

Tuomas Kivimäki

**KOKOONPANOLINJAN LAYOUTIN JA TYÖPISTEIDEN
SUUNNITTELU**

KOKOONPANOLINJAN LAYOUTIN JA TYÖPISTEIDEN SUUNNITTELU

Tuomas Kivimäki
Opinnäytetyö
Kevät 2020
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma, tuotantotekniikka

Tekijä: Tuomas Kivimäki

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Kokoonpanolinjan layoutin ja työpisteiden suunnittelu

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Designing layout and workstation for assembly line

Työn ohjaaja: Perttu Niskanen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2020

Sivumäärä: 23 + 0 liitettä

Opinnäytetyö tehtiin KI Mechanics Oy:lle, joka on Oulussa toimiva mekaniikkatalo. Työssä suunniteltiin kokoonpanolinja toimintaympäristöön, jossa tavaravirrat ja toimintatavat sopivat aiempaa isommille valmistusmäärille. Tavoitteena kokoonpanolinjalle oli tehdä uusi layoutsuunnitelma uusiin tiloihin ja poistaa hukkaa lean-menetelmillä. Kolme päätavoitetta olivat kokoonpanolinjan layoutsuunnittelu, työpisteiden suunnittelu ja työmenetelmien kehittäminen.

Työ aloitettiin tutustumalla nykyiseen kokoonpanopisteeseen, jotta saadaan käsitys tuotteen kokoonpanoprosessista. Prosessiin tutustumisen yhteydessä huomattiin, että kokoonpano tehtiin yhdellä työpisteellä. Työympäristö oli täynnä tuotteen osia ja työpiste oli ahdas, minkä seurauksena työaikaa kului osien etsimiseen ja siirtelyyn. Tutustumisen yhteydessä katselmoitiin työohjeet, joista nähtiin työn selkeä järjestys. Kokoonpanopisteelle tehtiin nykytilankartoitus. Nykytilankartoituksessa videoitiin jokainen työvaihe. Jokainen video analysoitiin AviX-ohjelmalla, jonka avulla selvitettiin työvaiheisiin kuuluva jalostava aika, tarpeellinen aika ja hukka. Analysoinnin avulla löydettiin hukkaa, joka oli 19 % tuotteen läpimenoajasta. Hukka koostui suurimmaksi osaksi työkalujen ja osien etsimisestä sekä hakemisesta.

Analysoinnin pohjalta tehtiin kokoonpanolinjan vaiheistus. Työpisteiden vaiheistuksessa tasapainotettiin työpisteet ja pyrittiin parantamaan kokoonpanolinjan virtausta. Kokoonpano vaiheistettiin neljään vaiheeseen, joissa kokoonpano etenee jatkuvasti jalostuen kokonaiseksi tuotteeksi.

Nykytilankartoituksen ja vaiheistuksen avulla pystyttiin suunnittelemaan uusi layout. Suunnittelussa huomioitiin, ettei tapahtuisi turhaa liikkumista ja materiaalivirtaus olisi tehokas ja sujuva. Lisäksi suunniteltiin kokoonpanolinja, joka mahdollistaa useamman kuin yhden henkilön työskentelyn. Tämä mahdollistaa suurempien tilausmäärien valmistamisen. Analysoinnit ja suunnitelmat jäävät yritykselle toteutettavaksi tulevaisuudessa.

Asiasanat: kokoonpano, layout, Avix

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree programmer in Mechanical Engineering, Production Technology

Author: Tuomas Kivimäki

Title of thesis: Designing layout and workstation for assembly line

Supervisor: Perttu Niskanen

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2020

Pages: 23 + 0 appendices

The objective of this thesis was to design a new layout and implementing lean methods to remove waste from the process. The aim of the new design was to improve the operational environment where material flow and working methods would be scalable for bigger production volumes.

The first step was to get acquainted with the current assembly work, to better understand, how to improve the layout and assembly process. At the first sight noticed that the assembly was made in one workstation. It was clear that it would be beneficial to separate the assembly phases with separate workstations instead of having just one station for all work phases. In the current process a lot of time was wasted on searching for parts and clearing space. The analysis of the assembly process was implemented by filming and using the Avix program to present the phases and identify waste. The analysis showed the required time and waste time which was 19 % of the lead-time.

On the basis of the findings and the objectives, the main goal of the design was to balance the assembly line and enable the use of four workstations, in which products could be assembled continuously in an order that would result in a finished product. In the new layout, the minimization of unnecessary movement and the efficiency of material flow was taken into consideration. In addition, the new layout would enable the use of more than one employee in the assembly process. The analysis and design that is described and presented in this thesis will be implemented by the company in the future.

Keywords: assembly, layout, AviX

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	6
2 LEAN	7
2.1 Hukka	7
2.2 5S	8
3 LAYOUTSUUNNITTELU	10
3.1 Tuotantolinja	10
3.2 Funktionaalinen layout	11
3.3 Solulayout	11
4 AVIX-OHJELMA	13
4.1 Käyttö	13
4.2 AviX-moduulit	13
5 KOKOONPANOLINJAN SUUNNITTELU	16
5.1 Lähtötilanne	16
5.2 Nykytilan selvitys	17
5.3 Layoutsuunnittelu	18
5.4 Työpisteiden suunnittelu	20
6 YHTEENVETO	22
LÄHTEET	23

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö on tehty KI Mechanics Oy:lle. KI Mechanics Oy on oululainen yritys, joka tarjoaa asiakkailleen suunnittelu- ja koneistuspalvelua ja kokoonpanoa.

Työssä suunnitellaan kokoonpanolinja toimintaympäristöön, jossa tavaravirrat ja toimintatavat sopivat aiempaa isommille valmistusmäärille. Työn tavoitteena on tehdä kokoonpanolinjalle uusi layoutsuunnitelma uusiin tiloihin ja poistaa hukkaa lean-menetelmillä. Samalla tarkoitus on parantaa ja nopeuttaa tuotantolinjaa erilaisilla menetelmillä. Kolme päätavoitetta on kokoonpanolinjan layoutsuunnittelu, työpisteiden suunnittelu ja työmenetelmien kehittäminen. Työssä keskitytään vain tähän kokoonpanolinjaan eikä muihin sen ympärillä oleviin prosesseihin.

