

Pekka Rauhala

TUOTTAVUUDEN KEHITTÄMINEN  
SÄHKÖKOJEISTOJEN  
VALMISTUKSESSA

Opinnäytetyö  
Sähkötekniikan koulutusohjelma


Maaliskuu 2013




**MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU**

Mikkeli University of Applied Sciences

## KUVAILULEHTI

 <p><b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences</p>	<p><b>Opinnäytetyön päivämäärä</b></p> <p>15.3.2013</p>	
<p><b>Tekijä(t)</b></p> <p>Pekka Rauhala</p>	<p><b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b></p> <p>Sähkövoimatekniikka</p>	
<p><b>Nimeke</b></p> <p>Tuottavuuden kehittäminen sähkökojeistojen valmistuksessa.</p>		
<p><b>Tiivistelmä</b></p> <p>Opinnäytetyön tilaaja on Konecranes Finland Oy. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia mahdollisuuksia parantaa tuottavuutta Hämeenlinnan sähkölaitetehtaassa. Tavoitteena oli kehittää toimintatapoja ja luoda selkeä materiaalivirta. Sähkölaitetehtaan kokonaistuottavuus käsittää hyvin laajamittaisen prosessin, joten tässä työssä keskityttiin osatuottavuuksien parantamiseen.</p> <p>Aloitin työn havainnoimalla tuotantoa ja siinä esiintyviä epäkohtia. Esitutkimuksessa ilmeni selkeät ongelmakohdat. Esitutkimuksen jälkeen aihetta ja kehitettäviä kohteita tarkennettiin. Tämän jälkeen suoritin mittauksia ja jatkotutkimuksia. Mittaukset olivat lähinnä aikamittauksia, joiden perusteella suunniteltiin tuotannon kehittämistä ja uutta layoutia.</p> <p>Havainnoinnissa selvisi monia kehitettäviä kohteita. Tuotannosta löytyi monia pieniä yksittäisiä kehityskohteita mutta myös suurempia kokonaisuuksia, joihin tässä työssä keskityttiin. Mittaustulokset olivat pääosin odotettuja, mutta pieniä yllätyksiä tutkimuksissa ilmeni.</p> <p>Opinnäytetyön tekeminen edellytti tuotannon ja tilojen tuntemusta, jonka takia työskentelin 5 kuukautta sähkölaite- tehtaan tuotannossa, ennen opinnäytetyön aloittamista. Tutkimuksissa saatiin halutut tiedot selville, jotka mahdollis- tivat kehityskohteiden uudelleensuunnittelun. Opinnäytetyötä tullaan hyödyntämään toteuttamalla suunniteltuja muutoksia.</p>		
<p><b>Asiasanat (avainsanat)</b></p> <p>Tuottavuus, sähkölaitetehdas, havainnointi, suunnittelu, lean-ajattelu</p>		
<p><b>Sivumäärä</b></p> <p>44+4</p>	<p><b>Kieli</b></p> <p>Suomi</p>	<p><b>URN</b></p>
<p><b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b></p>		
<p><b>Ohjaavan opettajan nimi</b></p> <p>Arto Kohvakka</p>	<p><b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b></p> <p>Konecranes Finland Oy</p>	

## DESCRIPTION

 <p><b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences</p>		<b>Date of the master's thesis</b>	
<b>Author(s)</b>		<b>Degree programme and option</b>	
		Electrical engineering	
<b>Name of the master's thesis</b>			
Productivity development in electric apparatus manufacturing			
<b>Abstract</b>			
<p>The client of my thesis is Konecranes Finland Oy. The aim of this thesis was to research the possibility of upgrading the productivity in Hämeenlinna's electrical factory. The goal of this thesis was to develop the working habits and to create a clear flow of materials. Total productivity of electrical factory contains very large-scaled process and that's why the focus was to develop single-factor productivity.</p> <p>I started my thesis by perception the false of electrical production. The pre research showed clearly the main problem areas. After the pre search we specified the topic of my thesis and the targets what we'd like to develop. After this I did some measurements and continued the research. The measurements were primarily time measurements which was the ground to production development and layout designing.</p> <p>The perception cleared up many targets to develop. There were many little targets to develop but there were also bigger ensembles which were the things where the main focus was in this thesis. Measurements were mainly predictable but there were also little surprises in the research.</p> <p>This thesis required knowledge about electrical production and the facilities which was the reason that I worked 5 month in the production of electrical factory before thesis. Research gave us the information what we wanted and enabled to redesign the develop targets. At least some of this thesis will be put into practice. The success of this thesis will be seen in the future. Thesis will be succeeded if the productivity will get better.</p>			
<b>Subject headings, (keywords)</b>			
Productivity, electrical factory, perception, planning, lean management			
<b>Pages</b>	<b>Language</b>	<b>URN</b>	
44+4	Finnish		
<b>Remarks, notes on appendices</b>			
<b>Tutor</b>		<b>Master's thesis assigned by</b>	
Arto Kohvakka		Konecranes Finland Oy	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	1
2	TUOTTAVUUS .....	3
2.1	Tuottavuuden määrittely .....	3
2.2	Tuottavuuden mittaaminen liiketoiminnassa .....	3
2.3	Tuottavuuden parantaminen perustuen Lean-ajatteluun.....	4
3	KONECRANES OYJ.....	6
3.1	Yrityksen esittely .....	6
3.2	Konecranes Finland Oyj Hämeenlinna .....	7
3.3	Sähkölaitetehdas .....	8
3.3.1	Sähkölaitetehtaan tuottavuuden määrittäminen .....	10
3.3.2	Kaappisolu .....	10
3.3.3	Invertterisolu .....	11
3.3.4	Taulusolu.....	12
3.3.5	Radiosolu .....	13
3.3.6	Virransyöttösolu.....	13
4	ESITUTKIMUS .....	14
4.1	Tutkimuksen lähtökohdat .....	14
4.2	Nykytilanteen havainnointi.....	15
4.2.1	Työn aloitus .....	15
4.2.2	Komponenttien keruu ja merkitseminen.....	16
4.2.3	Kojelevyn layout.....	17
4.2.4	Johdotus .....	18
4.2.5	Kotelointi ja laitteiden johdotus.....	18
4.2.6	Loppuvalmistus.....	19
4.3	Esitutkimuksen johtopäätökset .....	19
4.3.1	Ongelmat.....	21
5	TULOSTEN KÄSITTELY JA AIHEEN RAJAUS.....	23
5.1	Työn suunnittelu .....	25
5.2	Mittaaminen.....	25
5.3	Tulokset .....	27
6	LAYOUTIN SUUNNTTELU.....	30

6.1	Nykytilanne.....	30
6.2	Uusi layout.....	32
6.2.1	Suunnittelun lähtökohdat .....	32
6.2.2	Tuotantotilan jakaminen vaiheiden mukaan .....	33
7	VARASTOINNIN KEHITTÄMINEN .....	36
7.1	Varastoautomaatti .....	37
7.1.1	Kasten .....	38
7.1.2	Kardex.....	39
7.2	Varastoautomaattien vertailu .....	40
8	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	42
	LÄHTEET .....	44
	LIITTEET	
	1 Kuva kannatinhyllystä	
	2 Kuva kevytnostimesta	
	3 Työaikajajit	
	4 Kuva tilanahtaudesta	

## 1 JOHDANTO

Määritelmänä tuottavuus on todennäköisesti lähtöisin maataloudesta, jossa sillä tarkoitetaan edelleenkin sitä, paljonko satoa saadaan tuotettua pinta-alaa kohden. ( Tuottavuus suorituskyvyn analysoinnin kentässä 2005, 5.)

