

Antti Hakoniemi

Sähkömoottorikokoonpanon kehittäminen

AL1A-kokoonpanolinjan tuottavuuden, turvallisuuden sekä ergonomian kehittäminen

Opinnäytetyö

Kevät 2019

SeAMK Tekniikka

Konetekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SeAMK Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Auto- ja työkonetekniikka

Tekijä: Antti Hakoniemi

Työn nimi: Sähkömoottorikokoonpanon kehittäminen

AL1A-kokoonpanolinjan tuottavuuden, turvallisuuden sekä ergonomian kehittämisen

Ohjaaja: Kitinoja Kimmo

Vuosi: 2019

Sivumäärä: 56

Liitteiden lukumäärä:1

Työn toimeksiantajana toimi ABB Oy, Motors & Generators Vaasan yksikkö. Työssä suunniteltiin layout-muutos Vaasan sähkömoottorikokoonpanolinjalle. Kokoonpanolinjan layout-muutos todettiin tarpeelliseksi yrityksen sisäisessä Lean-toimintaan liittyvässä Kaizen-pajassa.

Tavoitteena oli parantaa kokoonpanolinjan tuottavuutta ja virtausta ja vähentää pullonkaulojen muodostumista eri työvaiheissa. Suurin syy kokoonpanolinjan pullonkaulan aiheutumiseen oli tuotteiden vaihtelu, sillä suuri osa kokoonpanolinjalla valmistettavista moottoreista on asiakkaan tarpeiden mukaisia mittatilaustöitä. Virtaus-
tehokkuuden parantamisessa keskityttiin pääosin vaihtelun ja hukan vähentämiseen, ei niinkään itse työn nopeuttamiseen. Lisäksi tavoitteina oli parantaa turvallisuutta ja ergonomiaa. Tärkeänä työkaluna tässä toimi Lean 5S-menetelmä.

Kokoonpanolinjasta suunniteltiin kaksi vaihtoehtoista layout-mallia. Tärkein muutos oli turhien nostojen ja siirtojen vähentäminen. Tämä korjattiin uusissa layouteissa vaunukuljettimilla. Lisäksi työläimpään liitántätyövaiheeseen lisättiin nostopöytiä, joilla parannettiin ergonomiaa ja vähennettiin työvaiheen pullonkaulan muodostumista. Liitántätyövaiheen toimintaa helpotettiin myös lisäämällä osavarastoja lähemmäksi työvaihetta. Tällä vähennettiin turhaa liikettä ja tavaroiden etsimistä.

Avainsanat: Lean-ajattelu, tehokkuus, tuottavuus, ergonomia, työturvallisuus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical Engineering

Specialisation: Automotive Engineering

Author: Antti Hakoniemi

Title of thesis: Development of electric motor production

Developing the productivity, safety and ergonomics of the AL1A production line

Supervisor: Kitinoja Kimmo

Year: 2019 Number of pages: 56 Number of appendices: 1

The work was commissioned by ABB Oy, Motors & Generators Vaasa Unit. The aim was to design a layout change for the assembly line of electric motors in Vaasa. The layout change for the assembly line was found to be necessary in the company's Kaizen workshop.

The target was to improve the productivity and flow of the assembly line and to reduce bottlenecks at different stages of the production. The main reason for the bottlenecks was the variation in products, because most of the manufactured electric motors were designed to meet customers' needs. The main improvement of flow efficiency focused on reducing the effects of variation and reducing the waste, rather than speeding up the work itself. Another target was to improve safety and ergonomics. An important tool for this was the Lean 5S method.

Two alternative layout models were designed for the assembly line. The most important change was to reduce unnecessary lifts and transfers. This was corrected in the new layout with carriage conveyors. In addition, lifting tables were added to the connection position, which improved ergonomics and reduced the formation of a work-stage bottleneck. The operation of the connection position was also facilitated by increasing the part stock near the work stage. This would reduce unnecessary movement and searching for goods.

Keywords: Lean thinking, efficiency, productivity, ergonomics, work safety

SISÄLTÖ

SISÄLTÖ.....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet	7
1 JOHDANTO.....	8
1.1 Työn tausta	8
1.2 Työn tavoitteet	9
1.3 Työn rakenne	10
1.4 ABB Oy	11
1.5 Kokoonpanon toiminta	12
2 LEAN	13
2.1 Lean-työkalut	15
2.2 Virtaustehokkuuden parantaminen	16
2.3 Virtaustehokkuuden soveltaminen	17
2.4 5S-menetelmä ja sen hyödyt.....	18
2.5 Hukan minimointi	20
3 ERGONOMIA	23
3.1 Työpisteen ergonomia, työasennot ja työliikkeet.....	23
3.2 Työn kuormitustekijöiden välttäminen ja vähentäminen.....	23
3.3 Ergonomia AL1A-kokoonpanolinjalla	24
4 TURVALLISUUS	26
4.1 Työpaikan rakenteellinen ja toiminnallinen turvallisuus ja terveellisyys	26
4.2 Järjestys ja siisteys	27
4.3 Yrityksen turvallisuuskäytännöt.....	27
4.4 Turvallisuuden kehittäminen AL1A-kokoonpanolinjalla	29
5 LAYOUT-MUUTOS	30
5.1 Layouttyypit.....	31
5.1.1 Funktionaalinen layout.....	31
5.1.2 Solulayout	32
5.1.3 Tuotantolinjalayout.....	33
5.2 Layoutsuunnittelu	34

5.2.1 Kokoonpanolinjan vaiheajat ja radan mitoitus.....	35
5.2.2 Tuotantolinjalayoutin suunnittelu.....	37
5.3 Nykyinen layout.....	38
5.4 Layout-muutoksen vaikutukset.....	41
5.5 Uusi layout, 1. versio.....	43
5.6 Uusi layout, 2. versio.....	46
5.7 Aikataulutus layout-muutokselle.....	49
6 TULOKSET	50
7 YHTEENVETO.....	52
LÄHTEET.....	54
LIITTEET	56

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo

Kuvio 1. ABB Motors & Generators tuotteita (ABB motors and generators)	11
Kuvio 2. 4Q-prosessin vaiheet (ABB Group 2017).....	28
Kuvio 3. Työvaiheiden keskimääräiset valmistusajat	35
Kuvio 4. AL1A Layout	38
Kuvio 5. Kokoonpanolinjan puristus- ja liitäntävaiheet	39
Kuvio 6. Kokoonpanolinjan puristus- ja liitäntävaiheen ongelmat.....	39
Kuvio 7. AL1A uusi layout, versio 1.....	43
Kuvio 8. Kokoonpanolinjan puristus- ja liitäntävaiheen toiminta.....	44
Kuvio 9. Kokoonpanolinjan roottoriasennus- ja laakeripuristusvaiheen toiminta ...	45
Kuvio 10. AL1A uusi layout versio 2.....	46
Kuvio 11. Kokoonpanolinjan vaiheet puristuksesta laakeripuristimelle	46
Kuvio 12. Kokoonpanolinjan koestus- ja telakkavaiheen toiminta	47

Käytetyt termit ja lyhenteet

WIP/KET	(Work in progress) Keskeneräinen tuotanto.
5S	Lean-menetelmän työkalu, jolla parannetaan mm. työpisteiden ja niiden ympäristön siisteyttä ja järjestelmällisyyttä.
Lean	Japanilainen filosofia, joka on kehitetty alkujaan Toyotan autoteollisuutta varten parantamaan tuotannon virtausta.
Kaizen	Jatkuvan parantamisen malli, jolla pyritään löytämään ongelmakohdat ja kehittämään näin tuotantoa koko ajan tehokkaammaksi.
Layout	Tarkoittaa tehtaan tuotantojärjestelmien fyysisten osien sijoittelua.
Pullonkaula	Tuotannon hitain tai työläin työvaihe, jossa on suurimmat kappaleiden läpimenoajat.

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Työn toimeksiantajana toimii ABB Oy, Motors & Generators yksikkö. Yrityksen sisäisessä Kaizen-pajassa todettiin, että kokoonpanolinjan layout-muutos on tarpeellinen haluttujen tavoitteiden saavuttamiseksi.

Suurimmat ongelmat nykyisessä kokoonpanolinjassa ovat lukuisat moottoreiden siirrot ja nostot nostokraanalla. Tilanpuutteen takia ensimmäisen työvaiheen (puristus) täytyy sijoittaa moottoreita väliaikaisesti kokoonpanolinjan lattialle odottamaan ennen seuraavaa työvaihetta. Lisäksi seuraavan työvaiheen (liitäntä) ahtaus aiheuttaa ongelmia, koska työntekijät joutuvat väistämään toisiaan lähes aina, kun moottoreita siirretään työvaiheiden välillä. Liitäntän kuormituksen vähentäminen oli myös erittäin oleellisessa osassa layout-muutoksen toteutuksessa. Yrityksen Kaizen-pajassa esitetystä videomateriaalista selvisi, että yhden moottorin valmisteluun saattaa kulua jopa 20 minuuttia. Valmisteluun sisältyy moottorin siirto työpöydälle, työkortin lukeminen sekä tarvittavien osien etsiminen ja osien valmistelu asennusta varten.

5S-menetelmän käyttöönotto aloitettiin kokoonpanolinjalla kesälomien jälkeen 2015 sorttauksella, eli poistamalla kaikki turhat varaosat ja työkalut työpisteiltä. Seurannoissa turhia osavarastoja löytyi työpisteiltä vielä jonkin aikaan, mutta lopulta työpisteille jäi vain olennaiset tavarat. Alkusiivouksen jälkeen aloitettiin kaikkien työpisteiden ja työpöytien systematisointi. Työpisteiden osahyllyihin tarramerkittiin jokaiselle osalle oma paikka ja ne nimettiin osan mukaan. Myös työkalujen paikat merkittiin ja järjestettiin työpisteissä. Harvemmin tarvittavat työkalut ja osat siirrettiin työpöytien laatikoihin, jotka järjestettiin pienempiin lokeroihin väljakajilla. Kokoonpanolinjan kaikki työvaiheet käytiin läpi ja jokaiseen työvaiheeseen nimettiin vastuuhenkilöt.

1.2 Työn tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää ABB Oy:n sähkömoottorituotannon kokoonpanolinjan tuottavuutta, turvallisuutta ja ergonomiaa. Työssä suunnitellaan kokoonpanolinjalle layout-muutos, jolla pyritään parantamaan kokoonpanolinjan tuotannon virtausta, lyhentämään liitännävaiheen läpimenoaikoja ja vähentämään kokoonpanolinjan erinäisiä hukkan muotoja. Tähän pyritään kehittämällä työpisteitä helpommin virtaaviksi, vähentämällä moottoreiden nostoja ja parantamalla työpisteiden ergonomiaa ja turvallisuutta. Apuna työssä hyödynnetään Leanin peruseriaatteita, 5S-menetelmää sekä jatkuvan parantamisen Kaizen-mallia.

Suurin syy kokoonpanolinjan pullonkaulan aiheutumiseen oli tuotteiden vaihtelu. Tavoitteena oli parantaa virtaustehokkuutta vähentämällä vaihtelun vaikutuksia kokoonpanolinjalla. Valmistettavan tuotteen vaihteluun ei pystytä kuitenkaan kovinkaan paljon vaikuttamaan, sillä moottorit ovat usein asiakkaan toiveiden mukaisesti tilattuja mittatilaustöitä.

Tähän mennessä kokoonpanolinjalla toteutettu 5S on toiminut kokoonpanolinjalla hyvin, mutta kehitettävää löytyy kuitenkin aina. Työntekijöiden sitoutuminen muutokseen on ollut hieman ristiriitaista, kuten kaiken uuden käyttöönotossa ja toteutuksessa usein käy. Työssä pyritään myös syventämään 5S:n merkitystä kokoonpanolinjalla ja myös sitouttamaan työntekijät paremmin sen käyttöön.

1.3 Työn rakenne

Ensimmäisessä luvussa käsitellään työn taustalla vaikuttavia tekijöitä sekä työn tavoitteet. Toisessa luvussa käsitellään työn teoriaa. Teoriaosuuteen kuuluvat Lean periaatteet, 5S-menetelmä, hukka ja virtaustehokkuus. Ergonomiaa ja turvallisuutta käsitellään laajemmin omien otsikoidensa alla luvuissa kolme ja neljä. Layout-muutoksessa käydään läpi layouttyypit ja layoutsuunnittelu. Työn lopussa kerrataan yhteenvetona taustat ja tavoitteet sekä layout-muutoksella saavutetut tulokset.

1.4 ABB Oy

ABB Oy on maailmanlaajuinen johtava sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtiö. Yhtiö perustettiin 1988 Asea ja Brown Boverin yhdistyessä, mutta sen historia ulottuu yli 120 vuoden päähän suomalaisen Strömberg Oy:n ajoille. Pääkonttori sijaitsee Sveitsin Zurichissa. Yrityksen osakkeilla käydään kauppaa Zurichin, New Yorkin, ja Tukholman pörseissä. Yrityksellä on maailmanlaajuisesti henkilöstöä 135 000 noin 100 maassa. Suomessa ABB toimii yli 20 paikkakunnalla ja henkilöstöä on noin 5 000. (ABB yhtiö; ABB historia)

ABB on maailman johtava teollisuuden moottoreiden valmistaja. Maailmanlaajuisesti moottori- ja generaattoriliiketoiminta työllistää noin 14 000 henkeä. Tehtaita on maailmanlaajuisesti 36 kappaletta 11 maassa. Suomessa moottori- ja generaattoriliiketoiminta työllistää 1520 henkilöä, joista 530 henkilöä työskentelee Vaasassa ja 910 henkilöä Helsingissä. Vaasan tehtaassa vastualueeseen kuuluu pienjännitemoottoreiden tuotekehitys ja valmistus vaativiin käyttöihin maailmanlaajuisesti. Helsingin Pitäjänmäen tehtaassa vastualueeseen kuuluu korkeajännitemoottoreiden, dieselgeneraattoreiden ja kestopagneettimoottoreiden valmistus ja kehittäminen. (ABB yksiköt; ABB motors and generators)



Kuvio 1. ABB Motors & Generators tuotteita (ABB motors and generators)

1.5 Kokoonpanon toiminta

Kokoonpanolinjalla työskennellään normaalisti kahdessa vuorossa 40 tunnin työviikkoja. Kokoonpanolinjan ongelmakohtana ovat useat moottoreiden nostot työvaiheiden aikana ja työpisteiden välillä. Moottorit nostetaan korkeavarastosta puristimelle, jossa staattoripaketit puristetaan moottoreiden runkoihin. Puristimella työskentelee yksi työntekijä/vuoro. Puristimelta moottorit nostetaan liitäntäpisteille, jossa staattoripaketit liitetään liitinalustoihin. Liitäntävaiheessa on yksi pitkä rullarata, sekä toisella puolella kolme työpöytää, joista kaksi on nostopöytiä. Liitännässä työskentelee 3-4 työntekijää vuoroa kohti. Ahtaus haittaa työvaihetta, koska moottoreita nostellaan kokoonpanon roottoriasennuspisteelle liittämisen jälkeen ja toisen puolen kolmen työpisteen järjestely on hidas, sillä toinen työntekijä joutuu väistämään aina, kun moottoreita kuljetetaan. Roottoriasennuspisteessä moottoriin asennetaan roottori ja kilvet. Tämän jälkeen moottori nostetaan laakeripuristimelle, jossa moottoriin asennetaan laakerit ja ulommat laakerikilvet. Näissä työvaiheissa työskentelee 2 hlöä/vuoro. Kääntyvä ja laskeva kuljetin siirtää moottorin koestuspisteelle, jossa moottori koeajetaan. Koestuksessa työskentelee 1 hlö/vuoro. Mikäli moottoriin tehdään vielä erikoisasennuksia, moottori siirretään linjan alkuun telakalle, joko korkeavaraston tai trukin avulla. Erikoisasennuspisteellä, jota kutsutaan myös telakaksi, työskentelee 1 hlö/vuoro. Erikoisasennusten jälkeen moottori kuljetetaan mahdollisesti vielä takaisin koestukseen, josta se lähetetään korkeavaraston kautta maalaamoon. Mikäli uudelleen koestusta ei tarvita moottori kuljetetaan suoraan telakalta maalaamoon korkeavaraston kautta.