2 LEAN

Lean on Toyotan tuotantojärjestelmään perustuva kehittämisfilosofia. Sen ajattelutapa perustuu asiakkaan arvon määrittämiseen. Tavoitteena on tuottaa parasta mahdollista arvoa huomioiden tuottajan tarpeet. Tämä tarkoittaa virtaustehokkuuden ja resurssitehokkuuden maksimointia. Kun asiakkaan arvo ja arvoa tuottavat toiminnot on määritelty, pyritään eliminoimaan hukka ja järjestämään arvoa tuottavat toiminnot sujuviksi virtauksiksi. Lisäksi lean-ajattelun perustaan kuuluu jatkuva parantaminen. Sen keskeisessä roolissa ovat ihmiset. Systemaattisella jatkuvalla parantamisella saadaan esiin ongelmat, joita tutkitaan huolellisesti, jotta ne eivät synny uudestaan. Ongelmien ratkaisuvaihtoehdot testataan ja niiden toimivuus seurataan ja toimivat ratkaisut otetaan käytäntöön. (1.)

Lyhyesti sanottuna lean perustuu asiakkaan arvon määrittämiseen ja toimintojen jatkuvaan parantamiseen. Näiden tavoitteiden saavuttamiseen käytetään työkaluja ja periaatteita, joita lean-ajattelun toteuttamiseen on kehitetty. Yksi yleisimmistä työkaluista on 5S. (1.)

2.1 Hukka

Hukan eliminointi on yksi lean-ajattelun tärkeimmistä periaatteista. Hukka koostuu seitsemästä toiminnosta, jotka eivät tuota lisäarvoa tuotteelle tai palvelulle. Nämä hukat ovat ylituotanto, odotus, tarpeeton kuljettaminen, ylikäsittely, liiallinen varasto, tarpeeton liike ja virheet. (2, s. 27 - 30.)

Ylituotanto on yli asiakkaan tarpeiden tuottamista tai tilaamattomien osien valmistamista. Nämä luovat ylimääräisiä kustannuksia varastoinnissa, kuljettamisessa ja työntekijöiden kustannuksissa. (2, s. 27 - 30.)

Odottaminen aiheutuu, kun työntekijä tai kone odottaa seuraavaa työvaihetta, työkalua tai komponenttia. Odottamista tapahtuu silloin, kun edellinen ei ole tehnyt vaihettaan. (2, s. 27 - 30.)

Tarpeeton kuljettaminen on keskeneräisen tuotteen tai materiaalien kuljettamista pitkiä matkoja seuraavaan vaiheeseen, varastoon tai varastosta toiseen. Hyvällä layoutsuunnittelulla voidaan ehkäistä tarpeetonta kuljettamista tuomalla kaikki prosessit lähemmäs toisiaan. (2, s. 27 - 30.)

Ylikäsittely on turhien vaiheiden suorittamista. Tehottoman käsittelyn seurauksena aiheutuu usein tarpeetonta liikkumista ja virheitä. Näin syntyy hukkaa, kun tuotetaan laadukkaampia tuotteita kuin on tarpeen. (2, s. 27 - 30.)

Liiallinen varastointi syntyy, kun on liikaa materiaalia, keskeneräisiä tuotteita tai valmiita hyödykkeitä, joita varastoidaan turhaan. Liiallisen varastoinnin seurauksena tulee pitempiä läpimenoaikoja, vanhentuneisuutta, vahingoittuneita tuotteita, turhia varastointikustannuksia ja viiveitä tuotannossa. Lisäksi voi aiheutua myöhästyneitä toimituksia ja pitkiä asennusaikoja. (2, s. 27 - 30.)

Tarpeeton liikkuminen on työssä suoritettavia liikkeitä, jotka eivät tuota lisäarvoa. Näitä ovat esimerkiksi osien ja työkalujen etsiminen, kurkottelu ja pinoaminen. Myös liika liikkuminen paikasta toiseen voidaan laskea hukaksi. (2, s. 27 - 30.)

Virheet ovat viallisten osien tuottamista ja korjaamista. Osien uudelleentyöstäminen lisäävät ylimääräisiä käsittelyjä, jolloin tähän menee turhaa aikaa ja työtä. (2, s. 27 - 30.)

2.2 5S

5S on yksi lean-ajattelun perustyökaluista, jonka on kehittänyt japanilainen Hiroyuki Hirano. 5S on viisivaiheinen menetelmä, jolla pyritään saamaan hukka näkyväksi, jolloin se pystytään poistamaan ja saadaan tuloksia. 5S:n avulla työpisteet organisoidaan toimiviksi ja päästään eroon turhista tavaroista, minkä seurauksena koko työympäristö pidetään järjestyksessä ja siistinä. Sen saavutetuilla muutoksilla tuotantolinjalta poistetaan hukka, joka lyhennetään läpimenoaikaa ja parantaa tuottavuutta. Järjestelmällinen ja siisti työympäristö on myös turvallinen ja viihtyisä paikka työskennellä. (3.)

Lean 5S-menetelmässä on viisi vaihetta. Nämä viisi vaihetta edetään systemaattisesti järjestyksessä, että saadaan toimiva 5S toteutettua. Nämä vaiheet ovat soiri, seiton, seiso, seiketsu ja shitsuke. (3.)

Japaniksi soiri eli sortteeraus on 5S-menetelmän ensimmäinen vaihe. Tässä vaiheessa poistetaan kaikki ylimääräiset tavarat ja työkalut, joita ei työnteon kannalta tarvita. Silloin poistetaan ylimääräiset materiaalit, kansiot, laitteet välineet ja työkalut, joita ei tässä työvaiheessa tai työpisteessä tarvita. (3.)

Seiton tarkoittaa japaniksi systematisointia. Tässä vaiheessa järjestetään jokaiselle työkalulle ja asialle oma paikka tunnistettuna ja merkittynä. Kaikki tarpeelliset asiat pidetään lähettyvillä ja helposti saatavina siellä, missä niitä tarvitaan. Materiaalin nouto järjestetään mahdollisimman esteettömäksi ja nopeaksi, kuitenkin pitäen mielessä turvallisuus, tehokkuus ja ergonomia. Tämä helpottaa tavaroiden löytämistä ja tekee työpisteestä toimivan. Systematisointi vaatii, että ensimmäinen vaihe eli sortteeraus on tehty huolellisesti. (3.)

