri vaiheeseen, koska rungot poikkeavat toisistaan ja niiden läpimenoajat ovat eripituisia. Kokoonpanovaihe A koostuu kolmesta työvaiheesta, joita tukee viisi osakokoonpanoa. Työvaiheet ovat tasapainotettu niin, että kokoonpanovaihe A kykenee tuottamaan mahdollisimman monta runkoa päivässä. Työvaiheiden miehitystä muuttamalla voidaan, joko nopeuttaa tai hidastaa runkojen valmistumista. Kokoonpanovaihe B koostuu vaiheen A tavoin kolmesta työvaiheesta ja myös sillä on viisi osakokoonpanoa. Osakokoonpanot ovat kummassakin kokoonpanovaiheessa erilaiset, sillä valmistettavien runkojen rakenteet poikkeavat toisistaan. Kuvaan 9 on havainnollistettu kokoonpanovaiheen prosessi.



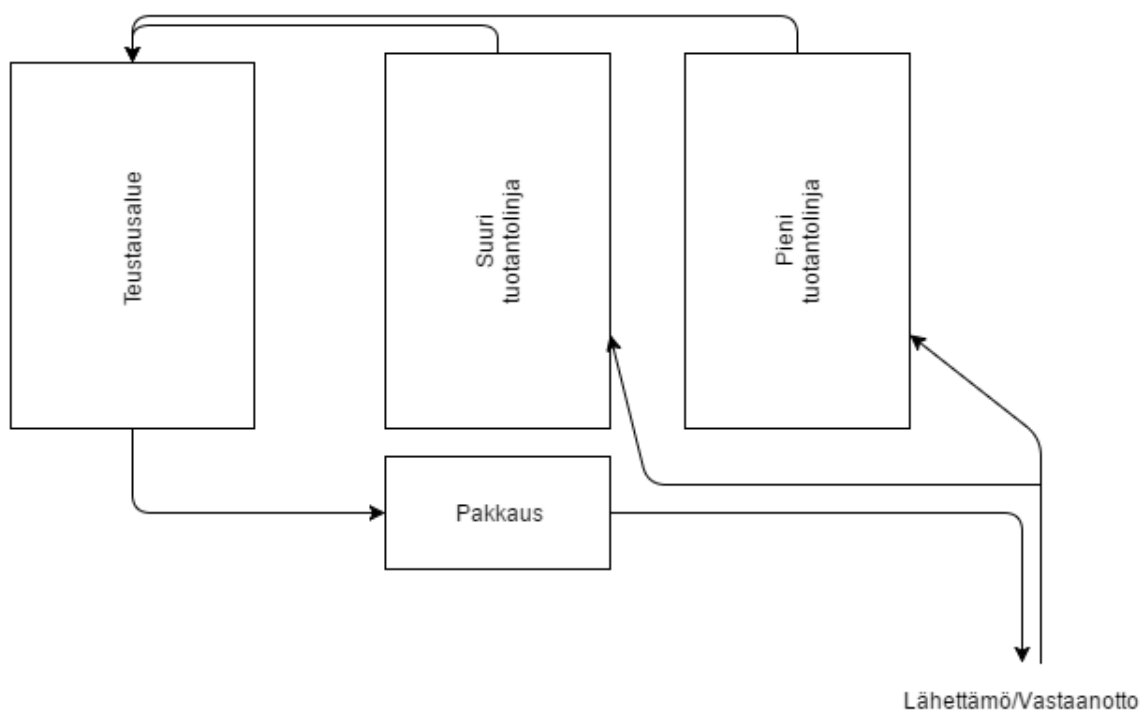
Kuva 9. Esimerkki tuotantolinjasta Eatonilla

Yhdistämisvaiheessa tehomoduli asennetaan joko runkoon A tai B, minkä jälkeen laite siirtyy testaukseen. Testaaja kytkee laitteen testikentälle ja käynnistää automatisoidun testin, jolla varmistetaan laitteen toimivuus. Kun testi on suoritettu onnistuneesti, laite vanhennetaan yön aikana. Sen tarkoitus on varmistaa, ettei laitteessa ole sellaisia piileviä vikoja, joita ei ole havaittu testauksessa. Vanhennuksen aikana laite on käynnissä ja kierrättää sähköä verkosta laitteen läpi takaisin verkkoon. Testauksen ja vanhennuksen jälkeen laite siirtyy pellityksen viimeistelyyn. Lopuksi se pakataan ja siirretään lähettämöön odottamaan noutoa.

8.3 Materiaalinhjaus

Materiaalinhjaus tapahtuu pääasiassa kanban-ohjausta ja kotiinkutsuja käyttäen. Sitä on helpotettu monin tavoin, kuten esimerkiksi kanban-tracker-ohjelman käyttöön otolla. Varastointiin käytetään tehtaan omaa varastoa, mutta myös kolmannen osapuolen varastoja hyödynnetään. Varastoitavien nimikkeiden määrä on suuri, useista optioista ja poikkeavista laiterakenteista johtuen, joten myös tilaa tarvitaan paljon.

Tässä yhteydessä kanban viittaa laatikoihin, joihin kootaan sen kyljessä olevassa kortissa luetellut materiaalit. Suurinta osaa tuotantolinjalla olevista materiaaleista liikutellaan kanbaneissa. Aina sellaisen tyhjentyessä se toimitetaan alihankkijalle, joka täydentää sen kanban-kortin mukaisesti. Sen jälkeen, se toimitetaan takaisin tehtaalle tuotantolinjan käyttöön. Kuvassa 10 on esitetty materiaalien kulku ja laitteen valmistuminen tuotantolinjalla.



Kuva 10. Materiaalien ja laitteen kuku tuotantolinjalla.