2 LEAN

Lean-menetelmän tavoitteina on saada samoilla resursseilla enemmän. Menetelmän tekniikka perustuu virtauksen kiihdyttämiseen. Pääperiaatteita ovat hukan minimointi ja virtauksen maksimointi. Kaikki asiat mitkä eivät tuota lisäarvoa ovat hukkaa. (Kankaanranta 18.11.2015). Hukkaa ja sen muotoja käsitellään laajemmin luvussa 3.5 Hukan minimointi. Leanin perimmäiset tarkoitusperät ovat kuitenkin tuottaa arvoa asiakkaalle ja kasvattaa virtausnopeutta (Kankaanranta 18.11.2015).

Lean ei ole suoranaisesti staattinen tila, joka halutaan saavuttaa. On tärkeää muistaa, että valmista ei tule koskaan. Toimintastrategialla pyritään parantamaan virtaustehokkuutta unohtamatta kuitenkaan resurssitehokkuutta ja mieluiten jopa niin, että resurssitehokkuuttakin parannetaan. Toimintastrategiaa voidaan pitää toteutettuna, kun tavoite saavutetaan. Tarkoituksena ovat jatkuva kehittäminen ja parantaminen. Leaniä hyödyntävää yritystä ei määritellä nykytilanteen mukaan, vaan sen muutoksien kautta aikaansaamien parannusten perusteella. (Modig & Åhlström 2013, 149).

Lean koostuu neljästä periaatteesta, jotka ovat:

- Tiimityö
 - Viestintä
 - Jatkuvat parannukset
 - Resurssien tehokas hyödyntäminen ja hukan poistaminen
- (Modig & Åhlström 2013, 79)

Leania tarkastellaan usein kaavalla:

$$\text{Kokonaisjaksoaika} = \text{Arvoa lisäävä aika} + \text{Arvoa lisäämätön aika}$$

(Kankaanranta 2015)

Kaava kuvaa, mistä kokonaisjaksoaika muodostuu, mutta se ei kuitenkaan kerro koko totuutta. Kaavan perusteella voidaan kuvitella, että ei arvoa lisäävän ajan poistaminen johtaa aina parempiin tuloksiin. Näin ei todellisuudessa tapahdu kuitenkaan usein. (Kankaanranta 18.11.2015)

Kaavan ongelmat:

- oletetaan että ”ei arvoa lisäävän ajan” poistuminen siirtyy automaattisesti arvoa lisääväksi ajaksi
- kaava ei ohjaa siihen, mitä pitäisi tehdä ”ei arvoa lisäävän ajan” poistamiseksi.

(Kankaanranta 18.11.2015)

Kaavaa kannattaakin tarkastella keskeisen kysymyksen kautta: ”Kuinka tuotetaan hyviä tuotteita ja mihin parannus pitää toteuttaa?”. Tavoitteena tässä on ratkaista tuotantoketjusta ongelmat, jolloin aika lyhenee ja virtaus nopeutuu. (Kankaanranta 18.11.2015)

Hukka on virtausta estävä tekijä, josta asiakas ei ole valmis maksamaan. Kun hukan taustalla olevat tekijät poistetaan, myös hukka poistuu. Hukan olemassaoloa voidaan arvioida kahden asian avulla: virtaus ja asiakkaan kokema arvo. (Kankaanranta 18.11.2015)

Arvoa lisäävän työn tunnistaminen:

- Työn pitää olla sellaista, minkä asiakas tunnistaa tärkeäksi ja josta hän on valmis maksamaan.
- Työn pitää muuttaa prosessin tuotetta.
- Työ on tehtävä ensimmäisellä kerralla oikein.

(Kankaanranta 18.11.2015)

Tuotteiden ja palveluiden tulee kulkea yksinkertaista ja suoraa reittiä. (Modig & Åhlström 2013, 80). Työssä pyritäänkin yksinkertaistamaan kokoonpanolinjan rakennetta ja asettamaan työvaiheet ns. oikeaan järjestykseen. Tällöin tavaran tarpeeton kuljettaminen vähenee ja välimatkat lyhenevät.

2.1 Lean-työkalut

Leanin oleelliset työkalut opinnäytetyön osalta ovat:

- 5S-työkalut, JIT, Kanban, Kaizen – jatkuva parantaminen, Muda hukan muodot, Mura epätasapaino ja Muri ylikuormitus.

Kaizen eli jatkuva parantaminen on oleellisena osana yrityksen toimintaa. Kaizen-ajattelu ajaa jatkuvan parantamisen kautta yritystä kokoajan eteenpäin kehittyneemmäksi ja paremmaksi organisaatioksi. Yksikertaisesti Kaizenin toteuttaminen tarkoittaa, että kyse ei ole pelkästään virtaustehokkuuden parantamisesta, vaan myös eri tavoista olla kehittyvä organisaatio. Jatkuvia parannuksia tekevällä organisaatiolle karttuu uutta osaamista, ymmärrystä, kokemuksia ja opetuksia asiakkaan tarpeista ja niiden mahdollisimman tehokkaasta tyydyttämisestä. (Modig & Åhlström 2013, 152). Kaikkien parannusten tulee tapahtua tieteellisen menetelmän mukaisesti ja ohjaajaksi tarvitaan henkilö mahdollisimman alhaalta organisaatiosta. (Modig & Åhlström 2013, 80). Muutoksille tulee siis aina olla tieteelliset perusteet niiden hyödyllisyydestä.

Womack:n viiden kohdan määritelmä:

- Arvo – Tuote
Tuotteiden arvon määrittäminen asiakkaan näkökulmasta.
- Arvoketju – Arvovirta
Arvon muodostumisen tunnistaminen (arvoa tuottava aika)
- Virtauttaminen – Liikevaihto / hukka
Toiminnan organisoiminen siten, että tuotteet virtaavat tasaisesti pysähtymättä arvoketjussa sekä virtauksen esteiden ja hukkien poistaminen.
- Tarpeen mukainen toiminta – JIT
Välittömän asiakastarpeen mukainen toteutus.
- Täydellisyyteen pyrkiminen – Kaizen
Laatuvirheiden ja hukkatekijöiden poistaminen
(Kankaanranta 2015)

VSM Value Stream Management – Arvovirran johtamisen keino

- Leaniin sitoutuminen: Business strategia
 - Arvovirran valitseminen: Kohde – Arvovirta – Prosessi
 - Leanistä oppiminen: Näkökulmia teoriasta ja työkaluista
 - Nykytilan kuvaaminen: Hukan ja esteiden ymmärtäminen
 - Lean-mittareiden tunnistaminen: Tavoitteiden arvioiminen ja asettaminen
 - Tulevaisuuden tilan kuvaaminen: Suunnittele parannus
 - Luodaan uusi arvovirta
 - Puretaan esteet ja/tai vähennetään keskeneräistä tuotantoa
 - Perättäinen parannus
 - Luodaan Kaizen-suunnitelma ja suunnitellaan toteutus
 - Toteutetaan Kaizen-suunnitelma
- (Kankaanranta 2015)

2.2 Virtaustehokkuuden parantaminen

Työvaiheen työn nopeuttaminen ei ole tärkeintä Lean-ajattelussa. Tärkeintä on odotusaikojen lyhentäminen. Virtaustehokkuudessa ei keskitytä arvoa tuottavien toimintojen nopeuttamiseen vaan arvonsiirron tiheyden maksimointiin ja arvoa tuottamattomien toimintojen karsimiseen. Virtaustehokkuuden määrittämisessä pyritään löytämään ”oikea” nopeus työvaiheisiin. (Modig & Åhlström 2013, 28)

Virtaustehokkuutta voidaan parantaa:

- Vähentämällä keskeneräisten virtausyksiköiden määrää karsimalla jonojen muodostumisen syitä ihmisten, informaation tai materiaalien keskuudessa.
 - Työskentelemällä nopeammin, jolloin jaksoaika vähenee.
 - Resursseja lisäämällä, jolloin kapasiteetti kasvaa ja jaksoaika vähenee.
 - Poistamalla ja vähentämällä prosessin vaihtelun eri muotoja.
- (Modig & Åhlström 2013, 45)

2.3 Virtaustehokkuuden soveltaminen

Tässä opinnäytetyössä ei oleellisesti keskitytty työntekijöiden työn nopeuttamiseen, vaan pyrittiin vähentämään pullonkaulojen muodostumista. Eliminoimalla pullonkaula se alkaa kuitenkin esiintymään jossain muussa työvaiheessa kokoonpanolinjassa, (Modig & Åhlström 2013, 37). Tässä työssä ei siis pyritty poistamaan pullonkaulaa, vaan keventämään kokoonpanolinjan pullonkaulaan kohdistuvaa kuormitusta. Suurin syy kokoonpanolinjan pullonkaulan aiheutumiseen on tuotteiden vaihtelu. Yrityksen kokoonpanolinjan tuotteiden vaihteluun ei pystytä kuitenkaan kovin paljon vaikuttamaan, sillä moottorit ovat usein asiakkaan toiveiden mukaisesti tilattuja mittatilaustöitä. Vaihtelun vaikutusten vähentämiseksi suunnitelmissa oli pienentää kauppojen kappalemääriä. Käytännössä suunnitelmana oli, että yhdelle kaupan positiolle voitaisiin ottaa maksimissaan 4 kpl työläämpiä moottoreita. Mikäli moottoreita myytäisiin enemmän, ne tulisi jakaa useampiin kaupan positiioihin. Näin ollen kokoonpanolinjaa suuresti kuormittavia moottoreita ei vapautettaisi kokoonpanolinjalle valmistettavaksi suuria määriä samaan aikaan.

Osien varastoiminen lähemmäksi sähkömoottorikokoonpanon työpisteitä lyhentää kappaleiden vasteaikaa, mutta valmistukseen kuluva arvoa tuottava aika pysyy ennallaan. Lisäksi hyvin organisoidut työpisteet vähentävät vaihtelua, sillä tavaroita ei jouduta etsimään, vaan ne ovat helposti löydettävissä ja ovat ns. käden ulottuvilla.

2.4 5S-menetelmä ja sen hyödyt

Yksinkertaistettuna 5S tarkoittaa sitä, että tavaroiden on oltava niille merkityillä oikeilla paikoilla. 5S-menetelmää käyttämällä pyritään luomaan hyvin organisoituja ja toimivia työpisteitä. Näin voidaan vähentää vaihtelua, jota syntyy silloin, jos tarvittava asia ei ole helposti löydettävissä ja saatavilla, vaan sitä joudutaan etsimään. (Modig & Åhlström 2013, 144).

5S-menetelmän muutos lähtee siitä, että luovutaan vanhasta. Tämän jälkeen luodaan uusi selkeämpi ja toimivampi ympäristö. Siivoamisen ja järjestämisen takana on tavoitteita liittyen lyhyempään vasteaikaan ja parempaan käytettävyyteen. (Kankaanranta, 4.11.2015, 8). Hyvänä sääntönä tavaroista luopumiselle voidaan pitää, että työpisteistä poistetaan kaikki tavarat, joita ei ole käytetty viimeisen 30 päivän aikana, tai ei tulla käyttämään seuraavan 30 päivän aikana. (Teknologiateollisuus ry 2009, 9).

5S-työkalun osa-alueet ovat:

- Sortteeraus – Poistetaan tarpeettomat tavarat työpisteiltä.
- Systematisointi – Mietitään parhaat varastointimenetelmät esim. merkitsemällä lavapaikat lattialle, työpisteiden alueiden selkeät merkinnät ja työkalujen oikeat paikat. Tavarat ja työkalut löytyvät helposti, kun niillä on oma selkeä sijainti
- Siivous – Päivittäinen siivous helpottaa epäjärjestyksen löytämistä. Esimerkiksi koneiden öljyvuodot ovat helposti paikallistettavissa, kun ympäristö on puhdas.
- Standardisointi – Standardoidaan työpaikan parhaat käytännöt. Standardisointi ylläpitää kolmea aikaisempaa osa-aluetta. Kun koneet ja niiden ympäristöt ovat puhtaina kaikesta liasta, tätä osa-aluetta voidaan pitää toteutuneena. Vasta sen jälkeen, kun puhdistamista on toteutettu jonkin aikaa, standardisointia voidaan pitää olemassa olevana.
- Seuranta – Pidetään huolta, että käytäntöjä noudatetaan. Ns. ylläpitämispilari.

(Kankaanranta 4.11.2015)

Systematisoinnin avulla tunnistetaan nopeasti poikkeamat tuotannossa. Kun lattialle merkitään lavapaikat keskeneräiselle tuotannolle, ne ovat helposti havaittavissa ja tilanteeseen pystytään puuttumaan nopeasti (Teknologiateollisuus ry 2009, 11). Kun tavaroille ja työkaluille on määritelty selkeät paikat, 5S-menetelmän toteutumisen seuranta helpottuu ja kaikki toiminnan poikkeavuudet havaitaan helposti ja nopeasti. Systematisoinnin käyttöönotossa tulee hyödyntää kokoonpanolinjan työntekijöiden ammattitaitoa tarpeellisten työkalujen ja osien selvittämiseksi. Tavaroiden asettelussa työntekijät tietävät mitä tarvitaan eniten, jolloin nämä tavarat voidaan asettaa tärkeysjärjestyksen mukaan helpoiten saataville.