Tuottavuutta voidaan parantaa lisäämällä tehokkuutta tai teknisen kehityksen avulla. Tehokkuutta voidaan lisätä kehittämällä voimavarojen kohdentamista. Tuotannossa saattaa olla solmukohta, johon lisätään työvoimaa ja näin ollen saadaan tuotanto tehokkaammaksi. Tekninen kehitys voi tarkoittaa uuden koneen hankkimista tai jonkin apuvälineen liittämistä johonkin työvaiheeseen. Teknisen kehityksen perustana voidaan pitää tietotaidon kasvamista. (Teoria ja mittaaminen liiketoiminnassa 2006, 99.)

Opinnäytetyön tilaajana on Konecranes Finland Oy Hämeenlinnan sähkölaitetehtas. Konecranes valmistaa erilaisia nostureita ja nostimia, pienistä köysinostimista aina maailman suurimpiin teollisuus- ja satamanostureihin. Nostokyvyt vaihtelevat muutamasta sadasta kilosta aina kahteen tuhanteen tonniin asti. Hämeenlinnassa valmistettävien nostolaitteiden nostokyky on 100 kilosta aina 100 tonniin asti.

Hämeenlinnan sähkölaitetehtaalla valmistetaan erikoisimpien teollisuuden siltanostureiden sähkö- ja automaatiokokonaisuuksia. Yksinkertaisten standardinostimien sähkölaitteiden valmistusta on siirretty lisääntyvissä määrin alihankkijoille. Nosturin sähkökaappeja kutsutaan sillankaapeiksi ja nostimen kojeistoja kutsutaan tauluiksi.

Tässä työssä keskitytään pääosin sillankaappien valmistuksen tuottavuuden parantamiseen lean-ajattelua hyödyntämällä. Nykytilanteessa työntekijä valmistaa sillankaappin alusta loppuun. Sillankaappien tuotemix on muuttunut muutamassa vuodessa radikaalisti, mikä taas on aiheuttanut esimerkiksi tilaustausta ja automaatioiden lisääntyä haasteita sähköasentajille.

Tämän työn tavoitteena on parantaa sähkölaitetehtaan osatuottavuuksia muuttamalla nykyisiä työtapoja sillankaappien valmistuksessa ja suunnittelemalla uusi tehdaslayout. Vanhat toimintatavat eivät nykyisellään ole riittävän tehokkaita, ja tilat ovat liian ahtaat tehokkaaseen ja turvalliseen työntekoon.

Tarkoituksena on vaiheistaa tuotantoa ja kehittää varastointia ja näiden perusteella suunnitella uusi layout. Toimintatapoja tarvitsee myös uudistaa, jotta vaiheistus ja uusi layout ovat mahdollisia.

Sähkölaitetehtaalla on käytössä tuottavuutta mittaava järjestelmä, jonka perusteella lasketaan tuottavuutta kuukausittain ja vuosittain. Järjestelmä perustuu rakenneaikoihin, jotka ovat määritelty jokaiselle komponentille erikseen. Näin sillankaapille määritty kokonaisrakenneaika, jota verrataan todelliseen valmistukseen kuluneeseen aikaan.

Rakenneajat mahdollistavat myös työkuormien eli kapasiteetin seuraamisen ja ennakoimisen. Tämä helpottaa työsuunnittelua ja kiireellisten viikkojen ennakoimista. Työpäiviin kuuluvat lakisääteiset tauot ja mahdolliset muut työn keskeyttävät tauot, esimerkiksi vessassa käyminen. Nämä ajat eivät ole jalostavia eli tuottavia aikoja. Sähkölaitetehtaalla on määritelty, että sähköasentajan tekemä kytkeminen ja johdotus ovat jalostavaa aikaa. Sillankaapin valmistuksessa sähköasentajat joutuvat tekemään paljon töitä, joissa ei tarvita sähköalan ammattitaitoa. Tällaisia töitä ovat esimerkiksi metalli- ja tulityöt. Työn yksi tavoite on lisätä sähköasentajien jalostavaa aikaa siirtämällä metalli- ja tulitöitä muille työntekijöille.

Opinnäytetyön tarkoituksena on hyödyntää suunnitelmia lähitulevaisuudessa ja sitä kautta parantaa sähkölaitetehtaan tuottavuutta ja työturvallisuutta.

## 2 TUOTTAVUUS

### 2.1 Tuottavuuden määrittely

””Tuotos per panos”, sanoi Oksasen Jussi kun Matinmäessä jänistä ampui” (Yrityksen tuottavuusopas 1984, 39).

Tuottavuus määritellään usein tietyn työn tekemiseen käytettävän panoksen ja tuotoksen suhteena. Peltonen esittää (1984, 39) erään yhdysvaltalaisen tutkimuksen tulokset, jossa oli haastateltu yritysjohtajia ja heidän mielipiteitään, mitä tuottavuus tarkoittaa. Tuloksista ilmenee, kuinka erilaisia ajatuksia tuottavuus herättää. Suurin osa haastatelluista oli sitä mieltä, että tuottavuus tarkoittaa tuotannon määrää ja laatua, tuotosta miestuntia kohden ja tehokkuutta ja toimintojen tehoa. Osa vastanneista oli sitä mieltä, että tuottavuuteen sisältyy henkilöstön lojaalisuus, työtyytyväisyys, asiakkaiden tyytyväisyys. Vähiten kannatusta sai ajatus, että tuottavuus tarkoittaa panoksen ja tuotoksen välistä suhdetta.

Tuottavuuden määrittely riippuu, missä asiayhteydessä tuottavuudesta puhutaan. Esimerkiksi kansantaloudesta puhuttaessa tuottavuus liitetään usein elintason nousuun, ja yrityselämässä kustannustehokkuuden paranemiseen. (Yrityksen tietokirjat 1997, 16.) Mielestäni edellä mainitsemani sanonta Oksasen Jussista tiivistää tuottavuuden määrittelyn hyvin kolmeen sanaan. Kansantaloudessa erinäisillä panostuksilla pyritään saamaan aikaan tuotos, joka parantaa elintasoja. Yrityselämässä, esimerkiksi pienemmällä panostuksella pyritään samaan tuottoon, jolloin tuottavuus kasvaa.

Tämän työn yhteydessä käsiteltävä tuottavuus määritellään juuri panoksen ja tuotoksen suhteella.

$$\text{Tuottavuus} = \frac{\text{Tuotos}}{\text{Panos}}$$

### 2.2 Tuottavuuden mittaaminen liiketoiminnassa

Tuottavuus voidaan jakaa kahdeksi erilaiseksi tarkastelukohteeksi, jotka ovat kokonaistuottavuus ja osatuottavuus. Kokonaistuottavuus on kokonaispanoksen ja kokonaistuotoksen suhde. Tämä voidaan jakaa pienempiin osatuottavuuksiin, jotka yhdessä



muodostavat kokonaistuottavuuden. Rantanen (tuottavuus suorituskyvyn analysoinnin kentässä 2005, 15.) esittää kokonaistuottavuuden matemaattisena kaavana, jossa kokonaispanos on jaettu osapanoksiin.

$$TP = \frac{O}{L + C + M + E + X} \quad (1)$$

Missä

TP = Kokonaistuottavuus

O = Kokonaistuotanto

L = Työpanosten summa

C = Pääomapanosten summa

M = Materiaalipanosten summa

E = Energiapanosten summa

X = Muiden panosten summa

Osatuottavuus on kokonaistuotannon ja yksittäisen panoksen suhde. Näin voidaan tarkastella kokonaistuottavuuden muutosta pienempien osien muutoksilla. Yksittäisen osatuottavuuden parantuminen ei tarkoita, että kokonaistuottavuus kasvaa automaattisesti. Jokin toinen yksittäinen heikentynyt osatuottavuus voi kumota parantuneen osatuottavuuden. Esimerkiksi hankkimalla työntekoa helpottavia välineitä materiaalien tuottavuus laskee, mutta työn tuottavuus samalla nousee. (Rantanen 2005, 15.)