Edellä mainittu kanban-tracker on ohjelma, joka seuraa ja tilastoi kanban-laatikoiden liikkeitä tehtaalta alihankkijoille ja sieltä takaisin. Se kerää omaan tietokantaansa alihankkijan keskimääräiset toimitusajat ja kanbanien tekemät kierrokset. Myös kaikkien kanbanien sisältämien materiaalien ominaisuuksiin yms. liittyvät tiedot ovat kanban-trackerin

tiedostoissa. Ohjelman tulostama kanban-informaatio helpottaa oleellisesti kanban-laatikoiden kokojen ja niihin kerättävien materiaalimäärien suunnittelua.

Taulukko 2. Informaatiota kanban-trackeristä.

Kanban	Koko	Laitetta/Kanban	KA Kierros (päivää)	Kierrokset (kpl)	Kierrossa
K041	euro	6	51	15	3
K042	euro	6	55	14	3
K043	euro	6	68	12	4
K044	euro	6	49	12	3
K047	euro	5	72	6	3
K106	euro	5	91	6	2
K108	euro	5	35	16	3
K109	euro	5	26	20	2
K110	fin	5	43	11	2
K112	euro	6	47	10	2
K117	euro	5	41	11	2
K284	fin	15	77	6	2
K285	euro	5	50	12	3

Taulukossa 2 on esimerkki kanban-trackerin keräämästä informaatiosta. KA Kierros (päivää) kuvaa kanbanin kierrosajan siitä hetkestä, kun kanban lähtee linjalta, siihen hetkeen jolloin se palaa takaisin linjalle täytettynä. Kierrokset-sarake kertoo, kuinka monta kierrosta kanban on tehnyt siihen mennessä vuoden aikana, ja Kierrossa-sarake ilmoittaa, miten monta identtistä kanbania on kiertämässä tehtaassa ja alihankkijan välillä. Koko-sarakkeessa on kerrottu kanban-laatikon fyysinen koko. Taulukossa lavakoot euro ja fin ovat yleisimmät Suomessa käytetyt lavatyypit.

Kanbanit mitoitetaan siten, että niihin kerätään vähän enemmän materiaaleja kuin tuotannon tarve edellyttää. Näin vältetään kausivaihteluiden aiheuttamilta ongelmilta. On myös tärkeää ottaa huomioon kanbanin luonnolliseen kiertoon menevä aika tehtaasta alihankkijalle ja takaisin. Liian suuriksi mitoitettujen kanbanien ongelmana on, että ne eivät kierrä optimaalisella tavalla, vaan kerääntyvät lähes poikkeuksetta tuotannon tiloihin.

Vaikka suurinta osaa tuotantolinjalla käytettävistä materiaaleista hallinnoidaan kanbanien avulla, osa kuuluu kotiinkutsuttaviin. Kotiinkutsulla tarkoitetaan materiaalin tilaamista alihankkijalta tai kolmannen osapuolen varastosta tehtaalle. Kotiinkutsut tapahtuvat linjalla toimivan materiaalikoordinaattorin tai tuotannon työnjohtajan toimesta.

Kaikki tällaiset materiaalit ovat joko kooltaan suuria tai niillä on hyvin pieni käyttöaste, ettei niitä ole kannattanut liittää kanbaneihin. Varsinkin silloin kun linjalla valmistettavien tuotteiden määrä on pieni ja lähes kaikki kanbanit ovat tehtaan tiloissa, niissä olevat suurikokoiset ja matalan käyttöasteen materiaalit veisivät aivan liian paljon tehtaan muun tuotannon tarvitsemasta tilasta.

8.4 Layoutin-nykytila

Koska layout-kuva kohdetuotantolinjasta oli osittain vanhentunut ja suuriakin muutoksia on tehty päivittämättä sitä, koko layout-kuva piti aluksi päivittää. Sitä tehtäessä huomattiin, että esimerkiksi osa hyllyistä, käytävistä ja linjoista oli muuttunut. Pelkästään nämä seikat olivat niin suuria, että layout-kuvan tutkiminen ilman päivittämistä olisi johtanut väärienlaisiin johtopäätöksiin ja ongelmiin työn edetessä. Liitteissä 1 ja 2 ovat tutkimusta varten päivitetty layout-kuvat tuotannon nykytilasta.

Päivitetty layout-kuva auttoi huomaamaan, missä ongelmakohdat ovat ja mitä kohtia ei ole hyödynnetty tilankäytön kannalta parhaalla mahdollisella tavalla. Nykyisen tuotantolinjan käytäviin ja varastoihin on käytetty merkittävästi tilaa, mikä on tuotannon joustavan toiminnan kannalta välttämätöntä. Ilman käytäviä materiaalien kuljettaminen tuotantolinjalle olisi haastavaa, eivätkä tämän hetkiset kanbanit mahtuisi tehtaalle ilman tehokasta varastointia. Myös tuotantolinjat ovat hyvin suuria ja tehokkuudeltaan kyseenalaisia. Niillä myös säilytetään materiaaleja yli tarpeen. Monet kanbaneista on kahdennettu, eli tuotantolinjalla on kaksi samat komponentit sisältävää laatikkoa. Tällainen ei ole tilankäytön kannalta optimaalista, sillä esimerkiksi hyllyihin sijoitettuina toiset kanbanin-laatikot säästävät huomattavasti tehtaan lattiatilaa. Materiaalikuljetusten ja varastoinnin lisäksi tuotantolinjalla on kohtia, jotka on hyödynnetty huonosti niin materiaalivirtausten kuin tilankäytönkin kannalta. Pelkästään nämä ongelmat poistamalla vapautetaan paljon tilaa muuhun käyttöön tuottavuuden siitä lainkaan kärsimättä.

Työpisteiden välille sijoitetuilla puskureilla yritetään minimoida ongelmatilanteissa syntyvien häiriöiden haittavaikutuksia. Esimerkiksi materiaalipuutteen aiheuttama työn keskeytyminen tai väärin kootun laitteen korjaaminen ei tällöin pysäytä koko kokoonpanovaihetta. Eri kokoonpanovaiheiden välillä olevien puskureiden haittapuolena on kuitenkin se, että kokoonpanossa tilantarve pahimmassa tapauksessa jopa kaksinkertaistuu.