Siivouksessa tulee ottaa myös huomioon, että roska-astioita on riittävä määrä ja ne ovat lähellä työpisteitä. Kaikkien työpisteiden viereen sijoitetaan tavallisia isoja roska-astioita, joita tyhjennetään aina tarpeen vaatiessa. Kokoonpanolinjan liitännässä ja erikoisliitännässä jätettä syntyy eniten kaapelijätteen muodossa. Näissä työpisteissä normaalien isojen roska-astioiden lisäksi työntekijöillä on käytössä omat pienemmät roska-astiat, joihin kaapelijätteet on helppo kerätä työnteon ohella. Jätteet eivät siis keräänny työpisteiden edustoille, vaan pieniin roska-astioihin, jotka tyhjennetään tarpeen vaatiessa, tai työvuoron jälkeen, liitäntätyöpisteen vieressä olevaan kaapelijätekonttiin.

Pääasiallisesti hyvin järjestetty ja siisti tehdas

- on tuottavampi
 - tuottaa vähemmän viallisia tuotteita
 - saavuttaa määräajat paremmin
 - on paljon turvallisempi paikka työskennellä
- (Kankaanranta 4.11.2015, 6)

Lisäksi konkreettisia hyötyjä ovat seuraavat:

- Järjestyksen mukainen sijainti vähentää asioiden etsimisestä aiheutuvaa hukkaa.
- Puhtaat työpisteet ja työvälineet parantavat toiminnan tehokkuutta.
- Virheet ja vaarat ovat helposti ja nopeasti havaittavissa.
- Aikataulun mukaiset toimitukset saavutetaan virheiden ja vikojen poistuksessa.
- Loukkaantumis- ja rikkoontumisriskit pienenevät.

- Poissaolot vähentyvät turvallisen ja terveellisen ympäristön asioista.
- Koneiden ja laitteistojen käyttöikä pitenee ja niiden toimintaa on helppo seurata.

(Kankaanranta 4.11.2015, 21–27)

Hyödyt työntekijälle:

- Kommunikointi helpottuu niiden kanssa joiden kanssa työskentelet, varsinkin vuoronvaihdossa.
- Lisää työskentelymukavuutta ja parantaa näin myös työntekijän tehokkuutta, kun työympäristö on siisti, järjestelmällinen ja selkeä.

(Kankaanranta 4.11.2015, 28–29)

2.5 Hukan minimointi

Toteutukseen painottuvat periaatteet:

- Arvo määritetään lopullisen asiakkaan näkökulmasta.
- Virtauksen vaiheet tulee tunnistaa ja ne, jotka eivät tuota arvoa, tulee poistaa (hukka).
- Arvoa tuottavat vaiheet järjestetään niin, että tuote virtaa koko ajan sujuvasti asiakasta kohti.
- Kun virtaus on valmiina, asiakkaat vetävät arvoa ylävirtaan.
- Kun yllä olevat 4 vaihetta on tehty, prosessi aloitetaan uudelleen alusta ja tätä jatketaan kunnes päästään tilanteeseen, jossa tuotetaan arvoa ilman hukkaa.

(Modig & Åhlström 2013, 80)

Hukan muodot:

Muda (Waste) – Hukka, josta asiakas ei ole valmis maksamaan.

- Muda on yleisimmin tunnettu hukan muoto. Hukan luokkia ovat ylituotanto, turhat varastot, turha kuljetus, turha liike, yliprosessointi, odotus, sekä laatuongelmat tai uudelleen tekeminen. Yleisimmin Mudaa nimitetään seitsemäksi hukaksi. Myöhemmin joukkoon on lisätty myös kahdek-

sas hukka, joka on osaamisen vähäinen hyödyntäminen tai hyödyntämättä jättäminen. Hukan jokaista muotoa voidaan havaita tai selvittää toiminnasta ja ne käsittelevät toiminnassa esiintyvää ei toivottavaa tilannetta, jotka ovat oireita eivätkä syitä. (Piirainen 19.2.2014)

Hukan luokat:

- Ylituotannolla tarkoitetaan välitöntä tarvetta suurempaa tuotantoa. Ylituotanto eli varastoon valmistaminen ja keskeneräinen tuotanto saattavat johtaa muiden hukkien syntymiseen, sillä suuret varastot piilottavat ongelmia ja vaikeuttavat tuotannon todellisten ongelmien havaitsemista.
- Odottelu ja viivästyksset kuten laitevikojen ja materiaali puutteiden aiheuttamat viivästyksset eivät tuota arvoa asiakkaalle.
- Turha kuljettaminen kuluttaa työntekijöiden varsinaista työaikaakaan eikä lisää arvoa asiakkaalle.
- Laatu virheet johtavat asiakastytymättömyyteen ja hukkaavat materiaaleja ja tuotannon resursseja, mikäli työ joudutaan tehdä uudelleen.
- Turhat varastot pidentävät läpimenoaikoja, piilottavat ongelmia ja lisäävät kustannuksia.
- Yliprosessointi tarkoittaa asiakkaalle arvoa tuottamattomia tuotteen liiallisia käsittelyjä.
- Turha liike tarkoittaa esimerkiksi tuotannossa osien hakemista kaukaa työpisteestä. Tarpeeton liike on hukkaa, mikäli se ei tuota arvoa tuotteeseen.
- Käyttämätön luovuus tarkoittaa hyödyntämättä jätettyä työntekijöiden osaamista. Työntekijöiden kattavat tiedot työvaiheista ja menetelmien toiminnasta ja kehittämisestä tulisi aina olla hyödynnettävissä. (Kouri 2010, 10–11)

Hukkaa tuottavat tekijät nykyisessä layoutissa olivat

- turha kuljetus, moottoreiden siirrot kraanalla, trukilla ja korkeavaraston kautta
- turha liike, varaosien sijainti kaukana kokoonpanolinjasta
- odottaminen ja epätasapaino, työvaiheiden välinen eri tahtisuus, korkeavaraston hitaus ruuhka-aikoina

- ylikuormitus kokoonpanolinjan liitántätyövaiheessa
- yliprosessointi; liitántätyövaiheessa käsin tehtävät koneistukset
- laatuvirheet; vialliset komponentit ja niiden tuottaminen, korjaaminen, uudelleentyöstäminen, pois heittäminen ja tarkastus tarkoittavat hukattua tarpeetonta käsittelyä ja turhaa työtä
- turhat varastot, ennen 5S-menetelmää työpisteissä oli huomattava määrä ylimääräisiä osia ja työkaluja
- osaamisen hyödyntäminen, työntekijöiden osaamista voisi aina hyödyntää enemmän yrityksen kehitysprojekteissa.

Mura (Unevenness) eli epätasapaino, jolloin tahtiajoissa on suuria eroja.

- Mura on missä tahansa toiminnassa havaittu epätasapaino. Tasapainoa on mahdotonta saavuttaa, kun toiminnoissa on aina vaihtelua. Vaihtelun avulla pystytään paikallistamaan läpimenon esteet eli pullonkaulat. Toimintoihin alkaa kertyä hukkaan kysynnän ja ominaispiirteen muodostumisajan vaihtelun takia. Tämä avulla voidaan paikallistaa toiminnoissa esiintyvät olevat ongelmat. (Pirainen 19.2.2014)

Kokoonpanolinjan työvaiheista liitántävaihe altistuu eniten vaihtelulle. Suuri tuotteiden vaihtelu aiheuttaa pullonkaulan muodostumista tähän työpisteeseen. Tämän takia liitántävaiheen kuormitusta pyritään lievittämään uudessa layoutissa.

Muri (Overburning) – Ylikuormitus työpisteessä.

- Muri on työsuoritusta tekevään kohteeseen kohdistuva ylikuormitus. Kuormituksen suunnittelu vaikeutuu, koska kysyntä ja ominaispiirteen muodostumisaika aina vaihtelee. Ylikuormitus paljastaa kuormitusongelman. (Pirainen 19.2.2014)

Tässä tapauksessa ylikuormitus kohdistuu kokoonpanolinjan liitántävaiheeseen, jossa sitä pyritään helpottamaan lisäämällä työpisteitä työvaiheeseen. Ylimääräisille työpisteille voidaan näin ollen tarvittaessa siirtää työvoimaa muista työvaiheista. Työntekijöitä pyritään siirtämään työpisteiltä, joissa kuormitus on lievempää, tai tulisi olemaan lievempää, jos työt kasautuisivat ylikuormittuneessa kokoonpanolinjan liitántävaiheessa.

3 ERGONOMIA

Ergonomian tärkeys toiminnan kehittämisessä on merkittävässä roolissa. Työskentelymenetelmiä ja työn ergonomiaa kehittämällä parannetaan myös työn tuottavuutta, työskentelymukavuutta ja edistetään työssä jaksamista. Huonosta ergonomiasta johtuvat poissaolot ovat aina hukkaa, joten hyvään ergonomiaa panostaminen on kaikkien etu. (Kouri 2013, 12–13)

3.1 Työpisteen ergonomia, työasennot ja työliikkeet

Työturvallisuuslain (L 738/2002) mukaan työpisteiden rakenteet ja käytettävät työvälineet on valittava, mitoittettava ja sijoitettava ergonomisesti asianmukaisella tavalla työn luonteen ja työntekijän edellytykset huomioon ottaen. Niiden tulee myös olla mahdollisuuksien mukaan säädettävissä ja järjestettävissä. Käyttöominaisuuksien tulee olla sellaisia, että työ voidaan tehdä aiheuttamatta työntekijän terveydelle haitallista tai vaarallista kuormitusta. Lisäksi on otettava huomioon, että

- työntekijällä on tarpeeksi tilaa työn tekemiseen sekä mahdollisuus vaihtaa työasentoaan
- työtä pystytään keventämään tarvittaessa apuvälineillä
- raskaat käsin tehtävät nostot ja siirrot on tehtävä mahdollisimman turvallisiksi, mikäli niitä ei voida välttää tai keventää apuvälineiden avulla
- toistorasituksen aiheuttamaa haittaa pyritään välttämään ja ellei se ole täysin mahdollista, se pyritään minimoimaan.

(L 738/2002, 24 §)

3.2 Työn kuormitustekijöiden välttäminen ja vähentäminen

Jos työntekijän todetaan työssään kuormittuvan hänen terveyttään vaarantavalla tavalla, työnantajan on asiasta tiedon saatuaan ryhdyttävä toimiin kuormitustekijöiden selvittämiseksi sekä vaaran välttämiseksi tai vähentämiseksi. (L 738/2002, 25§).

Kokoonpanolinjalla järjestetään työpaikkaselvitys työpisteittäin joka toinen vuosi. Kokoonpanolinjalla olisi kuitenkin hyvä järjestää työterveyshenkilön vierailuja hie-
man useamminkin, jolloin työntekijät voisivat myös kertoa hänelle työntekoa kuor-
mittavista tekijöistä. Työterveyshenkilö seuraisi työntekoa muutaman tunnin ajan,
jolloin hän listaisi riskikohteet. Tätä kautta kehitystä vaativat kohteet selviäisivät ai-
kaisemmin, jolloin kehitystiimi voisi tarttua niihin ja alkaa kehittämään parannuksia.
Mikäli työasennoissa löytyisi korjattavaa, työterveyshenkilö opastaisi työntekijöille
ergonomisempia työskentelyasentoja ja nostotaktiikoita, jotka olisivat vähemmän
kuormittavia.

3.3 Ergonomia AL1A-kokoonpanolinjalla

Ergonomian kehittämisen pääkohtana ovat nostopöydät kokoonpanolinjan liitän-
nässä. Tällä hetkellä liitännässä on vain kaksi erillistä nostopöytää. Lisäksi tarpeel-
liset ja tärkeimmät moottorin osat ja työkalut pyritään saamaan mahdollisimman lä-
helle työpisteitä turhan kulun välttämiseksi. Valaistus ja ilmanvaihto ovat myös oleel-
lisiä kehityskohteita. Valaistusta pyritään parantamaan tehokkaammalla paremmin
kohdistetulla valaistuksella. Ilmanvaihtoa ei tässä työssä laajemmin käsitelty, sillä
ilmanvaihdon parantaminen toteutettaisiin layout-muutoksen jälkeen.

Kokoonpanolinjan kiinteän rullaradan korkeus on 700 mm sekä koestuksessa 400
mm. Näillä korkeuksilla moottoreita on helppo liikuttaa rataa pitkin, eikä työntekijöi-
den tarvitse kuormittaa itseään huonoissa asennoissa. Koestuksen rata on madal-
lettu, jotta työntekijän on helppo suorittaa moottoreiden esimittaukset useimmiten
moottoreiden yläosassa olevista liitinalustoista.

Kokoonpanolinjan ergonomiaa huomioiden linjalle tullaan asentamaan nosto- ja
kääntöpöytiä parhaan työasennon ja moottoreiden kevyemmän kääntämisen
vuoksi. Lisäksi linjalle tulee manipulaattoreita, joilla kevennetään raskaiden taakko-
jen nostamista. Moottoreiden asennus suoritetaan nostokraanalla niiden painavuu-
den vuoksi. Näillä apuvälineillä vältetään yleisimmät selän ja hartioiden rasitukset.
Seisontatyötä tekeville voidaan asentaa pehmenneismatto esim. nostopöytien
eteen, jotta kovalla betonilattialla seisominen ei rasittaisi työntekijää liikaa. Lisäksi

työpisteillä on satulatuoleja, jotta työtä voidaan tehdä myös istuen. Näillä toimenpiteillä työteko kevenee eikä kehoa rasiteta liikaa.

Ergonomiaa parantaa myös 5S-työkalun käyttö. 5S-työkalun osa-alueiden hyödyntäminen kokoonpanolinjalla parantaa osien etsimistä ja työtyytyväisyyttä sekä vähentää turhautumista tavaroiden ja työkalujen ollessa käsien ulottuvilla. Osien systematisointi ja numerointi oli aloitettu jo nykyisessä layoutissa, joten sitä hyödynnetään myös uudessa layoutissa. Siisteys parantaa myös huomattavasti työtyytyväisyyttä. Käytäntönä kokoonpanolinjalla onkin, että työpisteet siivotaan aina päivän päätteeksi ja roskakorit ja -astiat tyhjennetään aina tarpeen vaatiessa. Kun työpisteet ovat siistejä, työntekeä näyttää ammattimaiselta myös ulkopuolisten näkökulmasta.