Seiso eli puhdistaminen tarkoittaa, että puhdistetaan kaikki työkalut ja laitteet, jotta työympäristö ja työkalut ovat siistit ja pysyvät kunnossa. Tällä myös ehkäistään vikojen syntyä ja vahinkojen sattumista. Esimerkiksi epäkunnossa olevalla laitteella ei synny laadukasta tuotetta ja läikkyneet öljyt voivat aiheuttaa onnettomuuksia työntekijöille. Siivouksella pyritään siis laadukkaaseen ja turvalliseen työympäristöön. (3.)

Seiketsu tarkoittaa standardointia. Standardointi liittyy jokaiseen kolmeen edellä mainittuun vaiheeseen. Luodaan standardit edellä mainituista vaiheista. Pidetään vain tietyt työkalut niiden oikeilla paikoilla merkittynä ja luodaan siivouksesta ohjeet. Standardoinnin apuna voidaan käyttää infotauluja ja visuaalisia merkintöjä. (3.)

Seuraavaksi on shitsuke eli sitoutuminen. Tällä tavoitteena on ylläpitää ja ottaa käyttöön kaikki edellä mainitut menetelmät. Menetelmää harjoitetaan siten, että varmistetaan jatkuva onnistuminen ja pyritään saamaan näistä rutiini jokapäiväiseen työskentelyyn. Tämä on luultavasti tärkein, sillä jos tämä ei toteudu, ei muutkaan vaiheet toteudu. (3.)

3 LAYOUTSUUNNITTELU

Layout määritelmänä on tuotantojärjestelmän fyysisten osien sijoittelua tehtaassa. Sillä tarkoitetaan koneiden, työpisteiden, laitteiden, varastojen ja kulkureittien sijoittelua tuotantotehtaassa. Layoutit voidaan jakaa kolmeen tyyppiin työnkulun ja tuotantolaitteiden sijoittelun perusteella: tuotantolinjalayout, funktionaalinen layout ja solulayout. (4, s. 479 - 482.)

Layoutsuunnittelun tavoitteena on tehdä tehtaan materiaalivirtauksesta tehokasta. Materiaalien kuljetukset ja matkat minimoidaan työpisteiden sijoituksia suunniteltaessa. Materiaalivirtojen selkeyden lisäksi tavoitteena on tehtaan sisäisten palvelujen sijoittaminen lähelle käyttöpaikkaa, jotka ovat riippuvaisia toisistaan. Suunniteltaessa on tarkoitus käyttää tila hyvin tehokkaasti työturvallisuus huomioiden. Mahdolliset laajennus- ja muutostarpeet on otettava huomioon suunniteltaessa uutta layoutia. Tällöin uuden tuotantolinjan layoutin muuttaminen tehokkaammaksi onnistuu nopeammin. (4, s. 479 - 482.)

Hyvän tuotannon layoutin tunnistaa siitä, että se on turvallinen työntekijöille ja vieraille. Hyvässä layoutissa materiaalivirtaus on mahdollisimman tehokas. Siinä on minimoitu tuotteen läpäisy aika ja työntekijöiden turhat liikkeet. Hyvä layout pystyy tuottamaan laadukasta tuotetta ja hyödyntää tilan tehokkaasti. (5.)

3.1 Tuotantolinja

Tuotantolinjassa on erikoistuttu tietyn tuotteen valmistamiseen. Siinä koneet ja laitteet ovat tuotteen työnkulun mukaisessa järjestyksessä. Tuotteen valmistus ja materiaalin käsittely on tehokasta ja automatisoitua sekä työnkulku on selkeä. Erilaisten työvaiheiden välillä voidaan käyttää kuljettimia. (4, s. 475 - 476.)

Tuotantolinjan rakentamiseksi keskeisiä edellytyksiä ovat korkea kuormitusaste ja suuri volyyymi. Suurien valmistusmäärien takia tuotteen kustannukset ovat alhaiset, vaikka kustannukset tuotantolinjan rakentamiseen ovat suuret. (4, s. 475 - 476.)

Pienikin häiriö voi vaikuttaa koko tuotantolinjan tuottavuuteen. Tuotantolinjassa häiriöiden aiheuttamat kustannukset ovat suuret, jolloin laadunvalvonnan merkitys on suuri. Tuotan-

tolinjan kapasiteetin kasvattaminen linjan toteutuksen jälkeen on vaikeaa ja vaativaa. Pitkien asetusaikojen seurauksena tuotantolinjan tuotantosarjoista muodostuu pitkiä. Tuotannonohjaus on tuotantolinjassa helppoa, sillä siinä on selkeä työnkulku, jolloin sitä ohjataan yhtenä kokonaisuutena. (4, s. 475 - 476.)

3.2 Funktionaalinen layout

Funktionaalista layoutia kutsutaan myös teknologiseksi layoutiksi. Siinä koneet ja työpajat on ryhmitelty niiden samankaltaisuuden mukaan. Silloin kaikki samankaltaiset koneet laitetaan samaan paikkaan lähelle toisiaan (4, s. 476 - 477). Esimerkiksi kaikki porauslaitteet laitetaan vierekkäin omalle alueelle ja sorvit omalle alueelle.

Tässä layoutissa volyymit ja tuotetyypit vaihtelevat paljon. Yleensä koneet ovat yleiskoneita, joilla voidaan erilaisten tuotteiden valmistaminen toteuttaa joustavasti sarjoina tai yksittäiskappaleina. Tällöin tuotteiden vaihtelevuus on suuri. Tämän takia materiaalinkäsittelyyn ei voida soveltaa paljoa automaatiota. (4, s. 476 - 477.)