### 2.3 Tuottavuuden parantaminen perustuen Lean-ajatteluun

Tuottavuuden parantamisen lähtökohtana on selvittää kohteen nykytila. Ilman tietoa nykytilasta on vaikea havainnoida ongelmia ja epäkohtia. Tuottavuuden parantaminen edellyttää siis mittaamista.

Lean on johtamisfilosofia, joka on lähtöisin Japanista. Se sai alkunsa autoteollisuudessa, jossa tuotantoa piti saada kehitettyä tuottavammaksi.

Lean-ajattelu pyrkii siihen, että asiat tehtäisiin mahdollisimman oikein ja hyvin, jolloin saavutetaan mahdollisimman hyvä tulos. Lean-ajattelu perustuu seitsemään erilaiseen turhuuteen. Nämä turhuudet ovat:

- Ylituotanto
- Häiriöt
- Tarpeettomat varastot
- Asiaan kuulumaton prosessointi
- Liiallinen kuljetus
- Odottaminen
- Tarpeeton liike.

(Aalto PRO 2013.)

Nämä kaikki edellä mainitut asiat eivät tuo lisäarvoa yritykselle. Kaikki ymmärtävät, että joutenolo tai tarpeeton kävely ei tuo yritykselle rahaa. Loppujen lopuksi raha on se mittari, jolla mitataan yrityksen toimintaa.

Lean-ajattelussa pyritään maksimoimaan tuotettavan tuotteen arvo. Tämän takia tulee tuotteelle määrittää arvoa lisäävä toiminta ja arvoa lisäämätön toiminta. Arvoa lisäävä toiminta on tuotteen valmistamista asiakkaan toiveiden mukaiseksi. Arvoa lisäämätön toiminta on kaikki aikaa vievät toimenpiteet, joista ei voida laskuttaa asiakasta.

Lean-ajattelu perustuu asiakastyytyvyyteen ja yrityksen tuloksen maksimoimiseen. Keskitytään arvoa tuottaviin toimenpiteisiin ja minimoidaan arvoa tuottamattomat toimenpiteet. Näillä toimenpiteillä pyritään pienentämään tuotteen läpimenoaikaa, parantamaan tuottavuutta, vähentää virheiden ja reklamaatioiden määrää sekä parantaa toimitustäsmällisyyttä.

Lean toimintamallilla voidaan saavuttaa tuottavuuden kasvua jopa 30 %, virheiden ja reklamaatioiden määrä voi vähentyä jopa 90 % sekä läpimenoaika voi lyhentyä 50 %. Yksinkertaisesti lean-ajattelulla pyritään saavuttamaan tilanne, jossa suurin osa läpimenoajasta, olisi jalostavaa aikaa. (Kouri 2010.)

Tässä työssä hyödynnetään lean-ajattelun periaatteita kehitettäessä tuotantoa ja sitä kautta parannettaessa tuottavuutta.

### 3 KONECRANES OYJ

#### 3.1 Yrityksen esittely

”Konecranes on yksi maailman johtavista nostolaittevalmistajista, joka toimittaa tuottavuutta lisääviä nostoratkaisuja ja palveluita valmistus- ja prosessiteollisuudelle, laivanrakennusteollisuudelle, satamille ja voimalaitoksille” (Konecranes 2011, 2).

Konecranesilla on 12147 työntekijää ja tuotantolaitoksia 16 eri maassa sekä myynti- ja huoltopisteitä 47 maassa. Liikevaihto vuonna 2012 oli 2170,2 miljoonaa euroa. Konecranesin pääkonttori sijaitsee Suomessa, Hyvinkäällä. (Konecranes 2013e.)

Yrityksen missiona on, ei vain nostaa taakkoja vaan kokonaisia liiketoimintoja. Konecranesin visio on seurata reaaliajassa nostolaitteiden ja työstökoneiden toimintaa ja käyttää sitä tietoa hyväksi kellon ympäri parantaakseen asiakkaiden toimintojen turvallisuutta ja tuottavuutta. (Konecranes 2011, 10.)

Konecranes Oyj:n liiketoiminta jakaantuu kahteen eri osa-alueeseen, laitteisiin ja kunnossapitoon. Laitteet ovat 60 prosenttia ja kunnossapito 40 prosenttia liikevaihdosta.

Laitteet liiketoimintaan kuuluu:

- teollisuusnosturit
  - o standardinostolaitteet
  - o prosessinostolaitteet
  - o työpistenostolaitteet
- ydinvoimalanosturit
- satamanosturit
- kappaletavaran lastausnosturit
- haarukkarukit ja konttikurottajat
- konttilukit
- telakkanosturit

- kenttänosturit

Kunnossapidon liiketoimintaan kuuluu:

- tarkastukset
- ennakoivan kunnossapidon ohjelmat
- korjaukset ja parannukset
- päivystyshuoltokäynnit
- varaosat
- modernisoinnit
- erityispalvelut (käyttöpalvelut, etäpalvelut ja konsultointi).

(Konecranes vuosikertomus 2011, 3)(Konecranes 2013c).

Konecranes tuottaa vuosittain kymmeniä tuhansia erilaisia nostureita ja nostimia. Huoltosopimuksia on noin 418 000 laitteesta, joista neljännes on Konecranes-konsernin valmistamia. Konecranesilla on oman brändin lisäksi myös muita tuotemerkkejä. Konserni myy omalla brändillään tuotteet suoraan loppukäyttäjälle ja muilla tuotemerkeillä jakelijoille.

Muut tuotemerkit ovat:

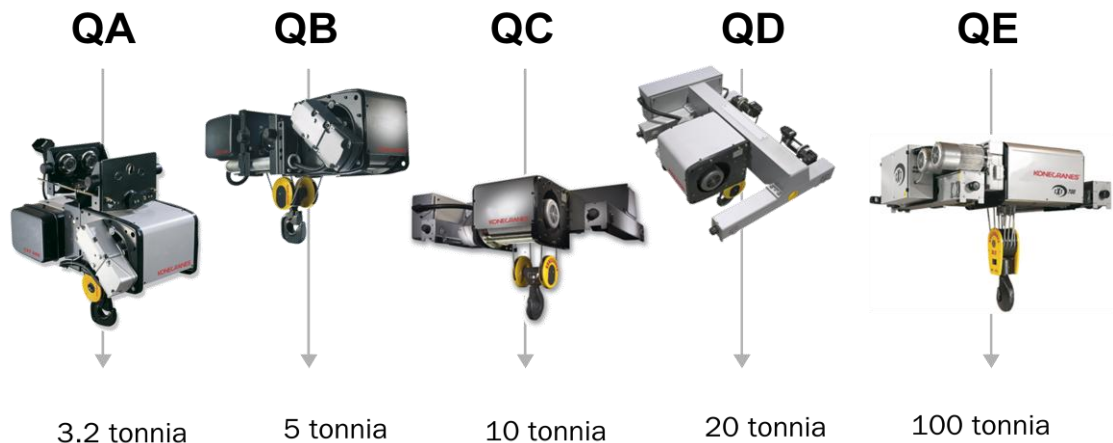
- ❖ STAHL CraneSystems
- ❖ SWF
- ❖ Verlinde
- ❖ R&M
- ❖ Sanma Hoists & Cranes

### **3.2 Konecranes Finland Oyj Hämeenlinna**

Konecranesin Hämeenlinnan tehdasalue koostuu kolmesta eri hallista, jotka ovat nostintehdas 1 (HH1), nostintehdas 2 (HH2) ja vaihdetehdas (KHT). HH1 on kooltaan suurin, 3900 neliometriä ja siellä valmistetaan nostimien kojeistot, taajuusmuuttajien kokoonpanot nostinkäyttöön, radioiden valmistelu, nostureiden sillankaapit sekä QA-QC nostimia (kuva 1). KHT on toiseksi suurin, 3500 neliometriä, ja siellä valmiste-

taan pääosin nostimien vaihteita mutta myös nosturien siirtomoottoreita. HH2 on kooltaan 2200 neliometriä, ja siellä valmistetaan QD-QE (kuva 1) nostimia ja virransyöttöpaketteja.