4 TURVALLISUUS

Työympäristön turvallisuuden takaaminen on aina lähtökohtana toiminnan kehittämisessä. Työtapaturmista johtuvat poissaolot ovat hukkaa, joten turvallisuuden painottaminen toiminnan kehittämisessä on hyvin tärkeää. Kun työympäristö puutteet ovat kunnossa, keskittyminen työhön paranee, turhautuminen vähenee ja yleinen ilmapiiri työyhteisössä paranee. Näin työpaikasta tulee mieluisa ympäristö, jolloin työsuhteet pidentyvät ja pitkäaikainen osaaminen säilyy yrityksessä. (Kouri 2010, 12-13)

4.1 Työpaikan rakenteellinen ja toiminnallinen turvallisuus ja terveellisyys

Työpaikan materiaalien ja varusteiden, rakenteiden, sekä laitteiden tulee olla turvalisia ja terveellisiä työntekijöille. Turvallinen käsiteltävyys, kunnostettavuus ja puhdistettavuus ovat myös välttämättömiä. (L 738/2002, 32 §)

Kaikkien työpaikan alueiden, joissa työntekijät työnsä vuoksi liikkuvat, kuten kulku- teiden, käytävien, uloskäytävien ja pelastusteiden, työskentelytasojen ja muiden alueiden, on oltava turvalisia ja ne on pidettävä turvalisessa kunnossa. Asianmukaisia uloskäytäviä ja pelastusteitä tulee olla riittävä määrä työpaikalla ja ne on aina pidettävä vapaina eikä niihin pääsy saa olla milloinkaan tai millään tavalla estettynä. Turva- ja muut merkinnät tulee olla asianmukaisesti merkittyjä. (L 738/2002, 32 §)

Kokoonpanolinjalle lisättiin myös Lockout/Tagout -järjestelmä, jonka tavoitteina on mahdollistaa sähkölaitteiden helppo ja nopea lukitus. Linjan päähän sijoitettiin info- taulun tyyppinen taulu, jossa on kaikki tarvittavat lukitusvälineet sekä työpisteiden pohjakuvat. Pohjakuvien tarkoituksena on auttaa paikallistamaan sähkölaitteiden sijainnit ja katkaisijoiden paikat sekä laitteille sopivat lukitustyökalut.

4.2 Järjestys ja siisteys

Työpaikalla on kiinnitettävä huomiota turvallisuuden ja terveellisyyden edellyttämään järjestykseen ja siisteyteen. Siivous ei saa vaarantaa tai haitata työntekijöiden turvallisuutta tai terveyttä. (L 738/2002, 36 §)

Siivouksen ja järjestys tulee kokoonpanolinjalle 5S-menetelmän kautta. Tavarat ja työkalut sijoitetaan mahdollisimman hyvin kädenulottuville merkityille paikoille. Työpisteet siivotaan aina työpäivän päätteeksi sekä keräys- ja roska-astiat tyhjennetään tarpeen vaatiessa. Roska-astioita sijoitetaan riittävä määrä työpisteiden läheisyyteen, sekä pienempiä roska-astioita annetaan työpisteille työntekijöille henkilökoh- taiseen käyttöön tarpeen vaatiessa.

Siivous kokoonpanolinjalla on toiminut melko hyvin jo ennen 5S:n käyttöönottoa. Käytäntönä oli, että aamuvuoro tyhjentää keräys- ja roska-astioita tarpeen vaatiessa ja iltavuoro suorittaa perusteellisemman siivouksen työpäivän päätteeksi. Parannuksena siisteyteen voitaisiin työviikon päätteeksi suorittaa vielä perusteellisempi siivous, jolloin työt olisi mukavampi aloittaa seuraavalla viikolla puhtaalta pöydältä.

4.3 Yrityksen turvallisuuskäytännöt

ABB Oy:llä on käytössään yhtiötasoinen toimintajärjestelmä, joka on sertifioitu kansainvälisen työturvallisuusstandardin OHSAS 18001:2007 mukaan. Suomen Standardoimisliiton (2017) mukaan OHSAS-standardin työterveys- ja työturvallisuusjohtamisjärjestelmän (TTT) avulla organisaatio pystyy hallitsemaan TTT-riskejään ja parantamaan TTT-toimintansa tasoa. Järjestelmä perustuu jatkuvaan parantamiseen sekä hyvään seurantaan ja perehdytykseen.

Turvallisuutta seurataan yrityksessä tarkasti. Tarkka seuranta ennaltaehkäisee tapaturmariskejä huomattavasti. Jokaisessa yksikön osastoissa työntekijät ja toimihenkilöt jaetaan ryhmiin, jotka kiertävät säännöllisin väliajoin tehtaita ja toimistoja. Turvallisuushavainnot kirjataan omaan tietokantaansa, jossa ne käsitellään ja korjauksia vaativista havainnoista ilmoitetaan osastoille, joissa ne ovat ilmenneet. Kai-

killä yrityksen henkilöstöön kuuluvilla on myös velvollisuus kirjata tai ilmoittaa kaikista turvallisuushavainnoista tai vaaratilanteista, ilmenee se sitten missä tai milloin tahansa yrityksen sisällä.

ABB:n kaikista sattuneista tapaturmista ja vaaratilanteista tehdään vähintään neljän kohdan analyysi. 4Q-analyysien yhteenvetojen tavoitteena on ennaltaehkäistä tapaturmia. 4Q-analyysissa on 4 vaihetta, jotka ovat *mittaa*, *analysoi*, *kehitä* ja *vakiinnuta*. Prosessin toiminta on kuvattuna ABB:n sisäisessä materiaalissa olleessa taulukossa (Kuvio 2.).

4Q-prosessi	
Q1 - Mittaa	Q2 - Analysoi
Määritä mahdollisuus. Tutki ymmärtääksesi nykytila perinpohjin.	Tunnista ja varmista ongelman juurisyyt.
Q4 - Vakiinnuta	Q3 - Kehitä
Vakiinnuta parannukset standardoimalla työmenetelmät tai prosessit.	Kehitä, testaa ja ota käyttöön ratkaisuja, jotka poistavat juurisyyt.

Kuvio 2. 4Q-prosessin vaiheet (ABB Group 2017).

Yrityksessä järjestetään myös turvallisuuteen liittyviä teemaviikkoja, jolloin keskitytään johonkin tiettyyn turvallisuuden osa-alueeseen, esimerkiksi tuotannon nostoturvallisuuteen. Tähän kuuluu mm. nostoliinosten ja -koukkujen tarkastukset ja tarvittavat huollot sekä yleisesti nostojen turvallisuuden seuraaminen. Lisäksi tuotannon toimintaa ja toimenpiteitä seurataan vuosittaisilla auditoinneilla, joiden tarkoituksena on selvittää, vastaavatko toimenpiteet tavoitteita ja ovatko ne riittävän tehokkaita turvallisuuden kehittämiseen.

4.4 Turvallisuuden kehittäminen AL1A-kokoonpanolinjalla

Layout-muutoksessa turvallisuutta parannetaan yksinkertaistamalla tuotantolinjaa ja lisäämällä kuljettimia, jotka liikkuvat työpisteiden välillä kiskoja pitkin puoliautomaattisesti. Ylimääräiset nostot saadaan poistettua ja moottoreita voidaan kuljettaa useampaa kerrallaan turvallisesti ilman nostamisen tarvetta. Lisäksi roottoreita varten kaavailtiin kuljetinta, johon roottoreita voitaisiin varastoida väliaikaisesti ja roottorit saataisiin kuljetettua useampi kappale kerrallaan rullaradan viereen. Tämä nopeuttaa roottoriasennusta lyhemmillä nostoilla. Lisäksi roottorit ovat turvallisesti kuljettimessa, eivätkä varastoituna lavoilla, kaukana rullaradasta. Työntekijöiden mukaan roottoreiden lastaus telineeseen auttaisi isommissa eräkoissa, jolloin roottoreiden lajittelu helpottuisi.

5S-menetelmän hyödyntäminen kokoonpanolinjalla lisää turvallisuutta. Työpaikkojen ja koneiden siisteys ja järjestys ovat olennainen osa linjan turvallisuutta. Kun osille ja työkaluille on selkeät merkityt paikat, tavarat eivät jää lojumaan kenenkään tielle ja ne ovat helposti löydettävissä. Työnteko on järjestelmällisempää ja virheiden sattuminen sekä tapaturmariskit vähenevät.

Turvallisuutta parannetaan kokoonpanolinjalla selkeyttämällä sen rakennetta. Layout-muutoksen käyttöönoton yhteydessä kaikkien työvaiheiden alueet voidaan merkitä ja rajata tarkemmin. Kokoonpanolinjan päässä olevalle lattialle saadaan merkityt lavapaikat keskeneräisille moottoreille, jolloin moottoreita ei varastoida väliaikaisesti paikkoihin estämään minkäänlaista kulkua.

5 LAYOUT-MUUTOS

Layoutilla tarkoitetaan tehtaan tuotantojärjestelmien fyysisten osien sijoittelua. Fyysisillä osilla tarkoitetaan laitteita, varastopaikkoja ja kulkureittejä. (Haverila, ym. 2005, 475). Layout-muutosta suunnitellessa tulee ottaa huomioon monia asioita. Tärkeimmät tavoitteet olivat turvallisuus, ergonomia ja työskentelymukavuus sekä selkeä ja hyvin virtaava rakenne. Kokoonpanolinja tuli myös olla helposti muutettavissa tarpeen vaatiessa. Lisäksi uutta kokoonpanolinjaa esiteltiin linjalla työskenteleville työntekijöille ja heidän kehitysideat ja kommentit otettiin vahvasti huomioon kokoonpanolinjan uutta layoutia suunnitellessa.

Toteutustapa valmistusprosesseissa ja työtehtävissä vaikuttaa valmistuksen kannattavuuteen ja tuotannon tavoitteiden toteutumiseen merkittävästi. Suunnittelussa on huomioitava, että valmistusmenetelmät, koneet ja laitteet sekä työskentelytavat vastaavat asetettuja tavoitteita. Nämä vaikuttavat suoraan tuotannon kustannustehokkuuteen, laatuun, joustavuuteen sekä kilpailukykyyn. (Haverila ym. 2005, 475).

5.1 Layouttyypit

Layouttyypit voidaan jakaa kolmeen päätyyppiin, jotka ovat tuotantolinjalayout, funktionaalinen layout sekä solulayout. Layouttyyppi valitaan tuotevalikoiman laajuuden ja valmistettavien tuotteiden määrien perusteella. Tuotantolinjalayoutissa valmistetaan suuria määriä samantyyppisiä tuotteita. Funktionaalisessa layoutissa valmistettavien tuotetyyppien valikoima on suuri, mutta tuotantomäärät ovat pienet. Solulayoutissa valmistetaan toistuvasti eri tuotteita, mutta ei kuitenkaan niin suuria määriä, että olisi kannattavaa rakentaa tuotteille omaa tuotantolinjaa. Solut pystyvät valmistamaan joustavammin erityyppisiä tuotteita tuotantolinjaan verrattuna. (Haverila ym. 2005, 475–479).

5.1.1 Funktionaalinen layout

Funktionaalisisessa layoutissa työpaikat ja koneet ryhmitellään työtehtävien samankaltaisuuden perusteella. Koneiden tuotantoteknologiaan perustuvan ryhmittelyn ansiosta funktionaalista layoutia nimitetään myös teknologiseksi layoutiksi. Tässä layout-mallissa tuotetyypit ja tuotantomäärät vaihtelevat usein huomattavasti. Hyödynnettävät koneet ja laitteet ovat yleensä monipuolisia yleiskoneita, joilla pystytään valmistamaan sujuvasti monia erilaisia tuotteita. Materiaalienkäsittelyyn voidaan soveltaa automaatiota vain hyvin rajoitetusti toisistaan poikkeavien työnkulkujen vuoksi. Tuotannonohjaus perustuu eri koneiden jonottavien töiden järjestelyyn, jolloin töiden ohjaus oikea-aikaisesti työvaiheesta toiseen on vaikeaa. Lisäksi työvaiheiden suuret etäisyydet kasvattavat materiaalien kuljetus- ja käsittelykustannuksia. (Haverila ym. 2005, 476)

Funktionaalinen layout on halvempi ja helpompi toteuttaa tuotantolinjaan verrattuna. Erilaisten tuotteiden valmistaminen ja kapasiteetin kasvattaminen ja on myös joustavampaa. Tuottavuus on kuitenkin usein heikompi funktionaalisisessa layoutissa kuin tuotantolinjassa. Myös kuormitusasteet jäävät keskimäärin matalammaksi kuin tuotantolinjalayoutissa. (Haverila ym. 2005, 476–477).

5.1.2 Solulayout

Solulayout on itsenäinen ja erillinen eri koneista ja työpaikoista koottu ryhmä, joka on erikoistunut tietynlaisten työvaiheiden suorittamiseen tai osien valmistamiseen. Solulayout on kuin eräänlainen välimuoto tuotantolinjalayoutista ja funktionaalista layoutista. (Haverila ym. 2005, 477).

Funktionaaliseen layoutiin verrattuna solujen läpäisyajat ovat huomattavasti lyhemmät. Myös materiaalivirrat ovat selkeämpiä, eikä soluissa esiinny välivarastoja. Soluissa voidaan valmistaa joustavasti niitä tuotteita, joiden valmistukseen se on suunniteltu. Asetusajat ovat tuotteesta toiseen siirryttäessä lyhyet, koska solut ovat keskittyneet vain tietynlaisien osien valmistamiseen. Solulayout on tehokkaampi kuin funktionaalinen layout omassa tuoteryhmässään, sekä joustavampi kuin tuotantolinjalayout. (Haverila ym. 2005, 477–478)

Tuotteiden eräkoot ja tuotantomäärät voivat vaihdella huomattavasti ja tuotteita valmistetaan usein yksittäiskappaleina tai pieninä sarjoina. Yhden kuormituspisteen ansioista tuotannonohjaus on helppoa. Laadunvalvonta sekä virheiden löytäminen ja korjaaminen on myös helppoa, koska eri valmistusvaiheet suoritetaan peräkkäin samalla alueella. Kuormitusasteet ovat keskimäärin tuotantolinjalayoutia alhaisemmat, mutta voivat kuitenkin vaihdella huomattavasti. Solulayout on funktionaalista layoutia herkempi kuormituksen vaihteluille ja tuotevalikoiman voimakkaille muutoksille. (Haverila ym. 2005, 478)

Solut ovat itsenäisiä ja niissä työskentelevät ryhmät ovat itse vastuussa tehtäviensä suunnittelusta ja suorittamisesta. Työntekijät voivat itse päättää tehtäviensä kierrättämisestä ja keskinäisestä työnjaosta. Soluvalmistuksen hyötyjä ovat usein työntekijöiden motivaation ja tuottavuuden nousu. (Haverila ym. 2005, 478).