Tuotannonohjaus koneille perustuu työjonojen järjestelyyn, sillä töiden ohjaus työvaiheesta toiseen oikea-aikaisesti on hyvin vaikeaa. Jonottavat työt kasvattavat kesken eräistä tuotantoa ja pidentävät jonotuksien takia tuotteiden läpimenoaikaa. Myös materiaalien kuljettaminen työpisteeltä toiselle nostaa kuljetus- ja käsittelykustannuksia. Välivarastojen ja työpisteiden väliset matkat ovat suuria, minkä seurauksena myös laadunhallinta on vaikeaa. (4, s. 476 - 477.)

Funktionaalinen layout on halpa ja helpompi toteuttaa kuin tuotantolinja. Funktionaalinen layout tekee tuotteiden vaihtamisen ja kapasiteetin kasvattamisen paljon joustavammaksi kuin tuotantolinja, mutta sen tuottavuus on heikompaa. (4, s. 476 - 477.)

3.3 Solulayout

Solulayout on ryhmä, joka muodostuu eri koneista ja työpisteistä, ja se on erikoistunut tietynlaisten työvaiheiden ja osien valmistamiseen. Solulayoutin materiaalinvirtaus on selkeä ja läpimenoaika tuotteella on lyhyt, kun sitä verrataan funktionaaliseen layoutiin. Asetusajat ovat lyhyet, kun tuotteita vaihdetaan. Solulayoutissa pystytään valmistamaan siihen suunniteltuja tuotteita joustavasti. Se on myös huomattavasti joustavampi ja tuottavampi kuin funktionaalinen layout. (4, s. 477 - 478.)

Layoutissa voidaan valmistaa tuotteita yksittäin tai sarjoina. Tällöin myös kappaleiden volyymi ja eräkoot voivat vaihdella. Laadunvalvonta on helppoa, sillä valmistusvaiheet ovat peräkkäin samalla alueella. Tämä mahdollistaa virheiden löytämisen nopeasti ja helposti. (4, s. 477 - 478.)

Solussa työntekijät vastaavat tehtävien suunnittelusta ja suorittamisesta. Työntekijät voivat suunnitella työnjaon ja tehtävien kierron keskenään. On perusteltu, että soluvalmistus nostattaa työntekijöiden tuottavuutta ja motivaatiota. (4, s. 477 - 478.)

4 AVIX-OHJELMA

AviX-ohjelma on ruotsalaisen Solme AB:n kehittämä videopohjainen ohjelmistotyökalu, jota käytetään tuotannon optimointiin, tuotannon tehokkuuden kehittämiseen, tuotannon-kehitykseen ja tuottavuuden tutkimiseen. Sen tavoitteena on parantaa yritysten kilpailukykyä sekä suunnittelussa että tuotannossa. (6.)

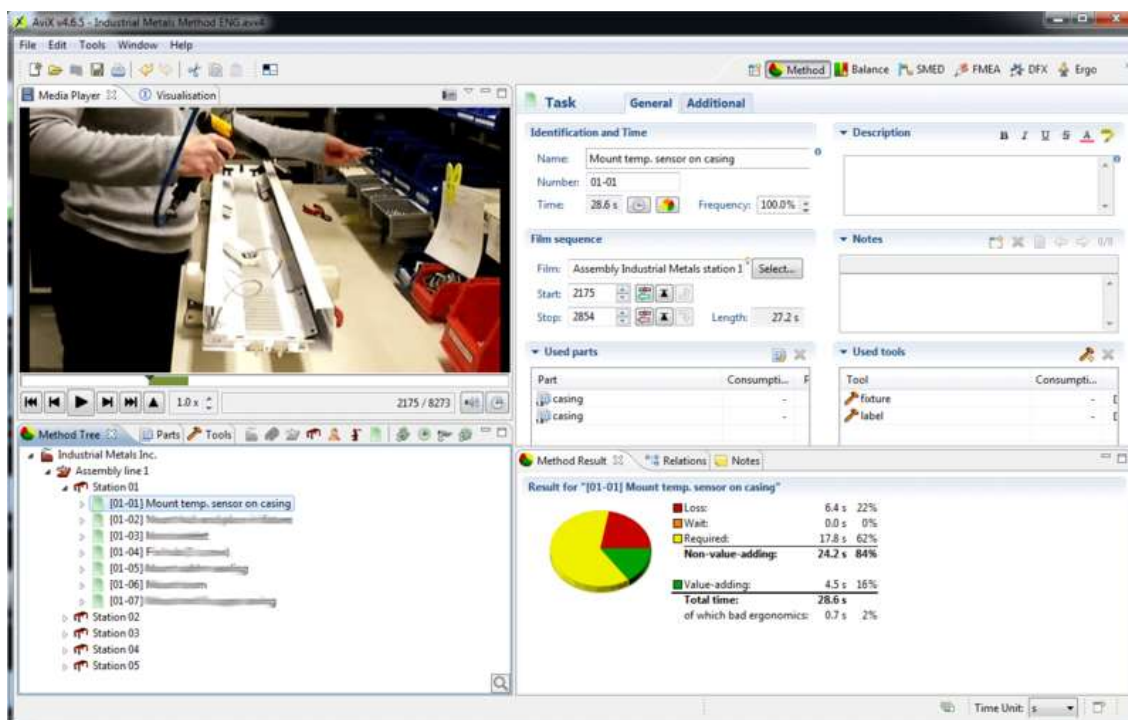
4.1 Käyttö

AviX-ohjelman käyttö aloitetaan tietyn työvaiheen tai prosessin kuvaamisella. Kuvausten onnistuminen onkin yksi oleellinen osa analysoinnin onnistumiseen. Kuvauksien onnistumiseen voidaan vaikuttaa oikeanlaisella kameralla sekä oikealla kuvakulmalla. Ennen kuvausten aloittamista on hyvä tutustua etukäteen kuvattavaan prosessiin. Prosessista voidaan suorittaa muutama testikuvaus, jotta kuvaaminen varmasti onnistuisi. Testin avulla saadaan varmistettua, että kaikki oleelliset liikkeet ja tehtävät tulevat videolle. Kuvauksista täytyy myös ilmoittaa aina etukäteen työntekijöille, jotta kuvaukset eivät tule yllätyksenä. Kuvatessa voidaan myös hyödyntää työntekijöiden tietämystä työstä ja sen ongelmakohtista. Lopuksi kuvamateriaali täytyy saada oikeanlaiseen muotoon, jotta niitä voidaan helposti analysoida ohjelmalla. (7.)