Kokoonpanovaiheessa tarvittavien materiaalien ja puskureiden lisäksi linjan välittömään läheisyyteen on liitetty myös muita tuotantoa tukevia toimia. Esimerkkinä mainittakoon materiaalikoordinaattorin työpiste. Se on kokoonpanotyön kannalta hankalassa paikassa, mutta koordinaattorin omaa työtä tällainen sijainti helpottaa. Niin keskeiseltä paikalta hänen on helppo reagoida nopeasti mahdollisesti ilmeneviin materiaalipuutoksiin.

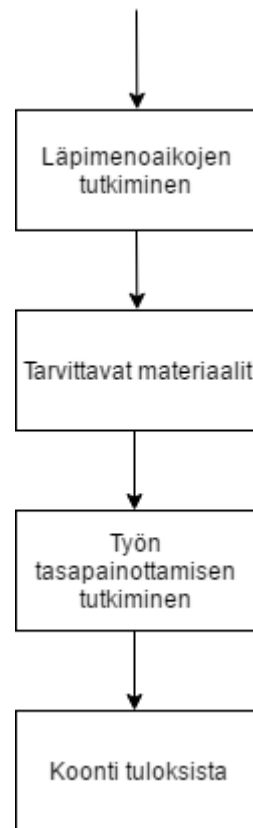
9 Tilansäästäminen

Tilansäästäminen tuotantolinjalla vaatii etenkin materiaalinhallinnan kehittämistä, sekä uusia ideoita ja muutoksia layoutiin. Tässä luvussa paneudutaan kahteen uuteen layout-vaihtoehtoon ja pohditaan uusia tapoja materiaalinohjauksen kehittämiseksi.

Marraskuun 2016 lopulla kokoontui tuotantotilan vapauttamista pohtiva työryhmä, johon osallistui myös kaksi henkilöä tehtaan organisaation ulkopuolelta. Tapahtuma kesti kolme päivää ja sen tuloksia käydään läpi tämän luvun seuraavissa kohdissa. Ensimmäinen työryhmän kehittelemä layout-suunnitelma perustuu kokoonpanovaiheiden A ja B yhdistämiseen. Toisessa tuotannon työntekijöiden ehdottamassa suunnitelmassa tilaa vapautettaisiin siirtämällä olemassa olevat kokoonpanovaiheet A ja B lähemmäksi toisiinsa ja yhdistämällä niiden osakokoonpanovaiheita. Molempien suunnitelmien toteutus vaatii suuria muutoksia materiaalinhallintaan ja tuotantolinjojen toimintatapoihin.

9.1 Kokoonpanovaiheiden A ja B yhdistäminen

Kokoonpanovaiheiden A ja B yhdistämistä lähdettiin tutkimaan vertailemalla läpimenoaikoja, tutkimalla tarvittavien materiaalien määriä ja sitä, millä tavoin yhdistäminen vaikuttaisi kokoonpanotöiden suoritukseen. Läpimenoaikoja tutkimalla saatiin melko nopeasti selville, että ainakin nykyiset tuotantomäärät ovat sellaisia, että ne eivät estä kokoonpanovaiheiden yhdistämistä. Kuvaan 13 on määritelty työssä esitellyn tutkimuksen kulku.



Kuva 11. Prosessi jolla tutkittiin kokoonpanovaiheiden yhdistämistä.

Sen vuoksi voitiin siirtyä tutkimaan, mitä materiaaleja mikäkin työpiste tarvitsi. Nykyisissä kokoonpanovaiheissa materiaaleja on yli 1.–2. päiväksi toisinkuin lean-tuotannossa tulisi olla. Kyseisistä materiaaleista laadittiin sitten karkea luonnos yhdelle isolle listalle, minkä jälkeen keskityttiin tasapainottamisiin. Jotta vaiheet A ja B voidaan yhdistää, myös osakokoonpanoja on yhdistettävä. Niissä olikin niin paljon samankaltaisuutta, että niiden määrää voitiin vähentää lähes puolella. Vaiheiden A ja B tasapainottamista tarkemmin tutkittaessa huomattiin, että vaiheen B tahtiaika oli joissain työvaiheissa lähes kaksinkertainen haluttuun verrattuna. Sen vuoksi niiden työt piti jakaa useampiin osiin, jotta tavoitteena ollut tahtiaika saavutettaisiin.

Kun kokoonpanovaiheiden A ja B yhdistämisen kannalta kaikki tarvittavat esitoimenpiteet oli suoritettu, laadittiin asiaan kuuluva layout-suunnitelma. Liitteessä 3 on kokoonpanovaiheiden yhdistämisestä luotu layout-kuva. Siihen koottiin materiaalit sekä kaikki kokoonpanovaiheiden ja osakokoonpanojen työpisteet. Kun kaksi linjaa tällä tavoin yhdistettäisiin, huomattiin, että tilaa säästy noin 280 m².

9.2 Kokoonpanovaiheiden A ja B siirtäminen

Koska kokoonpanovaiheet A ja B sijaitsevat tehtaalla samansuuntaisesti rinnakkain, oli luontevaa tutkia tuotannon työntekijöiden tekemän ehdotuksen mukaisesti, voitaisiinko ne siirtää lähemmäksi toisiaan hyödyntämällä niiden väliin jäävää tilaa paremmin ja min-kälaisiin tilansäästöihin sillä tavoin päästäisiin.