5.1.3 Tuotantolinjalayout

Tuotantolinjamallin mukaisessa kokoonpanolinjassa työvaiheet ovat järjestetty valmistettavan tuotteen työnkulun mukaiseen järjestykseen. Työnkulku on näin ollen hyvin selkeää sekä eri työvaiheiden välillä voidaan käyttää suoran linjan lisäksi myös mekaanisia kuljettimia. Kappaleenkäsittely ja valmistus ja on tehokasta ja usein myös hyvin pitkälle automatisoitua. (Haverila ym. 2005, 475)

Yleisimmät edellytykset tuotantolinjan rakentamiselle ovat korkea kuormitusaste ja suuri volyymi. Tuotantolinjan rakentamisen kustannukset ovat usein suuret, mutta tuotteen yksikköhinta saadaan alhaiseksi suurien valmistusmäärien ansiosta. Tuotantolinja on kuitenkin herkkä häiriöille, koska pienikin häiriö voi vaikuttaa nopeasti koko linjan tuottavuuteen. (Haverila ym. 2005, 475)

Tuotantolinjassa tulee kiinnittää erityistä huomiota laadunvalvontaa, sillä pienikin virhe tai häiriö aiheuttaa suuret kustannukset ja linja saattaa alkaa tuottamaan tehokkaasti virheellisiä tuotteita. Linjan toteutuksen jälkeen kapasiteetin kasvattaminen on vaikeaa. Tuotantolinjassa tuotteen vaihtaminen toiseen vaatii usein pitkän asetusajan. Pitkän asetusajan takia tuotantosarjat ovat usein pitkiä. Selkeä työnkulku tekee kuitenkin kokoonpanolinjan tuotannonohjauksen helpoksi, koska tuotantolinjaa voidaan ohjata yhtenä kokonaisuutena. (Haverila ym. 2005, 475–476).

5.2 Layoutsuunnittelu

Layoutsuunnittelu on monimutkainen prosessi, johon vaikuttavat monet erilaiset tekijät. Tuotantojärjestelmän valinta on aina kompromissi, koska täysin optimaalista ratkaisua kaikkien tekijöiden suhteen ei yleensä ole saatavilla. (Haverila ym. 2005, 480–481)

Keskeisenä tavoitteena layoutsuunnittelussa on materiaalivirtojen tehokas suunnittelu. Työpisteiden ja osastojen sijoittelua suunniteltaessa materiaalien kuljetuskerrat ja -matkat pyritään saamaan mahdollisimman pieniksi. Selkeisiin materiaalivirtoihin pyrkiminen helpottaa tuotannonohjauksen ja toiminnan kehittämistä ja vähentävät tällöin myös kustannuksia. (Haverila ym. 2005, 482)

Hyvän layoutin ominaisuudet:

- selkeät materiaalivirrat
- materiaalien vähäinen siirtotarve
- lyhyet kuljetusmatkat
- layout on joustavasti muutettavissa
- erityisosaamista vaativan valmistuksen keskittäminen samaan paikkaan
- käyttöpaikan läheinen sijainti tehtaan sisäisille palveluille
- tehokas materiaalien jakelu ja vastaanotto
- sisäisen kommunikaation toimivuus ja helppous
- erityistarpeiden huomioon ottaminen eri valmistusvaiheissa
- tilan tehokas käyttö
- työturvallisuuden ja -tyytyväisyyden hyvä huomiointi.

(Haverila ym. 2005, 480-482)

5.2.1 Kokoonpanolinjan vaiheajat ja radan mitoitus

Layoutsuunnittelu aloitettiin tutkimalla moottoreiden keskimääräistä valmistusaikaa työpistekohtaisesti. Yrityksessä oli jo mitattu työpistekohtaiset työajat, joita hyödynnettiin kokoonpanolinjan suunnittelussa. Vaiheajoissa tuli ottaa myös huomioon kokoonpanolinjan liitäntävaiheen vaihtelu. Liitäntävaiheessa saattoi joskus kulua huomattavasti enemmän aikaa, kuin kellotusajat antavat ymmärtää. Esimerkiksi kahden työlään erikoismoottorin valmistukseen saattoi kulua yhdeltä työntekijältä, jopa yhdeksän tuntia. Laskentaan otettiin mukaan keskimääräinen valmistusaika, joka oli useimmiten 20 moottoria per vuoro.

Työvaiheet	Aika	KPL	H / KPL	Min / KPL	KPL / H
Puristus	7.2	20	0.36	21.6	2.78
Liitäntä	28.8	20	1.44	86.4	0.69
Kokoonpano	14.4	20	0.72	43.2	1.39
Koestus	7.2	20	0.36	21.6	2.78

Kuvio 3. Työvaiheiden keskimääräiset valmistusajat

Työajoista vähennettiin tauot, jolloin saatiin oikeat kappaleajat. Normaalitilanteessa kokoonpanon liitäntävaiheessa selviää hyvin neljällä työntekijällä. Kun otetaan huomioon työläiden moottoreiden valmistusaika, joka on noin 210 min/kpl, tarvitaan työpisteitä lisää, että pullonkaulan vaikutukset saataisiin minimoitua ja kokoonpanolinjan virtaus pysyisi tasaisena. Tilanteessa, jossa liitäntään vapautetaan kahdeksan kappaleen erä edellä mainittuja työläitä moottoreita ja neljä työntekijää poimivat kukin kaksi kappaletta valmistettavakseen, kokoonpanolinjan virtaus pysähtyy roottoriasennuspisteestä eteenpäin melko nopeasti. Tällaisessa tilanteessa tulee olla mahdollista lisätä 1-2 työntekijää liitäntäpisteelle, joista kokonaisuudessaan 2-3 henkilöä valmistaisi nopeammin valmistettavia moottoreita. Tällöin kokoonpanolinjan virtaus pysyisi tasaisena. Lisäksi isojen erien valmistuksessa tulisi huomioida, että samaa erää olevat moottorit pysyisivät lähes peräkkäin, jolloin roottoriasennuspisteen työntekijöiden ei tarvitsisi tarkistaa jokaisen moottorin työkorttia perusteellisesti, vaan he pystyisivät lukemaan ensimmäisen moottorin työkortista kaikki oleelliset tiedot ja keräämään moottoreihin tarvittavat osat. Myös koestuspisteelle mentäessä samaa erää olevien moottoreiden tulisi olla peräkkäin, että moottoreiden esmittaukset ja koeajot ovat helposti ja nopeasti suoritettavissa.

Radan mitoittamisessa apuna käytettiin ABB:n katalogista löytyviä moottoreiden mittoja. Pienin kokoonpanolinjan moottorin runko oli leveydeltään 577 mm ja suurin 975,5 mm sekä sivulaudat, joilla suojataan moottoreiden sivukoteloita tai sivuliitäntöjä törmäyksien vaurioilta. Kokonaisuudessaan moottori voi enimmillään viedä kokoonpanolinjan tilaa 1275 mm. Moottoreiden mitat ovat liitteenä työn lopussa. [Liite 1. 280-315 Dimensions]

5.2.2 Tuotantolinjalayoutin suunnittelu

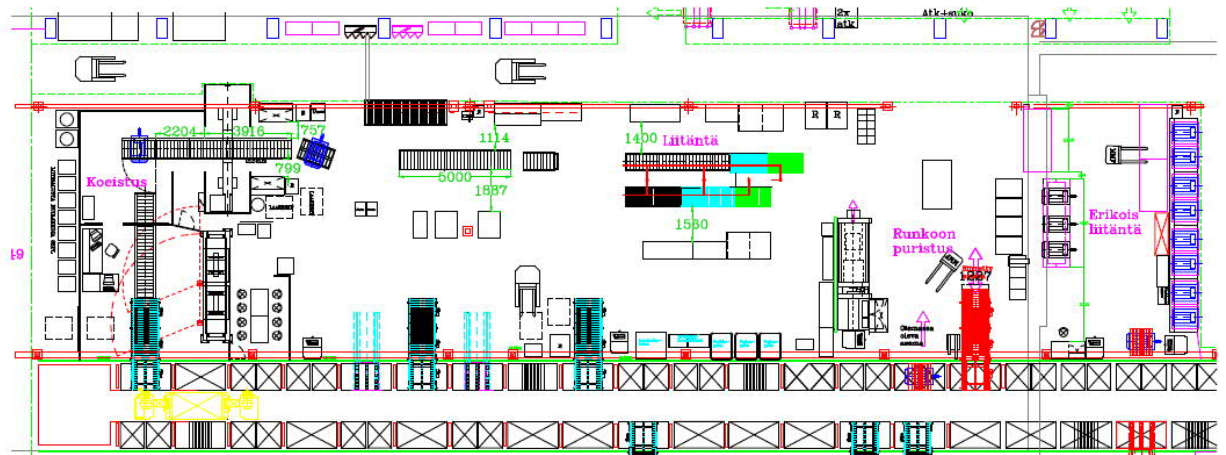
Oikean järjestyksen mallia hyödynnettiin layout-muutoksessa, jolloin kokoonpanolinjan puristusvaihe päätettiin siirtää kokoonpanolinjan alkuun ja erikoisliitäntävaihe kokoonpanolinjan loppuun koestuspisteen perään. Näin kokoonpanolinja saatiin tuotteen valmistuksen mukaiseen järjestykseen, jolloin pystyttiin vähentämään moottoreiden turhaa kuljettamista sekä korkeavaraston kuormittamista. (Kuvio 10.)

Työnkulun mukainen järjestys koneille ja laitteille on ominaista tuotantolinjalayoutin suunnittelussa. Layoutin suunnittelussa pitää kiinnittää myös huomiota materiaalivirtojen tarkoituksenmukaiseen järjestelyyn. Tuotantolinjan työvaiheiden suunnittelun ongelmakohtana on tuotantolinjan tasapainottaminen. Työvaiheet tulisi suunnitella siten, että saavutettaisiin paras mahdollinen tuottavuus. Tuotantolinjan tasapainottaminen tapahtuu tahtiaikojen määrittämisen avulla. Tahtiajan avulla voidaan määrittää työasemien lukumäärä. Kuormitusta voidaan tasapainottaa työpisteiden välillä siirtämällä työtehtäviä työpisteestä toiseen. (Haverila ym. 2005, 485–486).

Tässä tapauksessa työtehtäviä ei kuitenkaan siirretty pois työpisteeltä. Työpisteiden lisäys sen sijaan mahdollistaa työntekijöiden lisäämisen tai siirtämisen toisesta työpisteestä siihen työpisteeseen, jossa pullonkaulaa esiintyy. Kokoonpanolinjan suunnittelussa tarkoituksena oli mahdollistaa työntekijöiden siirtäminen sujuvasti sille työpisteelle, missä kuormitus on suuri. Koska suurin kuormitus kohdistuu usein kokoonpanolinjan liitäntävaiheeseen, tarkoituksena olin hyödyntää kokoonpanolinjan täydennyspisteen työntekijöitä kovissa kuormitustilanteissa. Täydennysvaihe on kokoonpanon viimeinen työvaihe. Lisäksi muiden linjojen työntekijöiden hyödyntäminen helpottuu, sillä kaikille työntekijöille löytyisi muutoksen myötä ergonomiset nostopöydät.

5.3 Nykyinen layout

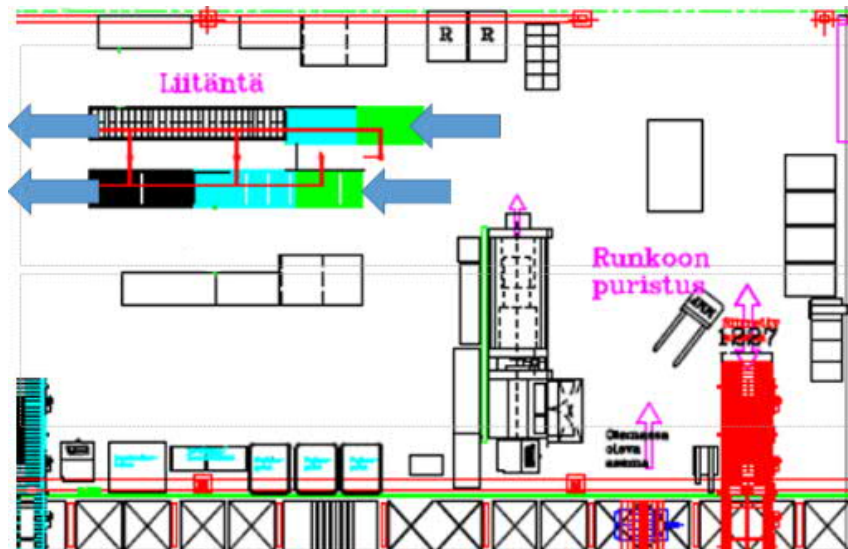
Nykyisessä layout mallissa käytetään tuotantolinjalayoutia. Kokoonpanolinja alkaa erikoisliitännästä ja loppuu koestukseen, josta moottori kulkee korkeavaraston toiselle puolelle maalattavaksi ja täydennyspisteelle. Tässä kokoonpanolinjassa erikoisliitännä toimii kuitenkin erillisenä soluna. Kokoonpanolinja toimii puristuksesta koestukseen tuotantolinjana.



Kuvio 4. AL1A Layout

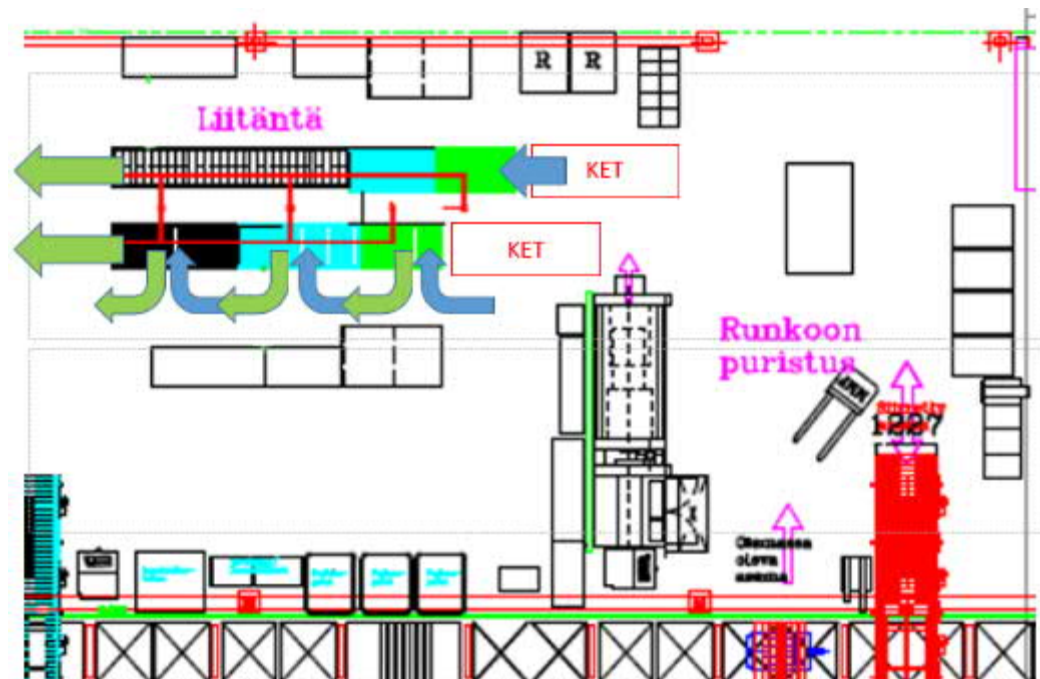
Ongelmana nykyisessä kokoonpanolinjassa ovat useat moottoreiden siirrot työpisteiden välillä. Moottoreita siirretään nostokraanalla yksitellen, mikä on melko hidasta. Yksi kuljetus vie noin minuutin ja liitännässä siirrot vaikuttavat myös toiseen työntekijään, sillä hän joutuu väistämään siirrettävää moottoria. Työpisteiden välillä olevat kuljettimet eivät ole käytössä. Ainut käytössä oleva kuljetin on koestuksessa oleva laskeva ja kääntyvä kuljetin.