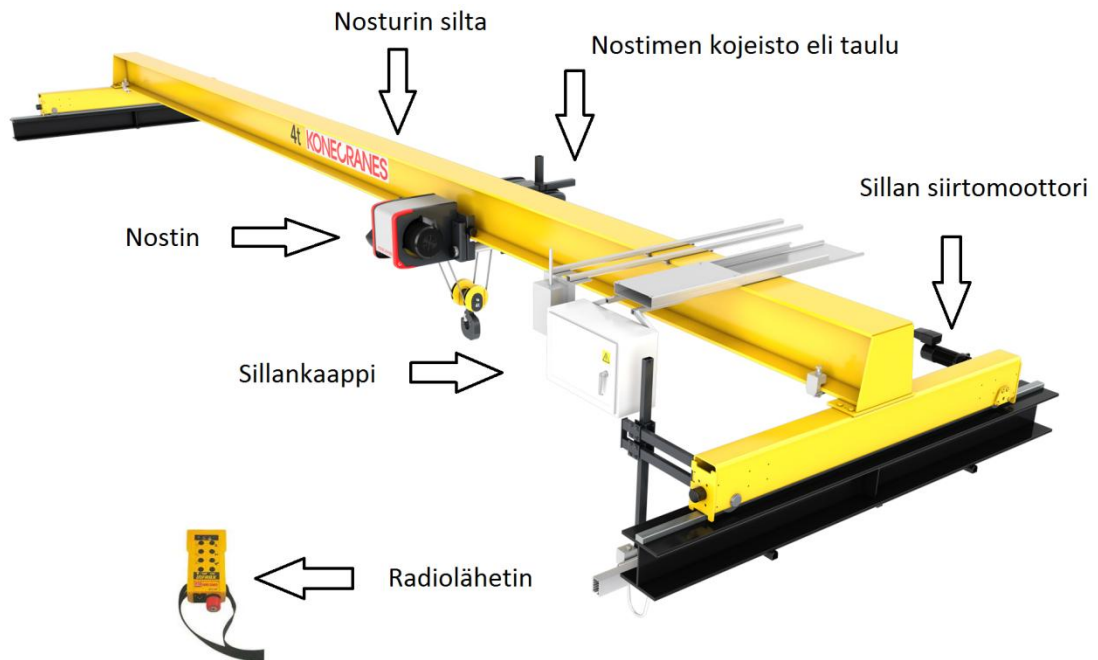
Hämeenlinnassa valmistettavat nostolaitteet ovat standardinostolaitteita, joiden nostokapasiteetit ovat sadasta kilogrammasta aina sataan tonniin asti.



**KUVA 1. Nostintyypit (Hämeenlinna factories presentation 2010)**

### 3.3 Sähkölaitetehtas

Hämeenlinnan sähkölaitetehtaalla valmistetaan teollisuusnosturien sähköistysratkaisuja. Sähkölaitetehtaan tunnus on HH6, ja se sijaitsee HH1 hallissa. Sähkölaitetehtas on jaettu viiteen eri osastoon, joita kutsutaan soluiksi. Jokainen solu on erikoistunut valmistamaan tiettyä nosturin sähkökomponenttia. Nämä viisi solua ovat kaappisolu, invertterisolu, taulusolu, radiosolu ja virransyöttösolu. Näiden lisäksi on kaksi testaus-solua. Toinen testaus-soluista sijaitsee HH2 hallissa, ja siellä testataan erikoisimpia ominaisuuksia sisältävät tuotteet. Testi sisältää koko nostintoimituksen täydellisen toimivuuden testaamisen. Eli testauspaikalle tuodaan nostin, sillankaappi, virransyöttö, radio-ohjain ja sillansiirtokoneisto ja näiden yhteistoimintaa testataan. Tätä testisoluja kutsutaan nimellä C-Testi. Kuvassa 2 on esitetty nosturin eri osat.



**KUVA 2. Siltanosturi**

Konecranes käyttää sähkökomponenttien valmistuksessa paljon alihankkijoita. Hämeenlinnan tehtaalla valmistetaan ainoastaan haastavimpia tuotteita.

Alihankkijoita ovat:

- Konesko Ltd
- Elkome Installaatiot Oy
- Milectria
- M3 Logistics

Myös Konecranesin Hyvinkään sähkölaitetehtaalla valmistetaan Hämeenlinnan tehtaalla sillankaappeja sekä Unkarissa on aloitettu tekemään standarditauluja ja sillankaappeja, tarkoituksena tulevaisuudessa valmistaa kokonaisia nostinkomponenttitoimituksia.

Virolainen Konesko valmistaa valtaosan kaikesta volyymistä. Konesko valmistaa tauluja, sillankaappeja, virransyöttöjä ja painikeohjaimia. Koneskolla valmistettavat tuotteet ovat pääosin standardituotteita. Milectria valmistaa erikoisempia tuotteita ja pienempiä määriä kuin Konesko. Milectria valmistaa sähkökaappeja myös muualle Konecranesille. M3 Logistics valmistaa koneductoreita eli kiskovirransyöttöjä.

### 3.3.1 Sähkölaitetehtaan tuottavuuden määrittäminen

Hämeenlinnan sähkölaitetehtaalla tuottavuutta mitataan rakenneaikoihin perustuvalla laskentatavalla. Jokaiselle komponentille on määritelty oma rakenneaika. Näin ollen kaikkien komponenttien ja osien rakenneaikojen summasta saadaan tuotteen teoreettinen valmistusaika. Tätä rakenneaikoihin pohjautuvaa aikaa verrataan todelliseen valmistukseen käytettyyn aikaan. Näin saadaan tuottavuusluku. Mittarista saatavia eri aikavälien lukuja vertailemalla voidaan seurata tuottavuuden kehitystä. Mittarilla voidaan halutessa mitata jopa yksittäisen työn tuottavuutta.

Sähkölaitetehtaalla maksetaan tuotannontyöntekijöille palkkiopalkkaa. Palkkiopalkka on sidonnainen tuottavuusmittariin. Palkka koostuu kolmesta eri vaikuttajasta, jotka ovat työkohtainen kiinteäosa, henkilökohtainen kiinteäosa ja muuttuva osuus. Muuttuvaan osuuteen vaikuttaa tuottavuus, toimitustäsmällisyys ja laatuvirheiden määrä. Tuottavuudella on suurin vaikutus muuttuvaan osuuteen. Vaikutukset jakaantuvat seuraavasti: tuottavuus 70 %, toimitustäsmällisyys 15 % ja laatuvirheet 15 %. Tämän lisäksi tehtaalla on käytössä järjestelmä, jossa toteutukseen asti päätyvistä kehitysideoista maksetaan tapauskohtaisesti palkkioita. Tämä järjestelmä motivoi myös työntekijöitä kehittämään tehtaan tuottavuutta.