Tällaiseen siirtoon ohjautuvassa layout-suunnitelmassa kummastakin kokoonpanovaiheesta poistettiin kaksinkertaiset kanbanit sekä sellaiset materiaalit, joiden tarve oli vähäistä. Se oli välttämätöntä, jotta jäljellejäävien kanbanien ja materiaalien vaihdot entistä kapeamman käytävän vuoksi helpottuisivat. Molempien kokoonpanovaiheiden A ja B työmäärät säilyivät näin tehtäessä ennallaan, mutta osakokoonpanot vähenivät. Arvioitu tilansäästö oli tässä tapauksessa noin 160 m². Liitteessä 4 on kokoonpanovaiheiden siir- rosta tehty layout-kuva. Tätä säästöä on mahdollista vielä jonkin verran lisätä kehittämällä keräilyä linkittämällä kokoonpanoja ja käyttämällä entistä enemmän hyväksi ulkoi- sia varastoja.

9.3 Materiaalinohjaus

Materiaalinohjauksen kehittäminen on hyödyllinen tapa vapauttaa lisäneliöitä tuotanto- käyttöön pieneksi käyvällä tehtaalla. Joillakin tuotantolinjoilla on materiaaleja useiksi päi- viksi, jopa kuukausiksi. Jos tällaisia materiaaleja säilytettäisiin esimerkiksi hyllyissä tai kolmannen osapuolen varastoissa, säästettäisiin paljon tilaa. Edellytyksenä on se, että varastointi kolmannen osapuolen varastoissa on säilytyskustannukset huomioon ottaen kannattavaa. Nykyinen kanban-järjestelmä on toimiva, mutta se vaatii paljon tilaa.

9.3.1 Kanban-ohjauksen kehittäminen

Kanban-ohjauksen kehittämiseksi tutkittiin, miten paljon aikaa kului kanbanien täyttämi- siin ja kuinka kauan yksittäinen kanban-laatikko oli tehtaan tiloissa ennen seuraavaa täyttökierrosta. Tällöin huomattiin, että osa kanban-laatikoista seisoivat tehtaan varastoissa pitkiäkin aikoja. Tietenkään niiden suuri määrä tehtaalla ei ole aina huono asia, koska ne auttavat tasapainottamaan tuotannon vaihteluja.

Kuitenkin laatikoiden, jotka toistuvasti ruuhkauttivat tehtaan varastoja, mitoitus vaikutti väärältä. Johtopäätöksenä arvioitiinkin, että hidas kierto johtui osittain harvinaisista laiterakenteista, mutta myös laatikoiden ylimitoituksista.

Kun kanbanien uudelleen mitoitusta suoritetaan, voidaan samalla myös yhdistää osa kanbaneista. Se tapahtuu sijoittamalla yhteen laatikkoon esimerkiksi kahden vierekkäisen työvaiheen materiaalit. Sillä tavoin säästetään tilaa ja alennetaan kuljetuskustannuksia.

Materiaalikoordinaattorin tekemillä kotiinkutsuilla materiaali hankitaan tehtaalle silloin kun sitä tarvitaan, eikä sitä näin ollen tarvitse varastoida. Nykyisen kanban-järjestelmän osittainenkin korvaaminen kotiinkutsuilla vaatii muutoksia prosesseihin. Pelkästään materiaalikoordinaattorin tehtävien lisääntyminen vaatii uuden toimintatavan kehittämistä, jonka mukaan toimittaessa inhimillisistä syistä johtuvat materiaalipuutteet jäävät mahdollisimman vähäisiksi.

9.3.2 Kolmannen osapuolen varastojen hyödyntäminen

Kolmannen osapuolen varastojen käyttöä voitaisiin kehittää esimerkiksi ulkoistamalla kunkin työhön tarvittavien materiaalien keräilyt. Jokaista laitteisto toimitusta varten saataisiin tarvittavat materiaalit yhdellä kertaa käyttöön eikä työntekijöiden tarvitsisi etsiä niitä useista eri laatikoista. Samalla myös tilaongelma helpottuisi, koska tehdas ei tarvitsisi enää suurta aluetta materiaalien työkohtaiseen keräilyyn.

Tällä hetkellä materiaaleja siirretään kolmannen osapuolen varastosta tehtaalle kerran päivässä. Jos koko varastointi siirretään pois tehtaalta, valmistusprosesseja on muutettava ja se voi aiheuttaa ongelmia. Sen vuoksi olisi järkevää siirtää aluksi vain osa kokoonpanojen tarvitsemasta keräilystä kolmannelle osapuolelle. Kun toiminta vakiintuisi, ulkoistusta voitaisiin jatkaa. Sillä tavoin prosessien kehittäminen helpottuisi ja välttyttäisiin koko tuotannon seisauttavilta ongelmilta esimerkiksi materiaalipuutteen ilmetessä.

Suurikokoiset materiaalit aiheuttavat jatkuvasti ongelmia. Niiden siirtäminen on työlästä ja säilytys vie paljon tilaa. Sen vuoksi niiden samoin kuin kaikkien hitaasti kiertävien materiaalienkin varastointi muualla on edullista tilanvapauttamisen kannalta.

Varsinkin viimeksi mainittujen varastointi ulkopuolisissa varastoissa on helposti toteutettavissa, mutta jotta keskeytyksiltä vältytään, niiden ohjausprosessia on kehitettävä. Ylittäen loppuva kolmannen osapuolen varastoissa säilytettävä materiaali voi loppuesaan muodostaa todella suuren ongelman.

Materiaalien lisäksi valmiiden laitteiden säilytyksen voisi ulkoistaa kokonaan, sillä valmiit laitteet vievät tehtaalta suuren tilan ja niiden säilytys hyllyissä on mahdotonta niiden suuren koon ja painon vuoksi. Varastointi on välttämätöntä, sillä valmiiden tuotteiden kuljetukset esimerkiksi ulkomaille lähtevät vain joinakin viikonpäivinä, ja välillä asiakkaat pyytävät siirtämään laitetoimituksiaan. Kun näin tapahtuu, kun tuotannon kuormitus on korkea, valmislaittealue kuormittuu liikaa. Sen vuoksi, valmiit laitteet voitaisiin heti niiden valmistuttua siirtää kolmannen osapuolen varastoihin, joista ne sitten voitaisiin lähettää suoraan asiakkaille.