Työpisteiden läheiset varastot ovat hieman puutteellisia. Liitännästä löytyy paikat yleisimmille moottoreiden liitinalustoille. Kuitenkin osa liitinalustoista sijaitsee erikoisliitännän yläpuolella, mikä on melko kaukana liitännän työpisteestä (Kuvio 4.). Tämä aiheuttaa turhaa liikkumista kokoonpanolinjalla.



Kuvio 5. Kokoonpanolinjan puristus- ja liitöntävaiheet

Normaalissa tilanteessa moottoreiden valmistuttua työvaiheista ne siirretään seuraavaan työvaiheeseen nostokraanalla. Kuviossa 5. siniset nuolet kuvaavat moottoreiden menosuuntaa. Ylempi liitännän rata on yhtenäinen rullarata. Alemmassa radassa on kuitenkin kolme erillistä työpistettä, mikä aiheuttaa moottoreiden turhaa siirtelyä (Kuvio 6.). Työntekijät joutuvat myös väistelemään toisiaan siirtojen aikana kapean käytävän takia, mistä aiheutuu myös turhaa hukkaa.



Kuvio 6. Kokoonpanolinjan puristus- ja liitöntävaiheen ongelmat

Kuviossa 6. on esitettyä työvaiheiden ongelmia. Siniset nuolet kuvaavat puristusvaiheen työntekijän nostokohtia, mihin hän siirtää hänen työvaiheestaan valmistuneet moottorit. Vihreät nuolet kuvaavat liitäntävaiheesta valmistuneiden moottoreiden siirtoja. Moottoreita siirretään yksitellen nostokraanalla, mikä ei ole kovinkaan tehokasta. Mikäli puristusvaiheen työntekijän pitää siirtää moottori alemman liitäntälinjan kärkeen, liitäntävaiheen alemman työpisteen kaikkien työntekijöiden täytyy siirtyä pois tämän siirron tieltä.

Toinen ongelmakohta on liitäntävaiheen ratojen ja työpöytien pituus. Lyhyiden ratojen takia moottoreita joudutaan varastoimaan väliaikaisesti kokoonpanolinjan lattialle ruuhka-aikoina. Kuviossa 6. punaiset KET-laatikot kuvaavat moottoreiden väliaikaista sijoittelua kokoonpanolinjalla. Tässä tapauksessa puristusvaiheen työntekijä joutuu tekemään moottoreiden siirrot kahteen kertaan, ensin lattialle ja sitten lattialta liitäntävaiheen työpisteelle silloin, kun liitäntävaiheesta vapautuu tilaa uusille moottoreille.

Nykyisessä kokoonpanolinjassa ei ole merkittyjä lattiapaikkoja keskeneräisille tai korjausta odottaville moottoreille. Kyseiset moottorit sijoitetaan kokoonpanolinjan sivuun, sinne minne moottorit sillä hetkellä mahtuvat. Lojuvat tavarat ovat turvallisuus- ja materiaaliriski, mikäli niillä ei ole merkittyjä paikkoja, joista kaikki tietävät. Yksi ongelma onkin, että tällaiset moottorit saattavat unohtua kokoonpanolinjan sivuun, eikä toinen työvuoro välttämättä tiedä, mitä niille tarvitsisi tehdä, mikäli esimerkiksi iltavuoro unohtaa ilmoittaa aamuvuorolle ongelmasta. Kun moottoreille on merkitty alue, seuraava vuoro tai esimies voi tarkistaa alueen heti vuoron alkaessa ja tehdä tarvittavat toimenpiteet.

5.4 Layout-muutoksen vaikutukset

Oleellisin muutos layout-muutoksessa on telakan siirtyminen koestuksen jälkeiseksi työpisteeksi. Tällä selkeytetään ja parannetaan kokoonpanolinjan virtausta. Koska kokoonpanolinjan korkeavarasto on melko hidastoiminen ruuhka-aikoina, telakan siirtäminen koestuksen perään vähentää korkeavaraston liikennettä. Aiemmin moottori kuljetettiin korkeavaraston kautta linjan alkuun telakalle, josta asennuksen jälkeen se lähetettiin takaisin koestettavaksi tai suoraan maalaamoon. Nyt moottori voidaan ajaa suoraan rataa pitkin telakan työpisteelle ja takaisin koestukseen vaunukuljettimella. Lisäksi korkeavarastoon kulkee kaksi rataa, jotta telakaltakin voidaan tarvittaessa lähettää moottori suoraan maalaukseen, mikäli asennuksen jälkeen moottoria ei tarvitse uudelleen koestaa.

Avainasemassa muutoksessa on myös nostojen vähentäminen, joka toteutetaan uudessa layoutissa kiskoilla liikkuvilla kuljettimilla, joita pystytään ajamaan puoliautomaattisesti. Vaunukuljettimilla poistetaan turhat nostot kokoonpanolinjan liitännän ja kokoonpanon työvaiheiden välillä. Kokoonpanolinjan liitännän ja roottoriasennuksen työvaiheiden väliseen kuljettimeen mahtuu 3-6 moottoria per kuljetin ja roottoriasennuksen ja laakeripuristimen välille 2-3 moottoria. Lisäksi roottoriasennuspisteelle tulisi kuljetin roottoreille, johon pystyttäisiin lastaamaan 5 roottoria kerrallaan ja kuljettamaan ne työpisteen viereen.

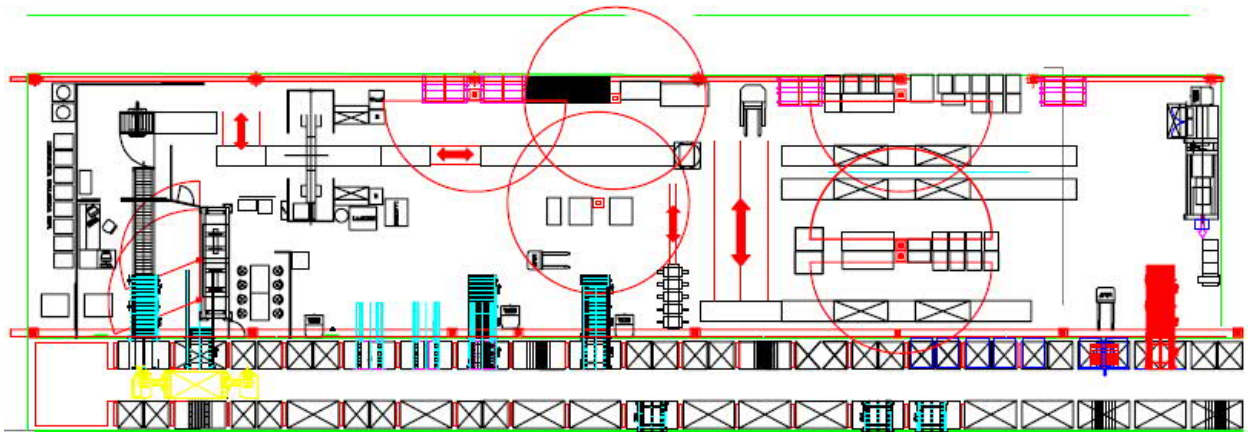
Jokainen yksittäinen moottorin siirto nostokraanalla kuluttaa vähintään minuutin työntekijän työajasta. Lisäksi työntekijöiden ei tarvitse väistellä moottoreiden nostoja, vaan he voivat keskittyä työn tekemiseen. Liitännän kuljettimeen mahtuu kolmesta kuuteen moottoria, moottorin runkokoosta riippuen. Tämä vähentää jo huomattavasti liitännän vasteaikaa sillä, joissain olosuhteissa pelkkään moottorin valmisteluun saattoi kuluja jopa 20 minuuttia. Tämä selvisi yrityksen Kaizen-pajassa esittämässä videossa, jossa kuvattiin ja kellotettiin sähkömoottorin liitântävaihetta.

Liitântävaiheeseen tulee yksi rata lisää, johon voidaan tarvittaessa lisätä työntekijöiden määrää, sillä liitântävaihe on kokoonpanolinjan pullonkaula. Liitântäpisteen rullaradat ovat myös pidempiä, mikä mahdollistaa moottoreiden noston aina suoraan puristuspisteeltä liitännän radalle. Aiemmin moottoreita jouduttiin laskemaan

satunnaisesti lattialle lyhempien rullaratojen tilanpuutteen takia. Keskeneräisen tuotannon lisääminen ei yleensä ole hyödyllistä lean-ajattelussa. Pidemmillä radoilla pyritään kuitenkin suojaamaan kokoonpanolinjaa erilaisien vaihteluiden vaikutuksilta. Tällaisia ovat esimerkiksi työläiden moottoreiden ja korkeavaraston hitauden vaikutukset virtaukseen. Liitántään lisättiin myös työpisteitä, jolloin saatiin nostopöydät kuudelle työntekijälle. Nostopöydät mahdollistavat oikean työasennon ja helpomman asentamisen raskaille alustoille. Työtä on mahdollista tehdä myös kiinteällä radalla, kuten tälläkin hetkellä osa työntekijöistä haluaa työnsä tehdä.

5.5 Uusi layout, 1. versio

Uudessa layoutissa toteutettiin tuotantolinjalayout selkeämmin. Pääasiallisena muutoksena oli nostojen minimoiminen. Vanhassa linjamallissa yhtä moottoria jouduttiin nostamaan keskimäärin noin viisi kertaa ennen koestusvaihetta. Uudessa linjamallissa kaikki nostot ovat poistettu puristusvaihetta ja ongelmatilanteita lukuun ottamatta. Tämä toteutettiin kiskoilla liikkuvilla vaunukuljettimilla, joihin pystytään lastaamaan liitântävaiheen jälkeen 3-6 moottoria sekä roottoriasennuksen ja laakeripuristimen välillä 2-3 moottoria kerrallaan. Kuljettimien etu on huomattava, sillä yhdellä kuljetuskerralla saadaan kuljetettua useampi moottori kerrallaan mahdollisesti jopa nopeammin kuin yhden moottorin kuljettaminen nostokraanalla.

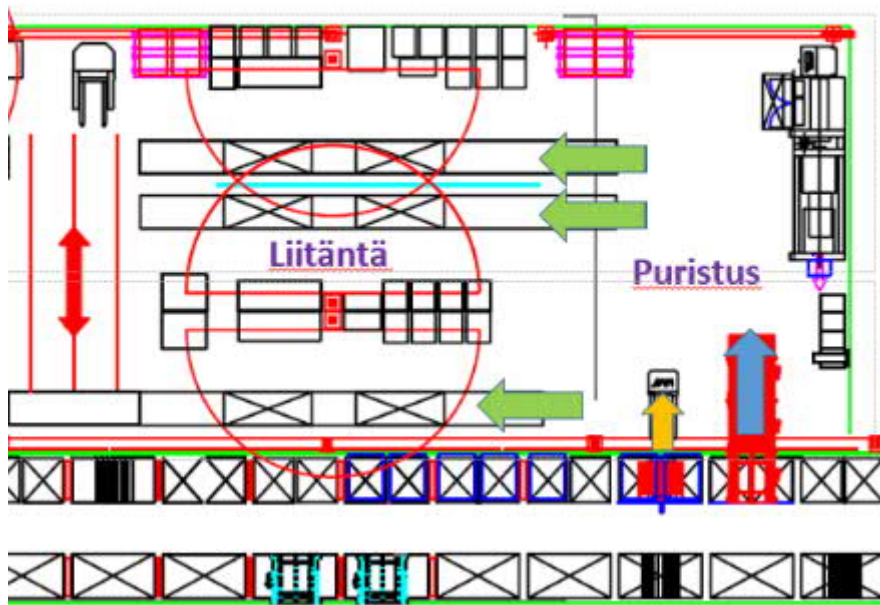


Kuvio 7. AL1A uusi layout, versio 1.

Ensimmäisessä versiossa koestuspiste jätettiin ennalleen (Kuvio 7.). Koestusmuuntajan siirtäminen on huomattavan kallista, joten yritykselle haluttiin tehdä myös halvempi vaihtoehto layout-muutokselle. Layout-mallissa telakka poistuisi kokonaan linjan yhteydestä ja se siirrettäisiin B-linjan erikoisliitännän yhteyteen. Kuljetus erikoisliitännään tapahtuu trukin avulla koestuksen päässä olevalta merkityltä lattiapaikalta. Puristin siirtyy kokoonpanolinjan alkuun ja staattoripakettien sekä runkojen tilausradat siirtyvät kolme pistettä taaksepäin.

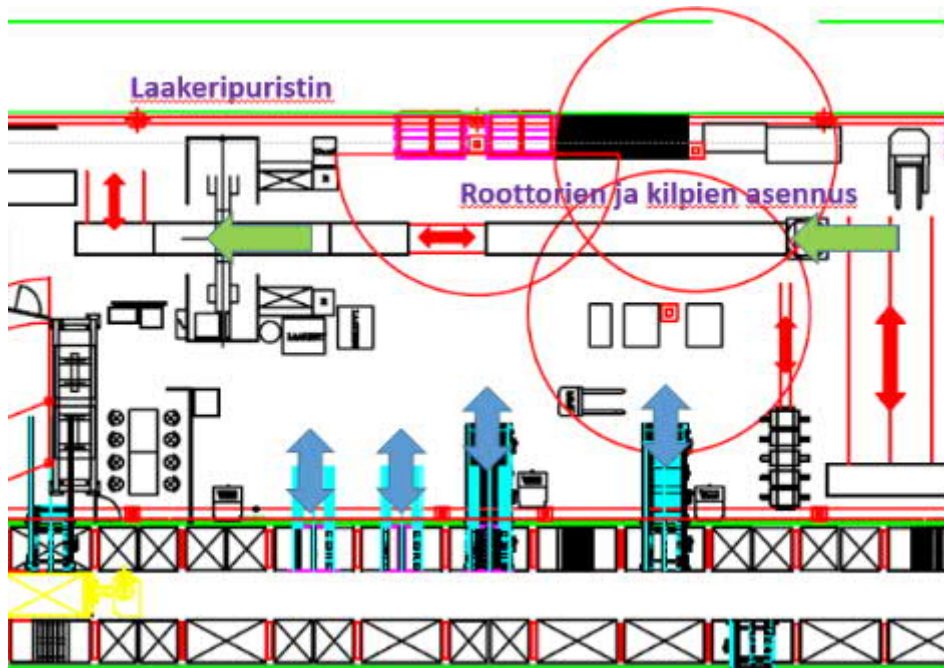
Liitännän koko kasvaa huomattavasti ja asennuspisteitä lisättiin kaksi kappaletta kolmanteen rullarataan, mikäli linjan kuormitus kasvaa. Tämä mahdollistaa työntekijöiden siirtämisen esimerkiksi kokoonpanolinjan täydennyspisteeltä liitännään, mikäli työläitä moottoreita vapautetaan linjalle suuri määrä. Kolmas liitântärata mahdollistaa myös sen, että moottoreita ei tarvitse varastoida lattialle, kuten nykyisessä

layout-mallissa, vaan moottorit saadaan aina suoraan liitäntäpisteen radoille. Näin turha moottoreiden siirtely poistuu ja tilasta tulee siistimmän näköinen. Työpisteet näyttävät myös ammattimaisemmilta ulkopuolisten näkökulmasta, kun moottoreita ei loju merkitsemättömillä lattiapaikoilla. Liitännän ja kokoonpanon väliin asennetaan kiskoilla liikkuva vaunukuljetin, jolla on mahdollista kuljettaa 3-6 moottoria kerrallaan moottorin runkokoosta ja lisävarusteista riippuen.