### 3.3.2 Kaappisolu

Kaappisolussa valmistetaan nostureiden sillankaappeja. Sillankaapit ovat käytännössä sähkökaappeja, joissa sijaitsee pääosin nosturin ohjaukseen liittyvät komponentit. Kaappeja kutsutaan sillankaapeiksi, koska ne yleensä kiinnitetään nosturin siltaan (kuva 3). Sillankaapit muodostuvat yksittäisistä erikokoisista kotelosta, joita yhdistelemällä saadaan tarvittava kokonaispituus, että kaikki sähkökomponentit mahtuvat koteloiden sisään. Tätä kokonaisuutta kutsutaan kaappiletkaksi. Kaappiletkat vaihtelevat yksittäisestä kotelosta aina yli kymmenen metrin letkoihin.

Kotelokoot ovat:

- 400 mm x 600 mm
- 400 mm x 900 mm
- 400 mm x 1200 mm
- 600 mm x 600 mm

- 600 mm x 1000 mm
- 1000 mm x 1000 mm
- 1500 mm x 1000 mm

1000 mm x 1000 mm kaappeja kutsutaan KA-kaapeiksi ja 1500 mm x 1000 mm kaappeja kutsutaan H15-kaapeiksi. Kotelokoko ja tyyppi määräytyvät nosturin koon, ominaisuuksien ja asennuspaikan perusteella.



**KUVA 3. Sillankaappi kotelokoko 600 mm x 1000 mm**

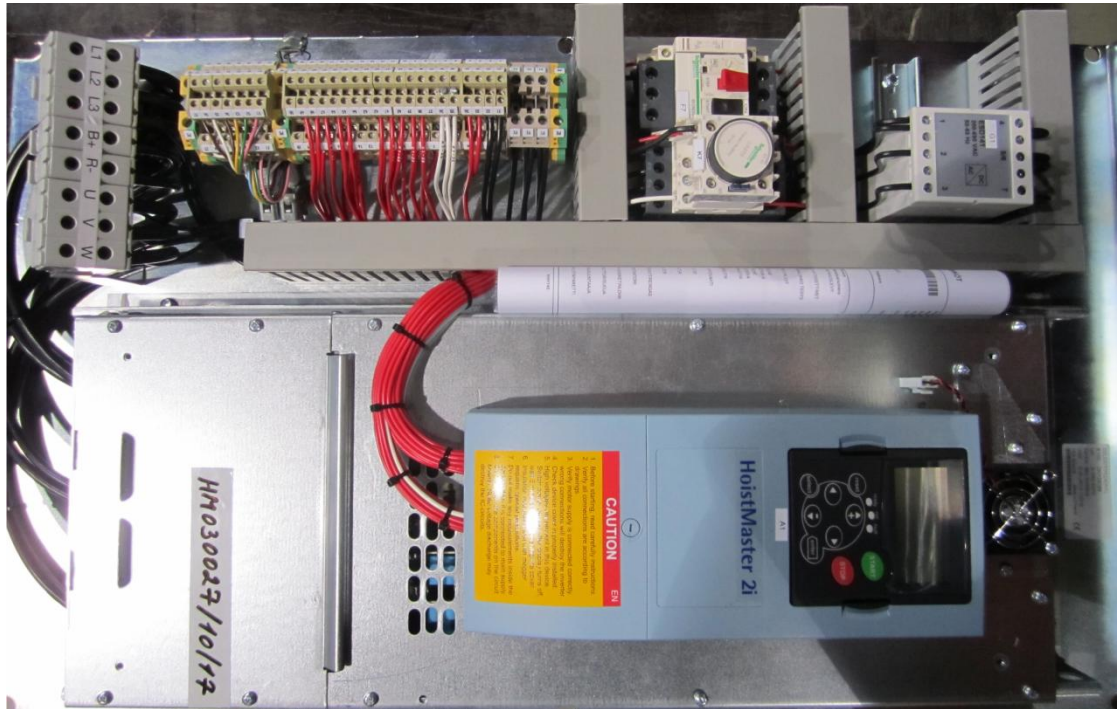
Sähköasentaja valmistaa sillankaapin itsenäisesti alusta loppuun. Suurimmat työt valmistetaan usein pareittain, ja kiiretapauksissa työtä saattaa valmistaa useita asentajia kahdessa vuorossa. Sillankaappien valmistusajat vaihtelevat koon ja ominaisuuksien mukaan 10 tunnin ja 100 tunnin välillä. Pienimpiä ja yksinkertaisimpia töitä siirretään nykyään alihankkijoille. Käytännössä kaikki 400 mm korkeat työt siirretään alihankintaan, ellei niissä ole erikoisominaisuuksia. Alihankkijoille siirretään myös 600 mm korkeita sillankaappeja ja joskus myös KA-kaappeja. Alihankkijoille ei siirretä erikoisimpia töitä, jotka sisältävät esimerkiksi ohjelmoitavia logiikoita.

### 3.3.3 Invertterisoluu

Invertterisolussa valmistetaan taajuusmuuttajat nosturikäyttöön sopiviksi. Modifiointi tarkoittaa on lähinnä sitä, että taajuusmuuttaja asennetaan asennuslevylle ja esikytketään riviliittimille. Asennuslevylle asennetaan myös tarvittavat komponentit taajuusmuuttajan nosturikäyttöä, sekä asennetaan parametrit. Valmis laite (kuva 4) testataan



ja nostetaan hyllyyn odottamaan sillankaapin valmistajaa. Itse taajuusmuuttajat tulevat ulkopuoliselta valmistajalta. Invertterien valmistusajat vaihtelevat alle tunnista kahdeksaan tuntiin riippuen laitteen tehosta ja koosta.



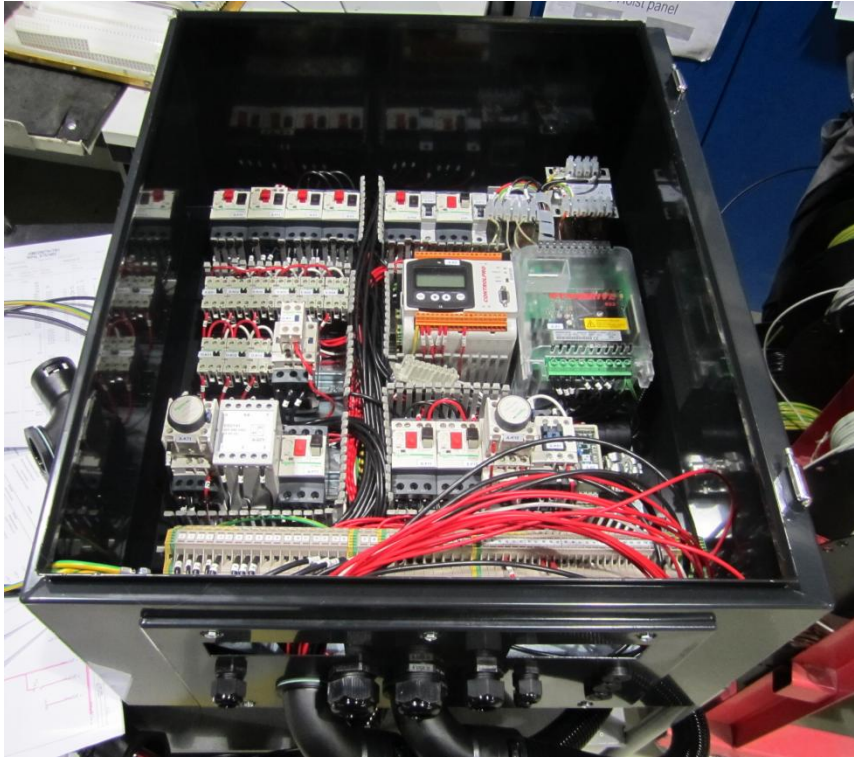
**KUVA 4. Valmis taajuusmuuttaja nosturikäyttöön**

### 3.3.4 Taulusolu

Nostimen kojeistoja kutsutaan tauluiksi (kuva 5). Taulujen valmistaminen on melko samanlaista kuin sillankaappien. Suurimpana erona on pieni fyysinen koko, joka tekee komponenttien asentamisesta erittäin haasteellista rajallisen tilan takia. Pienimpiä tauluja kutsutaan leipälaatikoiksi niiden ulkomuodon takia. Taulujen kotelokoot ovat:

- 370 mm x 280 mm
- 400 mm x 400 mm
- 420 mm x 540 mm
- 540 mm x 650 mm
- 600 mm x 250 mm
- 900 mm x 250 mm
- 900 mm x 400 mm
- 1000 mm 600 mm

Kotelokoko määräytyy nostimen mallin, koon sekä asiakaslähtöisten erityisvaatimusten mukaan. Erityisiä vaatimuksia aiheuttavat esimerkiksi ydinvoimalaitokset sekä palo- ja räjähdysherkät tilat.