Tuotekehityksen, laatuosaston ja tehtaan muutostöissään tarvitsemia materiaaleja säilytetään tuotantolinjojen varastoissa. Niitä ei tarvita tuotannossa, mutta ne ovat silti tärkeitä tuotteiden kehityksen, laaduntarkkailun tai muun sellaisen kannalta. Ainakaan niitä kaikkia ei kannata säilyttää kolmannen osapuolen varastoissa, sillä osaa niistä tarvitaan usein. Hyvä tapa kehittää tällaisten materiaalien säilytystä olisi sijoittaa ne vain yhteen paikkaan, jossa ne olisivat mahdollisimman vähän tiellä.

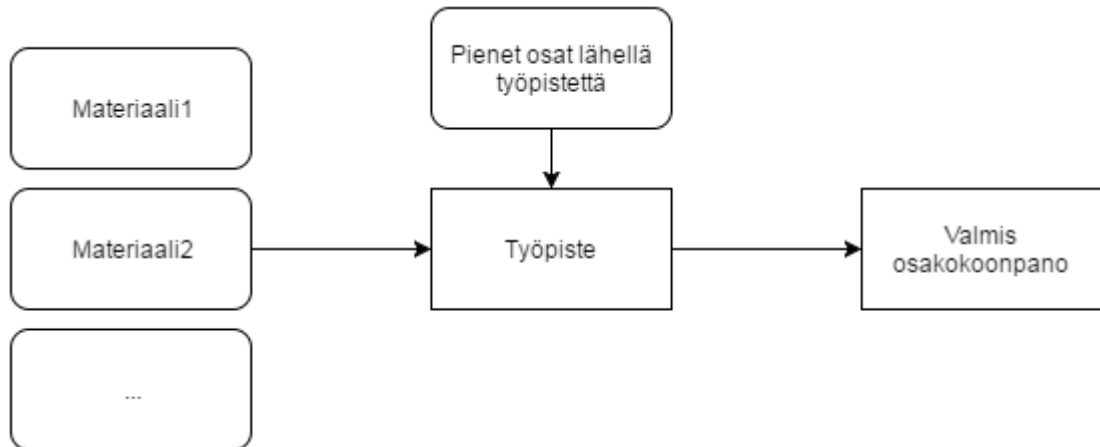
Tulevaisuuden kannalta on tärkeää pitää kaikki tässä luvussa käsitellyt asiat mielessä, sillä jo näillä muutoksilla on mahdollista saada huomattavia tilansäästöjä. Myös tuotantolinjojen tehokkuuden kehittämässä on vielä paljon parannettavaa. Silti raja tulee josain vaiheessa vastaan, ja silloin joudutaan vakavasti harkitsemaan kaiken materiaalin säilyttämistä muualla, kuin tehtaan tiloissa.

9.3.3 Osakokoonpanojen keräily

Kokoonpanovaiheen A eräällä osakokoonpanopisteellä kokeiltiin kokoonpanossa tarvittavien materiaalien keräilyä. Alun perin materiaalit oli sijoitettu työpisteen välittömään läheisyyteen. Osakokoonpanossa tarvittavat materiaalit siirrettiin noin 20 metrin päähän työpisteeltä.

Keräiltävä kokoonpano oli materiaaleiltaan yksi monimutkaisimmista, sillä se sisälsi kahdeksan keräiltävää osaa, joita jokaista oli joko yksi tai useampi kappale.

Keräiltävien materiaalien lisäksi kokoonpanossa oli useita pienempiä materiaaleja. Näitä pieniä materiaaleja kuten ruuveja, nippusiteitä ja tukia ei siirretty pois työpisteen välittömästä läheisyydestä, sillä niiden tilantarve on hyvin pieni. Kokoonpano onnistui ongelmitta ja siihen kului aikaa noin kaksi minuuttia aiempaa enemmän. Kuvassa 12 on havainnollistettu karkea kuvaus keräilyn kulusta.



Kuva 12. Osakokoonpanon keräily.

Keräilyä tutkittaessa huomattiin, että turhien keräilykierrosten välttämiseksi on syytä koota esimerkiksi työohjeiden alkuun lista kokoonpanossa tarvittavista materiaaleista. Keräilylistan merkitys korostuu entisestään, jos työntekijä joutuu keräämään useamman kokoonpanon materiaalit yhdellä keräilykierroksella. Keräilylistan lisäksi on syytä kiinnittää huomiota keräilyalueen suunnitteluun, jotta keräily voidaan toteuttaa tehokkaasti niin työntekijän kuin tilankäytönkin kannalta.

Keräilyä on syytä tutkia laajemminkin. Kahden minuutin lisäys yhden työvaiheen keston ei tunnu paljolta, mutta jos työntekijä suorittaa kymmenen kokoonpanoa päivässä kertyy tästä jo 20 minuutin ajankulu. Lisäksi kannattaa pohtia säästetäänkö jonkin työvaiheen edellä kuvatus kaltaisella keräilyllä niin paljon tilaa, että keräily kannattaa. Mikäli työvaiheessa on vain vähän materiaaleja tai materiaalit ovat raskaita on myös syytä miettiä tarkasti, onko keräily paras mahdollinen ratkaisu. On myös syytä tutkia, annetaanko keräilytehtävä kokoonpanijalle vai materiaalkoordinaattorille, joka tuntee materiaalien sijainnit ja huomaa mahdolliset puutteet helpommin.

10 Layout-suunnitelmien vertailu

Edellisessä kappaleessa kuvattujen layout-vaihtoehtojen vertailut on koottu taulukkoon 3, josta käy ilmi kummankin vaihtoehdon eroavuudet:

Taulukko 3. Taulukossa on vertailtu luvussa 9 esitelyä tilansäästöön liittyviä vaihtoehtoja.