Kuvio 8. Kokoonpanolinjan puristus- ja liitäntävaiheen toiminta

Kuviossa 8. sininen nuoli kuvaa rataa, jolle puristaja tilaa staattoripaketit. Keltainen nuoli kuvaa paikkaa mihin tilataan moottorien rungot. Vihreät nuolet esittävät paikkoja, mihin valmiit runkoon puristetut staattoripaketit siirretään puristusvaiheen jälkeen. Pääasiallisesti puristuksen valmiit moottorit siirretään kahdelle ylimmälle radalle, mutta ruuhka-aikoina moottoreita voidaan siirtää myös alimmalle radalle, jolloin vältetään moottoreiden turhat varastoinnit kokoonpanolinjan lattialle ja näin ollen ylimääräiset nostot. Liitäntävaiheen jälkeen moottorit kuljetetaan vaunukuljettimella seuraavan työvaiheeseen. Vaunukuljettimien kiskot ja toimintasunnat on merkitty piirroksissa punaisiin viivoihin ja nuoliin.

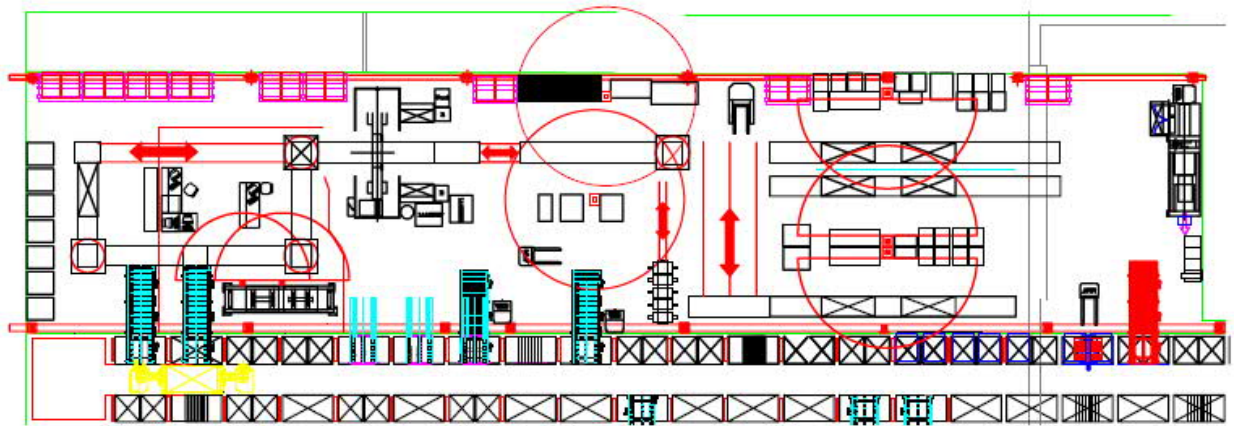


Kuvio 9. Kokoonpanolinjan roottoriasennus- ja laakeripuristusvaiheen toiminta

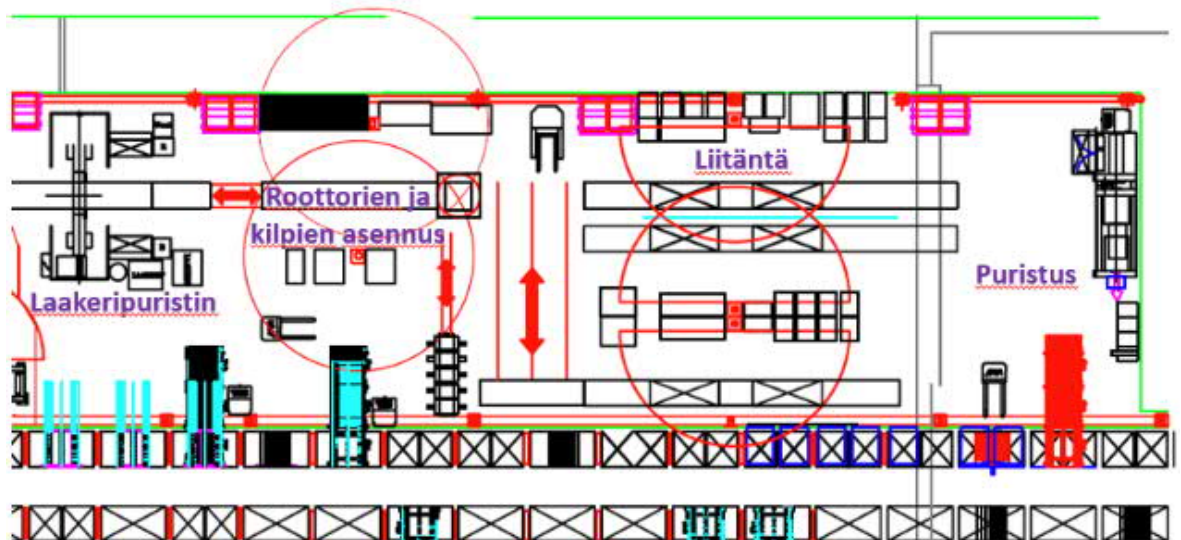
Kuviossa 9. vaunukuljettimella kuljetetut moottorit tuodaan roottoriasennuksen kääntöpöydälle, missä moottori käännetään haluttuun asennussuuntaan. Vaunukuljettimen vieressä sijaitsee roottoreille tarkoitettu kuljetin, johon voidaan lastata 5 roottoria. Tämän jälkeen asennetaan roottorit ja kilvet, jotka tilataan pääosin korkeavaraston kautta sinisien nuolien merkitsemille radoille tai lattiapaikoille. Mikäli lavoille jää ylimääräisiä roottoreita tai kilpiä, lavat lähetetään takaisin korkeavarastoon samalle paikalle. Roottorien ja kilpien asennuksen jälkeen moottorit kuljetetaan vaunukuljettimella laakeripuristimelle. Kuljettimeen mahtuu 2-3 moottoria kerrallaan. Laakeripuristimen jälkeen tulee kolmas vaunukuljetin, jolla moottorit saadaan kuljettua koestustyöpisteelle. Koestuspisteen osa linjasta pysyy tässä mallissa ennallaan kustannussyistä.

Kokoonpanon radan pituus kasvoi huomattavasti. Hyllypaikkoja saatiin kokoonpanolle myös lisää, mikä mahdollistaa mm. kilpien varastoimisen lähemmäksi työpistettä, sillä tällä hetkellä osa kilvistä on varastoitu avohyllyihin melko kauaksi kokoonpanolinjasta.

5.6 Uusi layout, 2. versio

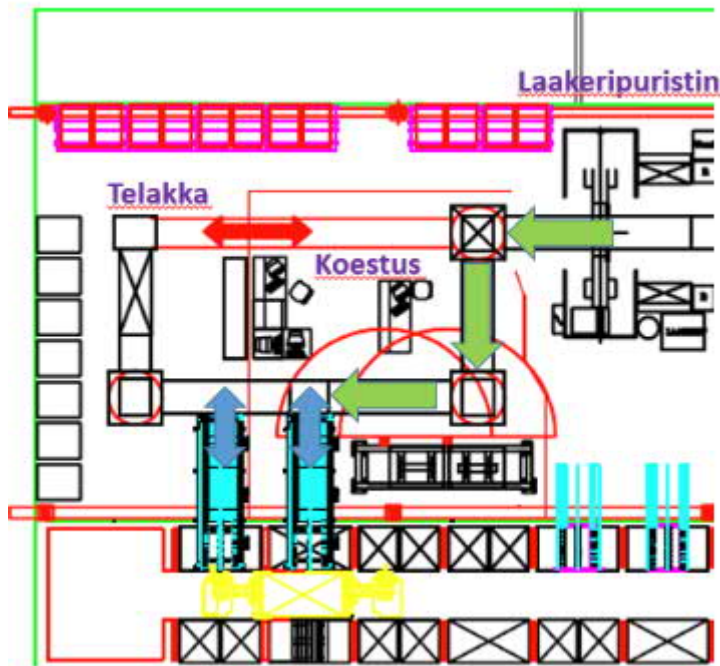


Kuvio 10. AL1A uusi layout versio 2



Kuvio 11. Kokoonpanolinjan vaiheet puristuksesta laakeripuristimelle

Toisessa versiossa (Kuvio 10.) tuotantolinjalayoutin yhteyteen lisätään erikoisliitännän työpiste (Telakka). Kokoonpanon puristin- ja liitäntätyövaiheiden alueille ei tule muutoksia ensimmäiseen versioon verrattuna. Roottoriasennuksen kääntöpöytä suunniteltiin 1500x1500mm kokoiseksi. Isompi kääntöpöytä päädyttiin valitsemaan kustannussyistä, sillä koestuksessa olevat kääntö- ja nostopöydät ovat samankokoisia, joten radan toimittaja voi valmistaa pöydät samalla kaavalla. Laakeripuristin siirtyy hieman lähemmäksi liitäntää ja kokoonpanon rata lyhenee hieman, jotta koestukselle ja telakalle saadaan riittävästi työskentelytilaa.



Kuvio 12. Kokoonpanolinjan koestus- ja telakkavaiheen toiminta

Kuviossa 12. Laakeripuristimen jälkeen tulee nostokääntöpöytä, jolla moottorit voidaan kääntää ja laskea koestukselle optimaaliseen korkeuteen. Pystysuuntaisella radalla suoritetaan esimitaukset ja vaakasuuntaisella koeajot. Vihreät nuolet kuvaavat moottoreiden kulkua kokoonpanolinjan rullaradalla. Koestusmuuntaja on käännetty korkeavaraston seinustan suuntaiseksi tilan lisäämisen vuoksi.

Koestuksen jälkeen moottori voidaan lähettää suoraan korkeavaraston kautta maalaamoon tai siirtää rullarataa pitkin telakan työpisteelle erikoisasennuksia varten. Telakalta moottori voidaan myös erikseen lähettää omalta radaltaan suoraan maalaamoon, mikäli moottoria ei tarvitse uudelleen koestaa. Korkeavaraston lähetyksradat on merkitty kuviossa sinisillä nuolilla. Telakan ja koestuspisteen välillä on myös kiskoilla kulkeva vaunukuljetin, jolla voidaan kuljettaa yhtä moottoria kerrallaan. Vaunuun mahtuu vain yksi moottori turvallisuussyistä, koska moottori joudutaan kääntämään ja laskemaan ennen koestuspistettä olevalla pöydällä.

Kokoonpanolinjan päässä on merkittyjä lavapaikkoja, joihin voidaan tarvittaessa siirtää moottoreita odottamaan korjausta, mikäli moottoreissa ilmenee puutteita tai kor-

jattavaa. Aiemmin moottoreita varastoitiin kasauksen tai liitännän taakse, korkeavaston seinustalle, puutteiden ilmetessä, eikä näille ollut merkittyä aluetta, vaan moottorit siirrettiin sinne missä tilaa sattui olemaan.

Moottoreita mahtuu kokoonpanolinjalle kokonaisuudessaan keskimäärin 83 kappaletta. Lisäksi liitännän kuljettimeen mahtuu 3-6 moottoria ja linjan päässä lattialla olevilla lavapaikoilla 7 moottoria.

WIP eli keskeneräinen tuotanto jakaantuu layoutissa seuraavasti:

- Liitäntä noin 49 moottoria
- Kokoonpano 17-18 moottoria
- Koestus 9-11 moottoria
- Telakka 7 moottoria.

5.7 Aikataulutus layout-muutokselle

Aikataulutuksesta keskusteltiin alihankkijan kanssa tarjouspyynnön yhteydessä. Tässä päädyttiin siihen, että muutos voitaisiin toteuttaa viikonloppuisin esimerkiksi yksi moduuli kerrallaan. Moduulit jaettaisiin puristus – liitäntä, kokoonpano ja koestus – telakka. Alihankkija rakentaisi ja testaisi valmiit moduulit omissa tiloissaan ennen suunniteltua asennuksen ajankohtaa. Näin varmistettaisiin kokoonpanolinjan toimintavarmuus ja voitaisiin paikallistaa mahdolliset ongelmat jo ennen käyttöönottoa.

Ensimmäisessä vaiheessa aloitettaisiin siirtämällä puristin ja purkamalla vanhat radat sekä aloittamalla vaunujen kiskojen valaminen. Tämän jälkeen asennettaisiin valmiit liitännän rullaradat. Seuraavana viikonloppuna purettaisiin kokoonpanon rullaradat ja valettaisiin loput kiskot, joita ei ratojen sijainnin takia pystytty vielä valamaan. Tämän jälkeen toteutetaan valmiiden kokoonpanon rullaratojen asennus. Kolmantena viikonloppuna käännettäisiin koetuspisteen muuntaja ja asennettaisiin uudet radat koestuksen ja telakan työpisteille.

Toteutus tulisi siis ajoittaa niin, että moduulien asennukset menisivät viikonlopuille, jolloin työntekijöitä ei ole töissä. Näin töitä voitaisiin jatkaa myös muutoksen ohella. Tuotannon tulee virrata kokoajan, jolloin kokoonpanolinjan seisakki ei tulisi kyseeseen. Kiskojen poraus ja valaminen voitaisiin myös mahdollisesti toteuttaa jo hieman aiemmin, jolloin kiskot olisivat varmasti käyttövalmiina ennen uuden linjan käyttöönottoa. Silloin nämä täytyisi kuitenkin merkitä tarkasti, että trukkiliikenne huomaa vastavaletut kiskot.

Ensimmäisen version asennuksen aikataulutus olisi muuten sama mutta ilman koestuksen ja telakan asennusta. Asennus onnistuisi näin ollen siis kahdessa viikonlopussa.

6 TULOKSET

Layout-muutoksen ansioista kaikki ylimääräiset nostot poistuvat kokoonpanolinjalta. Liitännässä työnteko nopeutuu, sillä työntekijöiden ei tarvitse varoa toistensa nostoja. Lisäksi liitinalustoille tuli useampia varastointipaikkoja liitäntäradan viereen eikä yleisimpiä alustoja tarvitse noutaa kaukaa, vaan ne ovat sopivasti kädenulottuvilla.