**KUVA 5. Keskenäinen taulu**

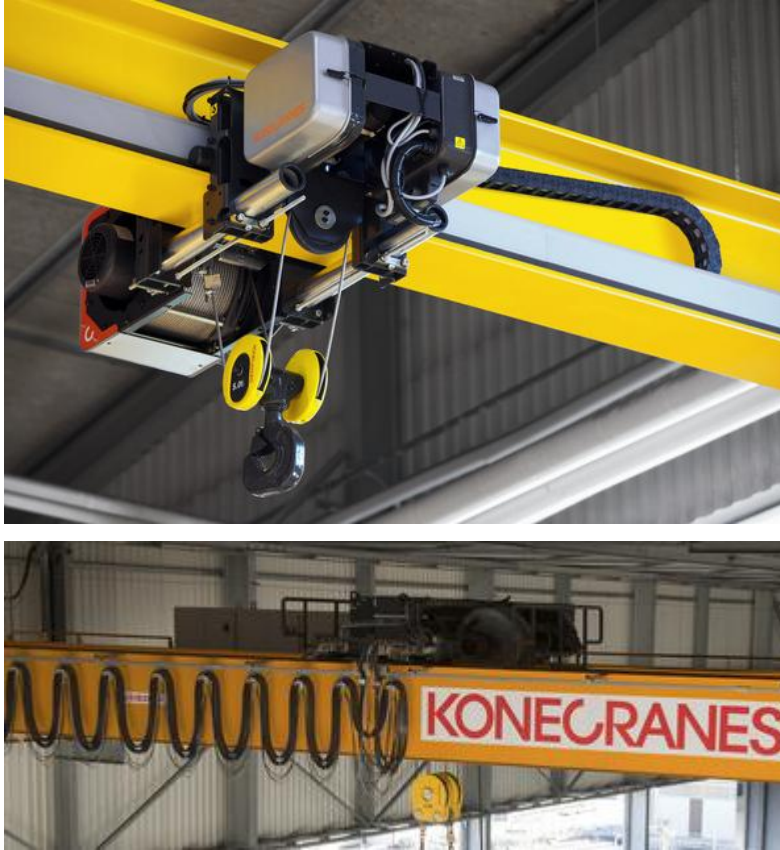
### **3.3.5 Radiosolu**

Radiosolussa ei käytännössä valmisteta mitään. Radiot tulevat ulkopuoliselta toimittajalta ja radiosolussa pääosin vain asennetaan vaadittavat tarrat, testataan radiot ja pakataan pahvilaatikkoon. Radion ja sillankaapin välille tehdään tarvittaessa kaapelit tai käytetään valmiita kaapeleita. Radioiden valmistusajat vaihtelevat puolesta tunnista kahteen tuntiin. Radioilla mahdollistetaan nosturien kaukokäyttö.

### **3.3.6 Virransyöttösolu**

Virransyöttösolussa valmistetaan nosturin ja nostimen virransyöttökaapelit, siirtomootoreiden kaapelointeja ja erilaisia rajakytkinten kaapelointeja. Virransyötöt tehdään lattakaapelivedoilla tai energiansiirtoketjuilla (kuva 6). Lattakaapelivedoilla tehtävissä virransyötöissä asennetaan kaapelivaunuja määrätyin välein, joiden mukana kaapeli pääsee liikkumaan nostimen mukana. Energiansiirtoketjussa kaapelit kulkevat

ketjun sisällä, joka liikkuu nostimen mukana. Energiansiirtoketjuja ei valmisteta Hämeenlinnan tehtaalla vaan ne tulevat kaapeleineen alihankkijalta. Virransyöttösolussa ainoastaan suoritetaan tarvittavat kytkennät. Solussa kerätään myös kaikki virransyötön kiinnitykseen tarvittavat komponentit. Kaikki osat kerätään vanerilaatikkoon ja pakataan toimitusvalmiuteen.



**Kuva 6. Nosturin virransyöttö. Ylhäällä virransyöttö energiansiirtoketjulla ja alhaalla lattakaapelivedolla (Konecranes 2013c)**

## **4 ESITUTKIMUS**

### **4.1 Tutkimuksen lähtökohdat**

Kun sain opinnäytetyön aiheeni, oli se aluksi hyvin laaja. Lähtökohtana oli, että sähkölaitetehtaan tuottavuutta haluttiin parantaa lähinnä sillankaappien valmistuksessa. Tuottavuuteen vaikuttaa monia asioita ja ajatuksena oli lähteä yksinkertaisesti havainnoimaan tuotannon epäkohtia. Antti Ruohola on diplomityössään 2008 muodostanut Hämeenlinnan sähkölaitetehtaalle työaikalajit. Työaika on jaettu viiteen eri kategori-

aan, jotka ovat apuaika, häiriö, tauko, valmius ja jalostava. (Liite 3.) Ajatuspohjana oli, miten valmistustapoja voitaisiin muuttaa paremmiksi lähinnä vähentämällä häiriöaikaa ja valmiusaikaa. Kuitenkaan ei poissuljettu jalostavan ajan ja apuaikojen mahdollista kehittämistä.

Tässä opinnäytetyössä hyödynnettiin Lean-ajattelun periaatteita sähkölaitetehtaan toiminnan kehittämisessä. Koska tuottavuus on niin laaja käsite ja sisältää kokonaisuutena paljon, niin tässä työssä keskitytään osatuottavuuksien parantamiseen mahdollisuuksien mukaan. Lean-ajattelun periaatteista tässä työssä keskityttiin lähinnä häiriöiden poistamiseen, tarpeettomien varastojen vähentämiseen ja tarpeettoman liikkeen poistamiseen. Tarkoituksena on pyrkiä myös läpimenoajan pienentämiseen ja virheiden vähentämiseen.

Lean-ajattelun periaatteista tutkimuksen alkuvaiheessa havainnoitiin häiriöitä ja epäkohtia tuotannossa sekä turhaa liikkumista.

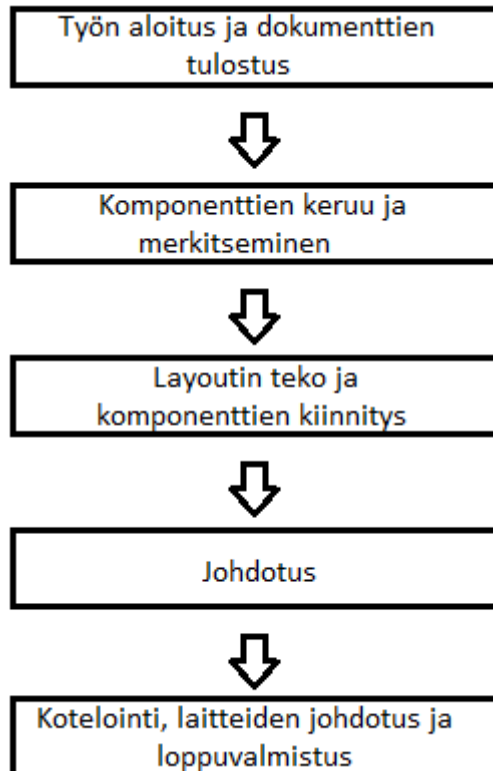
Ensimmäisenä asiana haluttiin tietää, kuinka paljon sähköasentaja joutuu kävelemään päivän aikana suorittaessaan työhön liittyviä vaiheita. Aloitin tutkimuksen valitsemalla sähköasentajan, joka oli aloittamassa uuden tuotteen valmistusta. Laaja aihealue loi haasteita tutkimuksen toteuttamiselle, koska ei ollut tietoa, mihin asioihin tulisi erityisesti kiinnittää huomiota. Näin ollen valitsin ensimmäiseksi tutkimuskohteeksi mahdollisimman yksinkertaisen ja nopeasti valmistettavan työn, jotta pystyin luomaan itselleni pohjan, miten asiaa tulisi tutkia. Aluksi haluttiin myös selvittää, kuinka paljon aikaa kuluu, ennen kuin asentaja aloittaa johdotuksen.