Vertailtava asia	Vaihtoehto:Yhdistäminen	Vaihtoehto: Siirtäminen
Tilansäästö	280 m ²	160 m ²
Materiaalien virtaus	Vaatii paljon kehittämistä	Vaatii paljon kehittämistä
Muutoksesta syntyvät kustannukset	Halvempi	Kalliimpi
Tuottavuus	Paranee	Pysyy ennallaan
Standardoitu työ	Vaatii paljon kehittämistä	Pysyy ennallaan

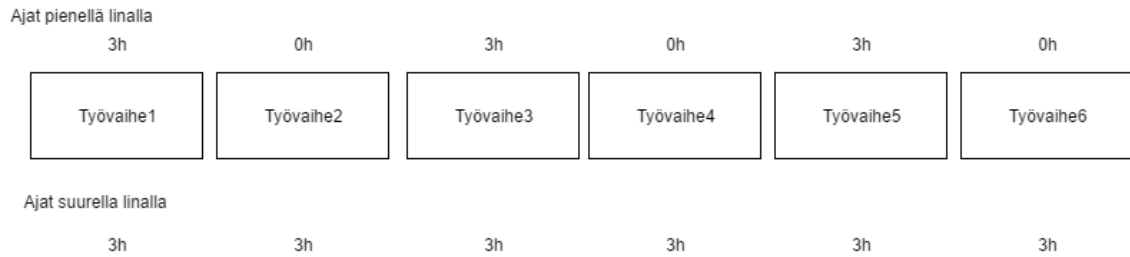
Kokoonpanovaiheiden A ja B yhdistämisellä saavutettava noin 280 m²:n suuruinen tilansäästö pienentää koko tuotantolinjan nykyistä tilaa noin neljänneksen ja on huomattavasti suurempi kuin niiden siirrolla aikaan saatava noin 160 m²:n säästö. Koska tilansäästöön liittyvät toimenpiteet eivät saa vaarantaa suuria projekteja, jotka tuotetaan pääosin kokoonpanovaiheessa B, jatkossa on tarpeen tutkia tarkasti, onko mahdollista tuottaa sekä pienempi, että suurempi runkokoko samassa kokoonpanovaiheessa siten, että projektien toimitusajat säilyvät entisellään.

Sekä vaiheiden A ja B yhdistämisessä, että niiden siirtämisessä lähemmäksi toisiaan syntyy kustannuksia, joita ensin mainitussa toteutusvaihtoehdossa on selvästi vähemmän. Jälkimmäisessä siirtelyvaihtoehdossa olemassa olevien nostimien ja hyllyjen siirtely ja ennen kaikkea uusien paikkojen valitseminen olisi haastavaa, minkä lisäksi se veisi aikaa. Tällöin myös tuotantokatkosten vaara olisi olemassa, suunniteltaisiinpa paikkojen määrittelyt ja siirtotyöt miten tarkasti tahansa.

Käyttöasteiltaan vaiheet A ja B vaihtelevat paljon. Suurin osa rungoista valmistetaan kokoonpanovaiheessa A, sillä kokoonpanovaiheen B kuormitus saattaa olla matala tai joskus jopa olematon pitkän aikaa. Tämä seikka tukee tiukasti myös kokoonpanovaiheiden yhdistämistä. Toisaalta vaiheiden läpimenoajat poikkeavat toisistaan suuresti, joten vaiheessa B valmistettavasta rungosta täytyisi siirtää töitä osakokoonpanoihin, jotta välttäisiin yhdistelyn tuloksena syntyneen linjan ylikuormittumiselta. Vaiheiden A ja B yhdistäminen ei näin ollen ole välttämättä paras vaihtoehto, koska suurista laitteistoprojekteilta ei haluta missään nimessä luopua.

Lähdetäänpä toteuttamaan kokoonpanovaiheiden A ja B yhdistämistä tai niiden siirtoa lähemmäksi toisiaan, tehtävä vaatii paljon työtä. Siirtelyistä aiheutuvien kustannusten lisäksi tuotantolinjan työntekijät on koulutettava hyvin, sillä varsinkin kokoonpanovaiheita yhdistettäessä osaamisen pitää olla entistä monipuolisempaa. Käytännössä lähes kaikki työvaiheet tulisi osata. Kun kaksi kokoonpanovaihetta on yhdistetty työ ei välttämättä ole yhtä johdonmukaista yhdistelmävaiheessa kuin aiemmin, sillä työtä tehdessään jokaisen pitää tietää, mikä on seuraava työvaihe. Myös työnjohdon pitää olla tarkkana, jotta ongelmiin puututaan ajoissa, jopa ennen kuin niihin törmätään. Kokoonpanovaiheita A ja B siirrettäessä lähemmäksi toisiaan toiminta pysyy samanlaisena kuin nykyisin. Molemmilla suunnitelmissa työntekijöiden täytyy kuitenkin suorittaa keräilyä tuotantolinjan ulkopuolelta, sillä tilaa vähennettäessä linjalle ei mahdu yhtä suuria määriä materiaaleja kuin aiemmin.

Kokoonpanovaiheita yhdistettäessä työvaiheiden tasapainotus on äärimmäisen tärkeää, sillä läpimenoajat poikkeavat tällä hetkellä suuresti toisistaan. Tahtiajan saavuttaminen ei riitä, sillä jaettaessa suuremman tuotteen työt useammalle työpisteelle pienemmille tuotteille jää tyhjää tilaa.



Kuva 13. Ongelma yhdistettäessä linjoja joiden läpimenoajat poikkeavat toisistaan.

Kuva 15 on kuvitteellinen ja laadittu havainnollistamaan syntyvää ongelmaa. Tahtiaika työpisteillä on sama, mutta kokoonpanovaiheessa A tuotetun rungon läpimenoaika on vain puolet kokoonpanovaiheessa B tuotettuun runkoon verrattuna. Tästä seuraa se, että kun valmistetaan runkokoko B ja heti perään runkokoko A, runkokoon A läpimenoaika lähes kaksinkertaistuu. Jotta laitteiden teko samassa kokoonpanovaiheessa tuotantoa hidastamatta olisi mahdollista, täytyisi rungon B työajasta pystyä siirtämään noin puolet pois kokoonpanovaiheesta tai vaihtoehtoisesti tehdä työt kaksinkertaisella miehi-tyksellä.