Videon analysointiin käytetään AviX-ohjelman eri moduuleita, joita ovat Method, Resource Balance, SMED, FMEA, DFX ja Ergo (6.). Tässä työssä käytetään Avix Methodia.

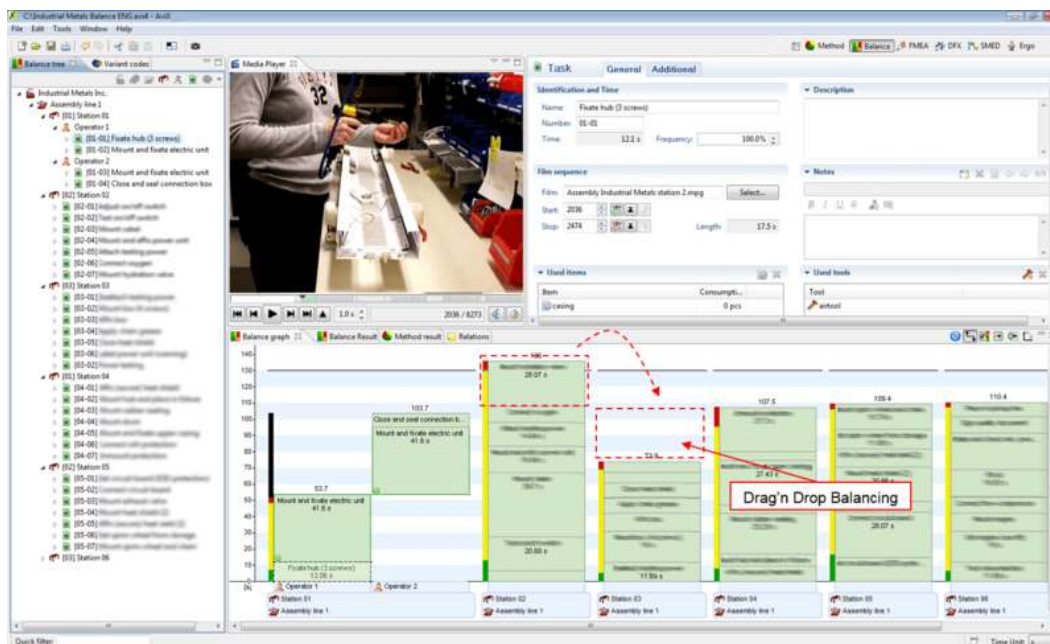
4.2 AviX-moduulit

AviX Method on kokoonpanotyön aikaa ja prosessin menetelmien analysoimiseen kehitetty työkalu. Siinä hyödynnetään kuvamateriaalia ja MTM-pohjaisia standardiaikoja. Sillä voidaan kehittää kokoonpanotyön tuottavuutta ja vaiheajoja. Methodilla luodaan kokoonpanotyön työasemat ja ne jaotellaan työvaiheisiin. Työvaiheet jaetaan AviX Methodin avulla arvoa kasvattaviin, aputoimintoihin ja hukkaan. Kun prosessin vaiheet on jaettu näihin edellä mainittuihin kategorioihin, voi ohjelma luoda näiden tietojen pohjalta analyysin. Kuvassa 1 nähdään työvaiheesta saatu analyysi eli diagrammi, jossa vihreä väri on arvoa kasvattavaa, keltainen tarkoittaa aputoimintoja ja punainen on hukkaa. (6.)



KUVA 1. Avix Methodin näkymä (6)

AviX Resource Balance on tarkoitettu tuotannon tasapainottamiseen. Se hyödyntää AviX Methodin analyysia tuotantolinjan tasapainottamiseen. Sen avulla voidaan lisätä linjan suorituskykyä ja virtausta tasapainottamalla työvaiheet. Se toimii drag and drop -menetelmällä, eli työvaiheita voidaan siirrellä toisesta työvaiheesta toiseen työvaiheeseen. Näin nähdään heti, kuinka se vaikuttaa kokoonpanolinjan ja työvaiheiden tuottavuuteen ja tehokkuuteen. Tällä tavoin Resource Balancella voidaan simuloida myös uusia tuotantolinjoja. (6.)



KUVA 2. AviX Resource Balancen käyttö (6)

AviX SMED on työkalu asetusajojen analysoimiseen. Sillä voidaan jakaa asetusajat sisäisiin ja ulkoihin asetuksiin. Se antaa käyttäjälle selkeän ja visuaalisen katsauksen asennustyöstä sekä ajasta ja käyttöasteesta. (6.)

AviX FMEA on riskin analysoimiseen tarkoitettu työkalu. Sillä luodaan FME-analyseja eli vika- ja vaikutusanalyseja. (6.)

AviX DFX on työkalu, jolla keskitytään tuotteeseen ja sen suunnitteluun. Sillä tehdään analyysia kokoonpantavuudesta. Se standardoi ja yksinkertaistaa menetelmät, joilla voidaan ratkaista kokoonpantavuuden ongelmat. (6.)

AviX Ergo on työkalu, jolla voidaan videon avulla tarkastella työn ergonomisuutta. AviX Methodilla tehdyn analyysin pohjalta liikkeet ja työvaiheet kategorioidaan kahdeksaan perusliikkeeseen ja neljään ergonomialuokkaan. AviX Ergon avulla voidaan parantaa työn tehokkuutta ja ehkäistä pitkäaikaisia loukkaantumisia. (6.)

5 KOKOONPANOLINJAN SUUNNITTELU

Työn tavoitteena oli suunnitella kokoonpanolinja uusiin tiloihin ja poistaa hukkaa lean-menetelmillä. Suuremmat tavaravirrat ja sopivimmat toimintatavat olivat keskeisiä asioita kokoonpanolinjaa suunniteltaessa. Tärkeimmät päätavoitteet olivat layoutsuunnittelu, työpistesuunnittelu ja työmenetelmien kehittäminen.