## **4.2 Nykytilanteen havainnointi**

### **4.2.1 Työn aloitus**

Mittauksen aloituskohdaksi valitsin ATK-pisteen, koska asentaja aloittaa työn ottamalla iLM-toiminnanohjausjärjestelmästä työn vastaan, joka on seuraavana valmistusvuorossa. Tässä tapauksessa valitsin itse työn, jonka asentaja aloittaa. Kyseinen sillankaappi oli kooltaan 400 mm x 900 mm ja lisäksi 400 mm x 400 mm. Asentaja rekisteröi työn itselleen laittamalla henkilökohtaisen tunnuksensa järjestelmään, jolloin iLM:ista nähdään, että työ on aloitettu. Seuraavaksi työntekijä tulostaa valmistuk-

seen tarvittavat dokumentit, jotka ovat työmääräin, tilausvahvistus ja sähkökuvat. Työmääräimessä on listattuna kaikki komponentit, mitä työ sisältää ja mistä kyseiset tarvikkeet löytyvät. Tilausvahvistus sisältää tilauksen ja nosturin tietoja. Sähkökuvat sisältävät piirikaavion, kaapelilistat, osaluettelon ja komponenttien spesifikaatiolistan. Dokumenttien tulostuksen yhteydessä asentaja ehtii tutkimaan kuvia ja tutustumaan työhön etukäteen. Tämä auttaa asentajaa hahmottamaan työn mahdolliset haasteet ja sen, miten työssä kannattaa edetä. Kuvassa 7 on kaikki työvaiheet etenemisjärjestyksessä.



**KUVA 7. Työvaiheet**

#### 4.2.2 Komponenttien keruu ja merkitseminen

Dokumenttien tulostuksen jälkeen asentaja usein tutustuu työhön vielä hetken, jonka jälkeen hän etsii itselleen liikuteltavan työpöydän. Vapaina olevat työpöydät sijaitsevat yleensä ulkovarastossa. Pöydälle asentaja kerää tarvittavan määrän asennuslevyjä ja levyjen päälle kerää varastosta tarvittavat komponentit. Keruun jälkeen asentaja menee työpisteiden luo ja aloittaa komponenttien purkamisen pahveista. Suurin osa komponenteista on pahveissa tai muoveissa. Tämän jälkeen kaikki komponentit merkitään tarroilla. Jokaiselle komponentille on oma merkintäkoodi, joka selviää osaluet-

telosta. Kun aloitin kesätöissä tuotannossa, tarrat etsittiin kansioista selailemalla. Kesän aikana tehtaalle tuli tarrakone, jolla tarrat oli huomattavasti nopeampi tehdä.

Komponenttien merkitsemisellä mahdollistetaan selkeät piirikaaviot ja merkintäkoodista selviää, mihin toimintoon komponentti liittyy ja mikä on sen käyttötarkoitus. Merkintäkoodi koostuu kahdesta kirjainkoodista, joista ensimmäinen kertoo, mihin toimintoon se liittyy, ja toinen kirjain, mikä komponentti on kyseessä. Esimerkiksi pääkontaktorin merkintäkoodi on O-K1, jossa O kertoo sen liittyvän virransyöttöön ja K kertoo, että kyseessä on kontaktori. (Konecranes 2013b.)

### **4.2.3 Kojelevyn layout**

Seuraavaksi asentaja aloittaa layoutin suunnittelemisen eli miten komponentit ja riviliittimet sijoitellaan asennuslevyille. Sijoitteluun vaikuttaa esimerkiksi kaapin koko ja se, kytketäänkö kaappi pistokkeilla vai kaapeleilla ja tuleeko nosturiin huoltotasoa. Tiettyjä pakollisia sääntöjä tulee noudattaa sijoittelussa, mutta muuten asentaja pystyy itse vaikuttamaan komponenttien sijoitteluun. Tarkoituksena on saada aikaan johdonmukainen ja järkevä kokonaisuus, kun huomioidaan komponenttien ja riviliittimien johtotiet ja kytkennät. Hyvin suunniteltu layout vähentää turhaa kaapelien kulutusta ja mahdollistaa siistin lopputuloksen. Layoutin suunnittelu on haasteellista ja vaatii kokemusta ja ymmärrystä nosturin toiminnasta.

Suunniteltaessa layoutia asentaja huomaa, jos sähkösuunnittelussa kojekaappi on virheellisesti alimitoitettu, ja komponentit eivät mahdu suunnitellulle pohjalle. Tällaisissa tilanteissa asentaja joutuu soittamaan suunnittelijalle ja kysymään, voiko lisätä sillankaapin pituutta. Kaappia voidaan yleensä pidentää, jolloin suunnittelija tekee tarvittavat muutokset kuviin ja tilauksen käsittelijälle. Joskus suunniteltu kaapin pituus on tarpeettoman pitkä, mutta johtuen muista nosturin rakenteista ei kaappia kannata enää lyhentää.

Sijoittelun jälkeen asentaja suunnittelee, mittaa ja leikkaa sopivat johtokourut. Kourut asetetaan halutuille paikoilleen ja niiden kiinnityskohdat merkitään. Tämän jälkeen katkotaan oikean mittaiset metallikiskot ja niiden kiinnityskohdat merkitään. Suurin osa komponenteista ja riviliittimistä kiinnitetään pikakiinnityksellä metallikiskoihin. Isommat komponentit kuten muuntajat, isot kontaktorit ja varokealustat, kiinnitetään

suoraan asennuslevyyn kalustusruuveilla tai pulteilla. Myös pienemmät invertterit kiinnitetään suoraan asennuslevyyn. Merkintöjen jälkeen kaikki tavarat nostetaan sivuun ja siirrytään porauspaikalle, jossa porataan kiskoille ja kouruille kiinnitysreiät. Kourut ja kiskot kiinnitetään asennuslevyyn itseporautuvilla kalusteruuveilla. Kiinnitysten jälkeen riviliittimet merkitään numeroilla.

#### **4.2.4 Johdotus**

Asentaja nostaa kalustetun levyn johdotuspöydälle, jonka jälkeen johdottaa levyn piirikaavioiden mukaan. Tässä vaiheessa asentaja yleensä kytkee myös eri levyjen väliset johtimet toisesta päästä ja arvioi, kuinka paljon kaapelia täytyy olla, jotta se ylettyy toisessa levyssä haluttuun paikkaan. Selkeyden vuoksi kaapelien kytkemättömiin päihin kirjoitetaan, mihin johdin tulee kytkeä. Kaikki johtimet, jotka kulkevat kourun kautta, merkitään tarramerkeillä tai muovisilla pujotettavilla johdinmerkeillä. Merkinnot selkeyttävät ja auttavat vikojen etsinnässä ja huoltotoimenpiteissä. Lyhyitä ilmaisenkkejä ei tarvitse merkitä.