Materiaalien keräilyn ja varastoinnin kehittäminen on välttämätöntä molemmissa suunnitelmissa. Keräilyä kokeiltiin jo pienessä mittakaavassa, eikä se osoittautunut ongelmalliseksi. Vaikka materiaalien sijoittaminen muualle kuin tuotantolinjalle on tehokastapa pienentää linjan kokoa, johonkin ne on silti sijoitettava. Hyvin suunniteltujen keräily- ja varastointipaikkojen valinnalla voidaan kuitenkin pienentää niiden vaatimaa kokonaistilaa.

Työt kahdessa erillisessä kokoonpano vaiheessa poikkeavat suuresti yhdessä yhdistelyn tuloksena syntyneessä kokoonpanossa tehtävistä töistä. Jälkimmäisessä tehty työ vaatii parempaa ymmärrystä siitä, mikä työvaihe täytyy suorittaa seuraavaksi, kun taas kahta kokoonpanovaihetta käytettäessä toiminta on hieman vapaampaa. Kun yhtä kokoonpanovaihetta käytetään ja kuormitustaso on matala yksityöntekijä voi tehdä sekä osakokoonpanot, että kokoonpanovaiheen työt, jolloin kuormituksen kasvaessa hänen työnsä on helppo jakaa kahdelle työntekijälle. Tällä tavoin voidaan helpottaa mukautumista tuotannon vaihteluihin.

11 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli tutkia, kuinka säästää tilaa kohdeyrityksen tuotantolinjalla vähintään 150 m² vaarantamatta yrityksen olemassa olevaa tuotantoa sekä mahdollisesti tarjouskilpailunkautta saatuja uusia suuria projekteja.

Tuotantolinjan nykytilaa tutkimalla etsittiin aluksi ideoita, joilla voitaisiin tehostaa olemassa olevia prosesseja ja parantaa nykyistä layoutia. Sen lisäksi jo työn alkuvaiheessa kerättiin tietoa ja ymmärrystä tuotannosta, materiaalinhallinnasta ja layout-suunnittelusta. Samalla päivitettiin layout-kuva vastaamaan tuotantolinjan nykytilaa. Tällöin huomattiin, että mahdollisia kehityskohteita oli runsaasti. Työssä paneuduttiin enimmäkseen materiaalienkeräyksen ja varastoinnin kehittämiseen, minkä lisäksi suunniteltiin kaksi uutta layout-vaihtoehtoa sekä vertailtiin niitä.

Huomattiin, että pelkästään materiaalinhallintaa kehittämällä tuotantolinjaa voidaan kurtistaa huomattavasti. Koska lisätilaa tarvitaan tehtaalla jo kuluvan vuoden 2017 aikana, on tärkeää, että sitä voidaan vapauttaa vuoden alusta alkaen.

Työn aikana suunnitellut uudet layout-vaihtoehdot poikkeavat toisistaan huomattavasti. Ensimmäisessä yhdistetään kaksi olemassa olevaa kokoonpanovaihetta ja toisessa niitä siirretään vain lähemmäksi toisiaan. Molemmissa vaihtoehdoissa päästään annettuun 150 m²:n tilansäästö tavoitteeseen.

Vaikka tässä insinööriyössä keskityttiin materiaalinhallintaan ja layout-suunnitteluun, paljon jäi silti vielä tutkimatta. Seuraaviin kappaleisiin on koottu joitakin sellaisia asioita, joiden tarkempi tarkastelu on välttämätöntä, jotta käynnistetty tilansäästö projekti voidaan saattaa päätökseen ongelmitta.

Materiaalinhallinnan osalta ainakin materiaalien helpompi liikuteltavuus tuotantolinjalla, materiaalien keräily tuotantolinjan ulkopuolelta ja kitittämisen nostaminen toimivalle tasolle, ovat osa-alueita, jotka vaativat tarkempaa tutkimista. Kitittämiseen ja keräilyyn käytettyä aikaa voidaan tutkia tarkemmin, kun on tiedossa, minkälaisia kokoonpanoja kititetään, missä ne varastoidaan ja kuinka ne saadaan tuotantolinjalle.

On myös syytä tutkia, miten suurten ja raskaiden materiaalien, kuten kaapeleiden ja isokokoisten peltien vaihtaminen tuotantolinjalla saadaan ongelmattomaksi. Tämän hetkissä layout-suunnitelmissa ei ole vielä otettu riittävästi huomioon, millaisia vaikutuksia tällaisten materiaalien vaihtamisesta vastaava työntekijä saattaa kohdata työnsä aikana.

Tuotantolinjan läpinäkyvyys ja työn kehittäminen ovat myös iso osa muutosta, joten niihin on syytä paneutua tarkemmin ennen uuden tuotantolinjan lopullista implementointia. Tuotantolinjan työvaiheiden tulee olla niin läpinäkyviä, että sekä työntekijä ja työnjohtaja tietävät tarkasti mikä työvaihe on meneillä olevan jälkeen suoritettava. Näin estetään turhien pullonkaulojen syntyminen. Tuotantolinjamuutos vaikuttaa myös sen tasapainottamiseen. Sen toimimattomuus voi näet aiheuttaa myös pullonkauloja ja ajanhukkaa.

Lopullisen layoutin valinta suoritettiin antamalla virhepisteitä vertailtavien vaihtoehtojen eri ominaisuuksista, jollaisiksi valittiin: tilansäästöpotentiaali, materiaalien virtaus tuotantolinjalla, läpimenoaika, tuotantolinjan maksimaalinen kapasiteetti, turvallisuus, tuottavuus, laadun hallinta ja tuotantolinjan toteutuksen kokonaiskustannukset. Jokaisesta ominaisuudesta annettiin pisteitä yhdestä kolmeen. Vähiten virhepisteitä saanut layoutvaihtoehto oli kokoonpanovaiheiden A ja B yhdistelmä, joka yritetään toteuttaa siten, että se voidaan ottaa käyttöön maaliskuun lopussa 2017.