5.1 Lähtötilanne

Lähtötilanteessa koko kokoonpano tehtiin yhdellä työpisteellä. Alkuperäisellä työpisteellä toimii vain yksi työntekijä, joka oli vastuussa kokoonpanosta. Huomattiin, että työskentelyalue oli pieni ja sekava. Työpisteellä ja sen vieressä oli keskeneräisiä tuotteita sekä niiden ympärillä oli kokoonpanoon kuuluvaa materiaalia. Suuri osa materiaalista ei mahtunut työpisteen viereen, joten niitä oli myös työpisteen ympärillä laatikoissa, lavojen päällä ja myös varastossa. Tästä aiheutui paljon keskeneräisen tuotannon ja osien siirteilyä. Aikaa kului myös materiaalin etsimiseen ja hakemiseen, sillä osille ei ollut merkittyjä paikkoja, vaan niitä joutui etsimään työpisteen ympäriltä ja varastosta. Osia siis etsittiin aina silloin, kun niitä tarvittiin.



KUVA 3. Osat työpisteen ympärillä

Epäsiistin työskentelyalueen lisäksi kaikkia osia ei ollut saatavilla, joten jouduttiin tekemään vain niitä työvaiheita, joihin osia oli. Jouduttiin myös odottamaan osia, joiden pinnoitus oli epäonnistunut, mikä esti tuotteen kokoonpanoa loppuun. Syntyi paljon kesken-eräisiä tuotteita, joita säilytettiin työpisteen vierellä. Materiaali, joita kokoonpanoon käytettiin, tilattiin alihankkijoilta ja osa koneistettiin tehtaan koneistamossa.

5.2 Nykytilan selvitys

Kokoonpanolinjaan perehtyminen aloitettiin nykytilan selvityksellä. Sen tarkoituksena oli oppia kokoonpanon vaiheet, jotta saadaan kokonaiskuva tämänhetkisestä kokoonpanolinjan tilanteesta. Nykytilan selvityksen avulla tunnistetaan nykyisen linjan ongelmat, joita pyritään huomioimaan layoutsuunnitelmassa ja työpisteiden suunnittelussa.

Ensimmäisten huomioiden jälkeen aloitettiin tutkimaan työohjeita. Työohjeissa oli selkeä työvaiheistus, missä järjestyksessä tuote tulisi tehdä. Ensimmäisenä työvaiheen olisi rungon kokoonpano. Seuraavaksi tehtäisiin z-akselin kokoonpano, joka kiinnitettäisiin runkoon. Seuraavaksi x- ja y-akselin suuntaisten liikkeiden kokoonpano, joka kiinnitetään myös runkoon. Tämän jälkeen tulisivat ohjain, peili ja mittauspään kiinnikkeet. Sen jälkeen olisi testaus, mutta sitä ei huomioitu tässä työssä. Sen jälkeen olisi loppukokoonpano, jossa kiinnitettäisiin ulkokuoret, minkä jälkeen se olisi valmis pakattavaksi ja toimitettavaksi asiakkaalle.

Työohjeisiin perehtymisen jälkeen aloitettiin kokoonpanotyöhön perehtyminen. Tämä tehtiin Avix-ohjelman avulla. Jokainen työvaihe kuvattiin GO Pro -kameralla, minkä jälkeen videot analysoitiin Avix-ohjelmalla. Kuvaukset suoritettiin kamera työntekijän päähän kiinnitettynä, jotta saadaan tarkasti kaikki työntekijän liikkeet kuvattua. Työvaiheet vaiheistettiin työohjeiden avulla, jotta sen analysointi olisi helpompaa ja selkeää.

Analysoinnissa hukaksi merkittiin kaikki ylimääräiset liikkeet, kuten osien ja työkalujen hakeminen sekä osien siirtely paikasta toiseen. Aputoimintoja olivat kaikki toiminnot, jotka tarvittiin osien kiinnittämiseen. Esimerkiksi osien asettaminen ja säätäminen kuuluvat aputoimintoihin. Jalostavaa työtä ovat kaikki osien kiinnittämiset toisiinsa. Analysoinnissa ei huomioitu ohjeiden katsomista, virheitä tai muita toimintoja, jotka eivät kuuluneet kokoonpanotyöhön. Ainoastaan analysointiin tuotteen rakentumista kokonaiseksi tuotteeksi.

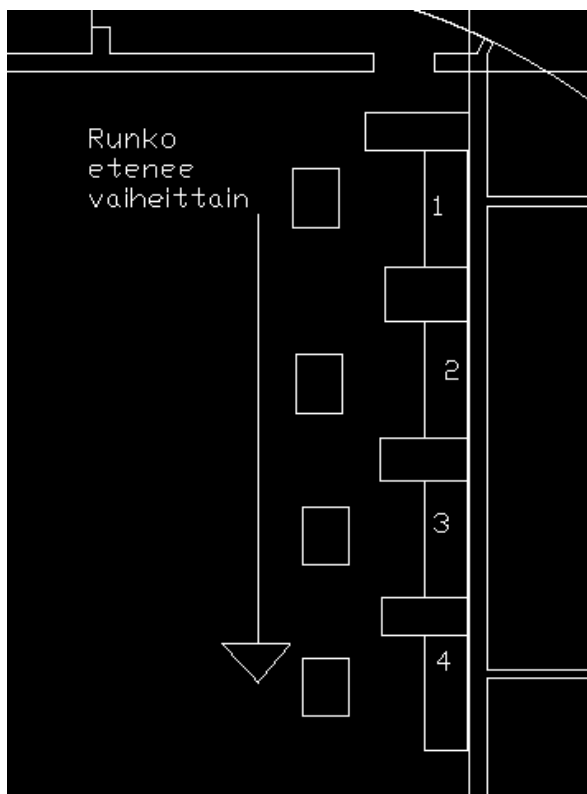
Läpimenoaika on noin 15,5 tuntia. Tästä 19 % on hukkaa eli 3,06 tuntia on turhaa työtä. Jalostavaa työtä saatiin 21 % ja loput ovat tarpeellista työtä ja aputoimintoja. Aluksi yhden laitteen kokoonpanoon meni noin 20 tuntia. Tästä on jo päästy hieman eteenpäin, kun tuotteita on valmistettu enemmän ja työntekijät oppineet tuotteesta enemmän. Lisäksi analyysissä ei huomioita työhöjien lukemista ja virheiden korjaamista. Jo työhöjien lukemiseen meni huomattavasti aikaa, koska tuote on vielä melko uusi.