Kokoonpanon roottoriasennuksen ja laakeripuristimen välinen hyllytila lisääntyi 1. versiossa huomattavasti ja 2.versiossa hieman, mikä mahdollistaa suuremman kilpien määrän varastoimisen lähemmäksi työpistettä.

Koestuksessa työtila kasvaa ja moottoreita on helppo siirtää rullarataa pitkin telakalle korjaukseen tai erikoisasennuksia varten. Telakan sijoitus kokoonpanolinjan päässä tuo suurta etua linjan toimivuudelle. Lisäksi se vähentää korkeavaraston ja trukkiliiikenteen kuormitusta, koska moottoreita ei tarvitse enää kuljettaa kokoonpanolinjan päästä toiseen päähän.

Vaunukuljettimien hyödyt ovat merkittäviä. Liitännässä turhat nostot ja työntekijöiden siirtymiset moottoreiden nostojen tieltä tuottavat hukkaa keskimäärin noin 25 minuuttia vuoron aikana. Vaunukuljettimella kulutettu aika vuoron aikana on keskimäärin noin 5 minuuttia. Kokoonpanossa siirroissa säästetään noin 10 minuuttia vuoron aikana.

Vuositasolla säästöt ovat huomattavat. Kahdessa vuorossa työskennellessä 250 päivää vuodessa säästetään yhden työntekijän ajassa (40 h/työviikko):

- Liitännässä noin 6 työviikkoa
- Kokoonpanossa noin 3 työviikkoa
- Puristuksessa noin 2 työviikkoa.

Osien varastoiminen lähemmäksi työpisteitä lyhentää kappaleiden vasteaikaa, mutta valmistukseen kuluva arvoa tuottava aika pysyy ennallaan. Lisäksi hyvin organisoidut työpisteet vähentävät vaihtelua, sillä tavaroita ei jouduta etsimään, vaan ne ovat helposti löydettävissä ja ovat ns. käden ulottuvilla. Työaikaa säästyy liitännän ja kokoonpanon työvuoroissa keskimäärin vähintään 5 minuuttia. Tämä säästää

jo vuositasolla molemmissa työpisteissä työntekijältä yhden työviikon. Lisäksi kokoonpanon osien tilaukset korkeavarastosta nopeutuvat korkeavaraston pienemmän kuormituksen ansiosta.

Korkeavarastosta riippuvuutta pyritään vähentämään isommilla puskureilla ja telakan siirtämisellä kokoonpanolinjan päähän. Korkeavaraston päivittäminen olisi kustannuksellisesti suuri riski, minkä takia päädyttiin vähentämään sen kuormitusta. Korkeavaraston viive saattaa olla ruuhka-aikoina jopa 10 minuuttia. Lisäksi järjestelmä vaatii usein nollauksen toimiakseen. Uuden layoutin ansioista korkeavaraston hissiliikennettä saadaan vähennettyä kokoonpanolinjan koestus – telakka välillä, koska moottoreita voidaan kuljettaa rataa pitkin työvaiheiden välillä.

Korkeavaraston poistaminen kokoonpanolinjan yhteydestä ei ollut vielä tällä hetkellä mahdollista. Varastopaikkojen määrä korkeavarastossa on hyvin suuri ja tällaisia varastomääriä ei pystyittäisi varastoimaan pelkästään avohyllyihin. Avohyllyihin varastointi lisäisi myös huomattavasti trukkilikenteen kuormitusta.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteina oli parantaa kokoonpanolinjan virtausta ja joustavuutta kiireaikoina vähentämällä vaihtelusta aiheutuvien pullonkaulojen vaikutuksia. Työn tarpeellisuudesta päätettiin yrityksen sisäisessä Kaizen-pajassa. Tavoitteiden saavuttamiseksi layout-muutos oli yritykselle välttämätön. Muutoksen yhteydessä pyrittiin parantamaan kokoonpanolinjan turvallisuutta ja ergonomiaa, joilla parannettaisiin työntekijöiden työskentelymukavuutta ja työmotivaatiota.

Työssä oleelliset työkalut olivat 5S-menetelmä ja virtaustehokkuuden parantaminen. Virtaustehokkuudessa ei keskitytty työntekijöiden työn nopeuttamiseen, vaan pyrittiin vähentämään pullonkaulojen muodostumista. Työssä ei siis pyritty poistamaan pullonkaulaa, sillä silloin se tulisi siirtymään vain toiseen työvaiheeseen.

Suurin syy kokoonpanolinjan pullonkaulan syntymiseen on tuotteiden vaihtelu. Yrityksen tuotteiden vaihteluun ei pystytty kuitenkaan kovinkaan paljon vaikuttamaan, sillä moottorit ovat usein asiakkaan toiveiden mukaisesti tilattuja mittatilaustöitä. Vaihtelun vaikutusten minimoimiseksi suunnitelmissa oli pienentää kauppojen kappalemääriä. Käytännössä samalle kaupan positiolle voitaisiin lisätä maksimissaan 4 kpl työläämpiä moottoreita. Mikäli moottoreita myytäisiin enemmän, ne tulisi jakaa useampiin kaupan positiioihin. Näin ollen kokoonpanolinjaa suuresti kuormittavia moottoreita ei vapautettaisi kokoonpanolinjalle valmistettavaksi liian suuria määriä samaan aikaan.

5S-menetelmän käyttö oli aloitettu kokoonpanolinjalla jo aiemmin, joten työssä keskityttiin syventämään työkalun käyttöä. Systematisointia hyödynnetään laajemmin uudessa layoutissa. Koska kokoonpanolinjan rakennetta selkeytettiin, työpisteiden rajaaminen tulee selkeämmäksi ja turvallisemmaksi. Osapuutteellisille tai keskenäisille moottoreille lisättiin layoutiin omat lattiapaikat, etteivät moottorit pääse unohtumaan, eikä niitä sijoitettaisi vaarallisesti väliaikaisille paikoille estämään minikäänlaista kulkua. Lojuvat tavarat ovat aina turvallisuus- ja materiaaliriski, joten on tärkeää, että kaikille tavaroille löytyy omat selkeät paikat. 5S-työkalun avulla parannettiin myös ergonomiaa. Tavaroiden ja työkalujen ollessa käsien ulottuvilla paran-

netaan osien etsimistä ja työtyytyväisyyttä sekä vähennetään näin ollen turhautumista. Myös siisteys parantaa huomattavasti työtyytyväisyyttä ja käytäntönä kokoonpanolinjalla onkin, että työpisteet siivotaan aina päivän päätteeksi ja roskakorit ja -astiat tyhjennetään aina tarpeen vaatiessa. Hyvin organisoidut työpisteet vähentävät vaihtelua, sillä tavaroita ei jouduta etsimään, vaan ne ovat helposti löydettävissä ja ovat ns. käden ulottuvilla. Työaika säästyy liitännän ja kokoonpanon työvuoroissa keskimäärin vähintään 5 minuuttia. Tämä säästää vuositasolla molemmissa työpisteissä työntekijältä yhden työviikon.

Layout-muutoksen ansioista kaikki ylimääräiset nostot poistuvat kokoonpanolinjalta. Työnteko nopeutuu, sillä työntekijöiden ei tarvitse varoa toistensa nostoja. Lisäksi työpisteiden läheiset hyllytilat kasvavat, jolloin turha liike vähenee. Osien varastointi lähemmäksi työpisteitä lyhentää kappaleiden vasteaika, mutta valmistukseen kuluva arvoa tuottava aika pysyy ennallaan.

Vaunukuljettimien käyttö kokoonpanolinjalla säästää työntekijän työaika jopa 20 minuuttia työpäivän aikana. Kahdessa vuorossa työskennellessä 250 päivää vuodessa säästetään yhden työntekijän työajassa (40 h/työviikko):

- Liitännässä noin 6 työviikkoa
- Kokoonpanossa noin 3 työviikkoa
- Puristuksessa noin 2 työviikkoa.

LÄHTEET

Modig, N. & Åhlström, P. 2013. Tätä on lean. Suomentanut Maarit Tillman. Tukholma: Rheologica Publishing.

Kankaanranta, J. 4.11.2015. 5S-menetelmä. [Webinaarimateriaali]. Quality Knowhow Karjalainen Oy. [Viitattu 24.4.2018] Saatavana: http://www.laatu-tieto.fi/product_details.php?p=986

Kankaanranta, J. 18.11.2015. Johdanto Leaniin. [Webinaarimateriaali]. Quality Knowhow Karjalainen Oy. [Viitattu 10.4.2018]. Saatavana: http://www.laatu-tieto.fi/product_details.php?p=988

Piirainen, A. 2014. Lean ja hukka – muda mura ja muri. [Verkkoartikkeli]. [Viitattu 18.3.2018]. Saatavana: <http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/lean-ja-hukka-muda-mura-ja-muri/>

Haverila, M. Uusi-Rauva, E. Kouri, I. Miettinen, A. 2005. Teollisuustalous. Infacs Oy.

MET-julkaisu nro 16/2001. 5S. Teknologiateollisuus ry. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy.

Kouri, I. Lean taskukirja. Teknologiateollisuuden julkaisu 6/2009. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy.

L 23.8.2002. 738/2002. Työturvallisuuslaki

ABB yhtymä. [Verkkosivu]. [Viitattu 20.2.2018]. Saatavana: <http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/yhtyma>

ABB historia. [Verkkosivu]. [Viitattu 20.2.2018]. Saatavana: <http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/historia>

ABB motors & generators. [Verkkosivu]. [Viitattu 20.2.2018]. Saatavana: <http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/yksikot/motors-and-generators>

ABB yksiköt. [Verkkosivu]. [Viitattu 20.2.2018]. Saatavana: <http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/yksikot>

Suomen Standardoimisliitto SFS ry. OHSAS 18001 Työterveys- ja työturvallisuus. [Verkkosivu] [Viitattu 12.3.2018]. Saatavana: http://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/tuotteet_valokeilassa/ohsas_18001_tyoterveys-ja_tyoturvallisuusjohtaminen

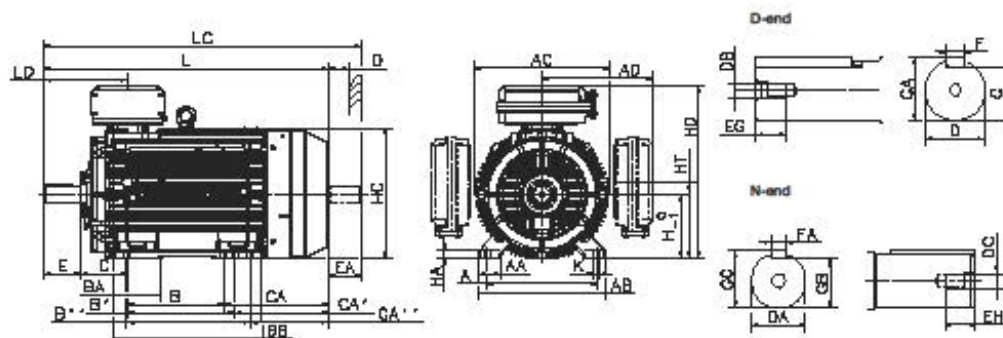
ABB Group. 2017. 4Q+yleiskatsaus. [Powerpoint-materiaali] Saatavilla yrityksen sisäiseen käyttöön.

LIITTEET

Liite 1. 280-315 Dimensions

Dimension drawings

Foot-mounted cast iron motors, 280 - 315



Mounting options IM B3 (IM 1001), IM B6 (IM 1051), IM B7 (IM 1061), IM B8 (IM 1071), IM V5 (IM 1011), IM V6 (IM 1031)

Motor size	Poles	A	AA	AB	AC	AD ¹⁾	AD ²⁾	B	B'	B''	BA	BB	C	CA	CA'	CA''	D	DA	DB	DC	E
280 SM	2	457	84	530	577	481	-	388	419	-	147	506	190	400	349	-	65	80	M20	M20	140
	4-12	457	84	530	577	481	-	388	419	-	147	506	190	400	349	-	75	85	M20	M20	140
280 ML	2	457	84	530	577	-	504	419	457	-	193	608	190	400	349	-	65	80	M20	M20	140
	4-12	457	84	530	577	481	504	419	457	-	193	608	190	400	349	-	75	85	M20	M20	140
315 SM	2	508	100	590	654	545	-	406	457	-	180	558	216	420	389	-	85	80	M20	M20	140
	4-12	508	100	590	654	545	-	406	457	-	180	558	216	420	389	-	80	75	M20	M20	170
315 ML	2	508	100	590	654	545	-	457	508	-	212	669	216	480	429	-	85	80	M20	M20	140
	4-12	508	100	590	654	545	-	457	508	-	212	669	216	480	429	-	80	75	M24	M20	170
315 LK	2	508	100	590	654	562	576	508	560	710	336	661	216	635	583	433	85	80	M20	M20	140
	4-12	508	100	590	654	562	576	508	560	710	336	661	216	635	583	433	80	75	M24	M20	170

Motor size	Poles	EA	EG	EH	F	FA	G	GA	GB	GC	H	HA	HC	HD ¹⁾	HD ²⁾	HT	K	L	LC	LD	LD ¹⁾	LD ²⁾	O
														top-ml	top-ml					top-ml	std-ml		
280 SM	2	140	40	40	18	18	58	69	53	64	280	31	564	762	-	337.5	24	1086	1238	336	539	100	
	4-12	140	40	40	20	18	67.5	79.5	58	69	280	31	564	762	-	337.5	24	1086	1238	336	539	100	
280 ML	2	140	40	40	18	18	58	69	53	64	280	31	564	-	765	337.5	24	1189	1340	336	590	100	
	4-12	140	40	40	20	18	67.5	79.5	58	69	280	31	564	765	765	337.5	24	1189	1340	336	590	100	
315 SM	2	140	40	40	18	18	58	69	53	64	315	40	638	852	-	375	28	1174	1322	356	585	115	
	4-12	140	40	40	22	20	71	85	67.5	79.5	315	40	638	852	-	375	28	1204	1352	386	615	115	
315 ML	2	140	40	40	18	18	58	69	53	64	315	40	638	852	-	375	28	1288	1433	356	640	115	
	4-12	140	48	40	25	20	81	95	67.5	79.5	315	40	638	852	-	375	28	1315	1463	386	670	115	
315 LK	2	140	40	40	18	18	58	69	53	64	315	40	638	852	880	359	28	1491	1639	356	721	115	
	4-12	140	48	40	25	20	81	95	67.5	79.5	315	40	638	852	880	359	28	1521	1669	386	751	115	

Tolerances

A, B	± 0.5
C, CA	± 0.5
D	ISO H8 / k8 < Ø 50 mm
F	ISO H9
H	+ 0 / -0.5
N	ISO j6

Footnotes

¹⁾ Terminal box 370
²⁾ Terminal box 750