Ennen edellä mainittua yhdistämistä kootaan vielä työryhmä, joka viimeistelee lopullisen ja toteutettavan layout-suunnitelman. Lisäksi kaikkiin edellä mainittuihin ongelmakohtiin tullaan paneutumaan vielä tarkemmin. Kun ongelmat on ratkaistu ja viimeistelty layout-suunnitelma on valmis, muutostyöt käynnistetään. Käyttöönottohetkellä ja sen jälkeen tuotantolinjan tasapainottamisesta, läpinäkyvyydestä ja materiaalinhallinnasta on tarkoitus kerätä kokemuseräistä tietoa, jota sitten voidaan käyttää niiden edelleen kehittämiseen ja toimintojen sujuvoittamiseen.

Lähteet

- Corporate Information. 2016. Verkkodokumentti. Eaton Corporation Plc. <<http://www.eaton.com/Eaton/OurCompany/AboutUs/CorporateInformation/index.htm>>. Luettu 3.12.2016.
- Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kuori, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. Tampere: Infacs.
- Tuominen, K. 2010. Tehoa ja laatua siisteyden ja järjestyksen kehittäminen 5S. Helsinki: Readme.fi.
- Tuominen, K. 2010. Lean käytännössä. Helsinki: Readme.fi.
- Jeffrey K., L. 2004. Toyotan tapaan. Helsinki: Readme.fi.
- UPS-käsikirja. 2012. Verkkodokumentti. Eaton Corporation Plc. <pqlit.eaton.com/ll_download_bylitcode.asp?doc_id=24030>
- Standardoitu työ. 2005. Yrityksen sisäinen dokumentti. Eaton Power Quality Oy.
- Osto-ohjesääntö. 2012. Yrityksen sisäinen dokumentti. Eaton Power Quality Oy
- Low S. N., Goh W. J., Fow J. Y., Chan Y. T., Shahrul K. 2012. Lean Production in Manual Assembly Line-A Case Study. IEEE Symposium on Humanities, Science and Engineering Research
- Nguyen T. L., Le Minh T., Vu Thi T. T., Do Ngoc H. Lean line balancing for an electronics assembly line. 2016. Elsevier B.V.
- Minh-Nhat Nguyen, Ngoc-Hien Do. Re-engineering Assembly line with Lean Techniques. 2016. Elsevier B.V.
- <http://leanmanufacturingtools.org/77/the-seven-wastes-7-mudas/> The seven wastes. Verkkodokumentti. Luettu 22.1.2017
- Improving the layout of recycling centres by use of lean production principles. Erik Sundina, , Mats Björkmana, , Mats Eklundb, , Jörgen Eklundc, , Inga-Lill Engkvistc, Waste Management Volume 31, Issue 6, June 2011, Pages 1121–1132
- Strategic Layout Planning For Lean Manufacturing A Layopt Tutorial. Ramu Narayanaswamy. 1997. Simulation Conference, 1997., Proceedings of the 1997 Winter Winter Simulation Conference Proceedings,, 0 1997, pp.640-644
- Improvement Printing Industry Plant layout for Effective Production. A. Watanapa*, W. Wiyaratn, and P. Kajondecha. Lecture Notes in Engineering and Computer Science 01 March 2014, Vol.2210(1), pp.944-948.
- Wilson, L. 2010. How to Implement Lean Manufacturing. The McGraw-Hill Companies Inc.

Leone G., Rahn R. D. 2002. Fundamentals Of Flow Manufacturing. Colorado: Flow Publishing Inc.

<http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/laadunhallinnan-periaatteet/> TKT Jarno Kankaanranra. 2016. ISO 9001 ja laadunhallinnan periaatteista.

Just-In-Time Production. Mclachlin, Ron ; Piper, Chris Julkaisussa: Business Quarterly (1986-1998) Summer 1990, Vol.55(1), p.36

Räsänen, Henrik. 2014. Kvalitatiiviset tutkimusmenetelmät. Hämeen Ammattikorkeakoulu. <http://www.hamk.fi/verkostot/kudos/metodit/Documents/4_Kvalitatiiviset_tutkimusmenetelmaet.pdf>. Luettu 11.2.2017.

Henkilöstötilinpäätös vuodelta 2015. 2015. Yrityksen sisäinen tiedote. Eaton Power Quality Oy.

Lean 5S Seiri, Sort, Clearing, Classify. 2017. Verkkodokumentti. Lean Manufacturing Tools. < <http://leanmanufacturingtools.org/198/lean-5s-seiri-sort-clearing-classify/>> Luettu 31.1.2017

Creating A Value Stream Map. 2017. Verkkodokumentti. Lean Manufacturing Tools. <<http://leanmanufacturingtools.org/551/creating-a-value-stream-map/>> Luettu 31.1.2017

The Key to Lean – Plan, Do, Check, Act. 2016. Verkkodokumentti. All About Lean. <<http://www.allaboutlean.com/pdca/>> Luettu 11.2.2017

LPD VSM Cycle 2. 2016. Yrityksen sisäinen dokumentti. Eaton Power Quality Oy.

<http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/viiden-assaen-kehitystyokalua/> Viiden ässän kehitystyökalu. 2013. Verkkodokumentti. Luettu 22.1.2017

Kokoonpanovaiheen A nykytila

Liite poistettu insinööriyön julkisesta versiosta.

Kokoonpanovaiheen B nykytila

Liite poistettu insinööriyön julkisesta versiosta.

Kokoonpanovaiheiden A ja B yhdistäminen

Liite poistettu insinööriyön julkisesta versiosta.

Kokoonpanovaiheiden A ja B siirto lähemmäs toisiaan

Liite poistettu insinööriyön julkisesta versiosta.