5.3 Layoutsuunnittelu

Analysoinnin pohjalta aloitettiin kokoonpanolinjan layoutsuunnittelu. Ennen tätä kuitenkin vaiheistettiin työvaiheet, minkä pohjalta pystyttiin helposti suunnittelemaan layout. Vaiheistuksessa tasapainotettiin kokoonpanolinja niin, että jokaisen työpisteen läpimenoaika olisi lähellä toisiaan. Vaiheistuksessa myös huomioitiin, että työ etenee selkeässä järjestyksessä ja kokoonpanolinja olisi virtaava.

Layoutsuunnittelu aloitettiin, kun saatiin kokonaisvaltainen käsitys kokoonpanotyöstä. Videoanalysointiin perustuen ja vaiheistuksen pohjalta pystyttiin suunnittelemaan layout kokoonpanolinja uusiin tiloihin. Suunniteltiin kokoonpanolinja, johon luotiin neljä työpistettä. Ensimmäisenä tehdään runko ja z-akselin kokonaisuus, joka kiinnitetään runkoon. Näiden jälkeen toisessa vaiheessa tehdään x- ja y-akselin kokonaisuus, joka kiinnitetään runkoon. Näiden työvaiheiden jälkeen tehdään elektroniset liitännät ja kaapeloinnit sekä x- ja y-akselin verhojen kiinnittäminen. Kolmannessa vaiheessa tehdään peilin, ohjaimen ja mittauspään kiinnikkeen kokoonpanot, jotka kiinnitetään runkoon sekä tehdään loppukokoonpano.

Päädyttiin vaiheistukseen, jossa ensimmäisen työvaiheen kokonaisaika on 3 tuntia ja 36 minuuttia. Toisen työvaiheen kokonaisaika on 5 tuntia ja 30 minuuttia ja kolmannen työvaiheen kokonaisaika on 4 tuntia ja 18 minuuttia. Viimeisen työvaiheen kokonaisaika jää huomattavasti pienemmäksi kuin muiden. Sen läpimenoaika on 2 tuntia ja 12 minuuttia. Viimeisessä työvaiheessa tuotteelle tehdään lopputestaus. Tätä ei kuitenkaan huomioida tuotteen kokoonpanoajassa.



KUVA 4. Uusi layout

Kokoonpanolinja pyrittiin vaiheistamaan niin, että työpisteiden työajat ovat lähellä toisiinsa. Tuotteen kokoonpano on vaikea ja monimutkainen, joten työajat on vaikea saada täysin tasapainoon keskenään. Vaiheistuksessa täytyy huomioida työvaiheet, jotka pitää tehdä tietyssä järjestyksessä ennen muita työvaiheita, mikä tuottaa vaikeuksia tasapainotukseen.

Kokoonpanolinja on suunniteltu aiempaa isommille valmistusmäärille sekä materiaalivirtausta on parannettu. Se on myös suunniteltu niin, että valmiit tuotteet ovat lähempänä lähettämöä, jolloin vältetään tuotteiden ylimääräisestä liikuttelusta. Tällä layoutilla saadaan myös työpiste ja sen ympäristö selkeäksi, mikä tekee myös niistä turvallisempia, kun ylimääräiset työkalut ja materiaalit ovat pois edestä.

Jo videoanalysoinnin pohjalta todettiin, että materiaalien hakemisesta koostuu suurin osa hukasta, jolloin materiaali tarvittaisiin lähemmäs työpistettä. Tuotteen osat ovat suuria, joten kaikki osat eivät mahdu työpisteelle. Tämän seurauksena työpisteiden viereen tuotiin materiaalitasot, jonka päältä työntekijä voi helposti ottaa osia kokoonpanoa varten. Jo

layoutia suunniteltaessa on huomioitu 5S:n vaikutusta ja tehty sen toteuttaminen helpommaksi, kun työpisteet on jaettu omille paikoille. Tällöin työpisteille kertyy omat tarvittavat materiaalit.

Suunnittelussa siis huomioitiin, ettei tapahtuisi turhaa liikkumista ja materiaalivirtaus olisi tehokas ja sujuva. Lisäksi suunniteltiin kokoonpanolinja, joka mahdollistaa useamman henkilön työskentelyn, mikä tarkoittaa sitä, että on valmius aiempaa suurempiin tilausmääriin.

5.4 Työpisteiden suunnittelu

Työpisteiden suunnitteluun oli tarkoitus soveltaa 5S-menetelmää. 5S:llä pyritään saamaan työpisteet siisteiksi ja järjestelmällisiksi. Tällöin saadaan työ tehtyä niin, ettei ylimääräistä aikaa mene työkalujen hakemiseen ja laatu paranee, kun jokainen vaihe tehdään oikeilla työkaluilla. Visuaalisilla elementeillä myös saadaan kokoonpanolinjalle jokaiselle osalle, työkalulle ja muille komponenteille omat paikat, jolloin nähdään, onko kaikki oikealla paikalla ja tallessa.

5S:n toteuttaminen riippuu siitä, saadaanko jokaiselle työpisteelle omat työkalut, sillä jokaisella työntekijällä on henkilökohtaiset työkalukärryt. 5S toteutettaisiin ensimmäisen vaiheen mukaan eli sorteeraus. Ensimmäisenä jokaisella työpisteellä käytetyt työkalut merkitään. Näistä merkityistä työkaluista tarkistetaan jokainen, että tarvitaanko sitä todella tällä työpisteellä vai ei. Ne työkalut, joita tarvitaan, jätetään työpisteelle. Muut työkalut, joita ei välttämättä tarvita, jätetään pois. Seuraavaksi toteutetaan systematisointi. Työkaluille tehdään oma paikka työpisteellä. Se voi olla magneettiliuska tai jonkinlainen paletti, johon on merkitty jokaisen työkalun paikka lapulla tai muodolla. Näissä voidaan myös käyttää värikoodeja jokaiselle työpisteellä eriväriset, jolloin ne eivät sekoitu keskenään. Mutta jos työntekijä käyttää vain henkilökohtaisia työkalujaan, voidaan tehdä lista työkaluista, joita tarvitaan tällä työpisteellä. Myös muita visuaalisia käytäntöjä voidaan toteuttaa, kuten alueen rajausta ja osien nimikointi.

Täydellistä 5S:ä ei välttämättä tarvitse yhdelle kokoonpanolinjalle, mutta sitä voidaan soveltaa, jotta kaikki ylimääräinen etsiminen ja hakeminen jää pois. Järjestelmällinen työpiste helpottaa työskentelyä ja tuottaa parempaa laatua oikeilla työkaluilla.

Työpisteille suunniteltiin myös tila materiaalitasoille. Materiaalitaso tarvittiin sillä työpisteelle ei ole tilaa kaikille osille. Materiaalitasolle tulisi laittaa selkeät paikat jokaiselle kappaleelle ja koodit, jossa olisi tuotteen nimi ja paikka mistä löytyy. Koodit helpottavat tuotteiden hakemista varastosta. Päätettäväksi jää, että onko linjalla keräilijä. Keräilijällä olisi helpompaa se, että runko liikkuisi seinän vierustalla, jolloin se pystyisi helpommin täyttämään materiaalikärryjä sekä työpisteillä olevia laatikoita. Tällöin voisi käyttää kaksilaatikkomenetelmää, eli kun laatikko tyhjenee esimerkiksi ruuveista, voisi keräilijä hakea täyden laatikon lähellä olevasta varastosta. Keräilijän olisi helppo ottaa laatikot ja käydä täyttämässä. Vaikkakin keräilyn suunnitteleminen ei kuulunut kokoonpanolinjaan, täytyi keräilyä hieman huomioida suunnittelun yhteydessä.

5S:n toteuttaminen voisi teoriassa poistaa hukan, joka löydettiin videoanalysoinnin perusteella. Tämä hukka sisälsi suurimmaksi osaksi työkalujen etsimistä ja hakemista, osien hakemista työpisteiltä ja varastosta sekä työpisteen järjestelyä. Videoanalysoinnista hukkaa löytyi 19%, mikä mahdollistaisi läpimenoajan pienenemistä kolmella tunnilla.

6 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli suunnitella kokoonpanolinjalle uusi layout uusiin tiloihin, suunnitella työpisteet uuteen toimintaympäristöön sekä työmenetelmien kehittäminen. Samalla tarkoitus oli poistaa hukkaa lean-menetelmillä.

Työ jäi nykytilan selvittämiseen sekä layoutin ja materiaalivirtauksien suunnitteluun. Kun suunnitellut layout ja työpisteet voidaan toteuttaa, olisi tarkoitus suunnitella ja kehittää valmistusmenetelmiä kokoonpanolinjassa. Valmistusmenetelmiin ei perehdytty toimituksien viivästyksen ja osien uudelleen pinnoituksen takia.

Työ aloitettiin nopealla aikataululla heti, kun työ saatiin rajattua. Nykytilan kartoitus aloitettiin ilman suunniteltua aikataulua. Vaikka aikataulu oli tiukka, työ aloitettiin nykytilan kartoituksella eli kuvaamalla kokoonpanolinjan vaiheet. Alussa jo huomattiin, että komponenttien toimittamisessa oli ongelmia, joten kuvaamisia jouduttiin lykkäämään ja kokoonpanolinjan vaiheita kuvattiin satunnaisessa järjestyksessä. Tämä vaikeutti saamaan täydellistä kokonaiskäsitystä kokoonpanolinjasta. Analysointi jouduttiin aloittamaan kuvauksien kanssa samaan aikaan ennen kuin kunnon käsitys tuotteesta ja kokoonpanolinjasta oli saatu. Lisäksi arviointi analyysin tekemiseen oli vaikeaa. Videoiden analysointi kesti odotettua kauemmin, mikä viivästytti työn valmistumista.

Työpisteet eivät ole tällä hetkellä tasapainossa. Tulevaisuudessa olisi mahdollista toteuttaa tasapainottaminen. Mikäli haluaa kokoonpanolinjasta vielä enemmän virtaavan, tulisi linja tasapainottaa. Tämä auttaisi ainakin silloin, jos tilauksia tulee enemmän ja joutuu useammalla työntekijällä työskentelemään linjalla.

5S toteuttaminen myös jää myöhemmin toteutettavaksi. Materiaalitasojen tilaaminen sekä osien järjestely työpisteille tulisi tehdä, jotta hukka saadaan poistettua. Lisäksi yrityksen täytyy päättää, onko tarvetta keräilijälle, joka toisi osat kokoonpano linjalle. Osien hakemiseen meni kokoonpanijalla paljon aikaa, mikä muodosti suuren osan hukasta.

Vaikka työ aloitettiin nopeasti ja viivästyksiä tapahtui, saatiin toteutettua layoutsuunnittelu ja työpisteiden suunnittelu. Nämä ovat toteutettavissa myöhemmin ja niitä voidaan edelleen analysoida ja parantaa, mikä antaa taas mahdollisuuksia uusiin projekteihin.

LÄHTEET

1. Lean-ajattelu. Logistiikan maailma. Reijo Rautauoman säätiö. Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/prosessien-kehittaminen/lean-ajattelu/> Hakupäivä 16.5.2019.
2. Liker, Jefferey K. 2006. Toyotan tapaan. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
3. Väisänen, Jouni 2013. Viiden ässän kehitystyökalu. Quality Knowhow Karjalainen Oy. Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/viiden-aessaen-kehitystyoevalu/> Hakupäivä 17.5.2019.
4. Haverila, Matti J. – Kouri, Ilkka – Miettinen, Asko – Uusi-Rauva, Erkki 2005. Teollisuustalous. 5. painos. Tampere: Tammer-Paino Oy.
5. Tuotannon layout. Logistiikan maailma. Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/tuotantostrategia/tuotannon-layout/> Hakupäivä 19.5.2019.
6. Avix – A general description of the software. 2018. Sweden: Solme AB. Saatavissa: <https://www.avix.eu/en/areas-of-use/avix-overview/> Hakupäivä 13.5.2019.
7. Avix 4 User Manual. Sweden: Solme AB.