#### **4.2.5 Kotelointi ja laitteiden johdotus**

Levyjen johdotuksen jälkeen asentaja hakee ulkovarastosta kojekaapit. Kaapeista irrotetaan ovet ja nostetaan ovitelineeseen odottamaan, jonka jälkeen kaappien yhdistämiskohdat tiivistetään tiivistysnauhalla. Kojekaapit kiinnitetään toisiinsa, minkä jälkeen voidaan johdotetut levyt nostaa kaappien sisälle oikeille paikoilleen ja kiinnittää ruuveilla kaapin pohjassa oleviin valmiisiin kiinnityskohtiin. Mahdolliset suuret taajuusmuuttajat ja vastukset kiinnitetään myös paikoilleen koteloihin. Suuremmat taajuusmuuttajat jatkjalostetaan taulusolussa nosturikäyttöön. Asentaja tilaa työn aloitusvaiheessa tarvitsemansa invertterit laittamalla työn numeron ja halutun valmistuspäivämäärän tilaustaululle. Taulusolun työntekijä aloittaa valmistuksen päivämäärien mukaan.

Asennuslevyjen ja laitteiden kiinnitysten jälkeen asentaja kytkee levyjen väliset johtimet, jotka on johdotusvaiheessa valmiiksi kytketty toisesta päästä. Valmiiksi vedettyjen johtimien kytkemisen jälkeen asentaja johdottaa ja kytkee taajuusmuuttajat ja vastukset. Tämän jälkeen tehdään läpiviennit kojekaapin ulkopuolelta tuleville kaapeleille ja asennusreiät pistokkeille. Kojekaapeissa on irrotettavat päädyt ja pienemmissä

kaapeissa irrotettavia luokkuja on myös kaapin alapuolella. Luokkuja kutsutaan tehtaalla laipoiksi. Läpiviennit ja pistokkeiden kiinnitysreiät pyritään asentamaan aina samoihin kohtiin laipoissa, mikäli mahdollista. Tämä mahdollistaa laippojen tilaamisen valmiiksi lävistettyinä. Laippojen työstämisen jälkeen ne kiinnitetään kojekaappiin, jonka jälkeen mahdolliset pistokkeet johdotetaan ja kytketään. Pistokkeita löytyy esikytkettyinä, joissa on valmiiksi johtimet kiinni ja merkitty. Myös mahdolliset valaisimet, tuulettimet ja muut laitteet johdotetaan tässä vaiheessa. Muut laitteet vaativat yleensä kojekaapin tai sen ovien työstämistä ennen kiinnitystä ja kytkemistä. Lopuksi kytketään maadoitukset.

#### **4.2.6 Loppuvalmistus**

Kun kaikki johdotukset ovat tehty, asentaja mittaa tarvittavat kourun kannet, katkoo ja asentaa ne paikoilleen. Jos johtimien palasia tai muita roskia on näkyvissä, imuroidaan koko kaappi ennen kourujen asentamista. Seuraavaksi kiinnitetään kojekaapin ovet takaisin paikoilleen ja asennetaan oviin tulevat kytkimet, merkkivalot ja muut mahdolliset laitteet, sekä maadoitetaan ovet joihin tulee sähköisiä komponentteja. Mahdolliset ulkoiset laitteet, kuten vilkut, äänimerkkilaitteet ja vastukset kytketään viimeiseksi.

Loppuviimeistelyssä sillankaappiin liimataan kaikki tarvittavat merkkitarrat ja säädetään kaikki suojalaitteet. Asentaja tarkistaa visuaalisesti sillankaapin sisällön kytkentöjen ja siisteyden osalta. Lopuksi tulostetaan asiakkaalle menevät tarvittavat dokumentit ja tarkistetaan, että rakenneaikalistasta löytyy kaikki osat, mitä sillankaapin valmistuksessa on käytetty. Mikäli jokin osa puuttuu listasta, se lisätään kirjoittamalla se listaan, jotta se otetaan huomioon sillankaapin rakenneajoissa.

Kun kaappi on valmis ja kaikki tarvittavat dokumentit mukana, työnnetään kaappi testauspaikalle testattavaksi. Testauksen suorittaa siihen erikoistuneet sähköalan ammattilaiset. Tuotteet testataan huolellisesti, jotta ne ovat täysin toimintavalmiita päädyttyään asiakkaille.

### **4.3 Esitutkimuksen johtopäätökset**

Tein esitutkimuksen kolmelle erikokoiselle sillankaapille, jotta kaapeissa ilmenevät erilaiset variaatiot tulevat esille. Ensimmäisen tutkittavan työn perusteella tein itselleni listan, mitä asioita mittaan ja miten. Samalla havainnoin yleisesti tuotantoa ja siinä



tapahtuvia asioita, joissa mielestäni olisi kehitettävää. Haastattelin myös työntekijöitä tutkimuksen ohessa ja kirjasin heidän mielipiteitään, miten tuotantoa voisi kehittää ja mitkä ovat ongelmakohtia heidän mielestään.

Ensimmäinen yksittäinen asia, joka haluttiin selvittää, oli, paljonko asentajalla kuluu aikaa työn aloittamisesta johdotuksen aloitukseen. Jaoin kyseisen ajan neljään eri vaiheeseen, joista otin aikaa. Lakisääteisiä taukoja en laskenut mukaan ajanottoon, koska niiden kestossa olisi mahdollisesti ollut eroja. Näin saadaan selville todellinen aika, mikä itse työn tekemiseen kuluu. Henkilökohtaiset tauot, kuten vessakäynnit, sisältyivät ajanottoon. Vaiheet olivat:

1. Dokumenttien ja kuvien tulostus ja tutkiminen
2. Työpöydän hakeminen
3. Komponenttien keruu
4. Layout-suunnittelu.

Erittelemällä työn alku eri vaiheisiin, pystyttiin selvittämään, mitkä kohdat vaativat kehittämistä. Esimerkiksi työpöydän hakemisen valitsin erilliseksi vaiheeksi, koska omasta kokemuksesta tiesin, että pelkästään vapaan työpöydän löytäminen saattaa viedä yllättävän paljon aikaa. Tosin tämä korostuu lähinnä kesällä, koska työntekijöitä on enemmän.

Mittauksen tuloksista selvisi, että layoutin suunnittelu oli suurin työvaihe ajallisesti. Tulos aikaa vievimpänä vaiheena ei tullut yllätyksenä, mutta aika, joka siihen kuluu suhteessa kokonaisvalmistusaikaan, oli yllättävän suuri. Työpöydän hakemisessa ei ilmennyt ongelmia, vaan joka työssä vapaa pöytä löytyi välittömästi. Mutta kesäajan pöytäpula oli tiedossa. Komponenttien keruu oli toiseksi aikaa vievin vaihe. Keruun yhteydessä selkeni kävelyn määrä työn alkuvaiheessa. Piirsin kävelyreiteistä yksinkertaisen kartan tehtaan layoutille, jolla pystyin havainnollistamaan kävelyn määrää. Keruuaikaan vaikuttaa työntekijän varastontuntemus, joka kehittyy kokemuksen kautta. Uusilla työntekijöillä kestää keruu huomattavasti kauemmin, koska he eivät vielä muista ulkoa tarvikkeiden sijainteja. Kuvien tulostuksessa ei ilmennyt mitään yllättävää. Uudelle työntekijälle iLM:in käytön oppiminen vaatii hieman harjoittelua, jotta osaa tulostaa oikeat dokumentit. Oppiminen on työntekijästä itsestään kiinni, mutta myös perehdyttäjistä. Layoutin suunnittelu on erittäin haasteellista. Uusien työnteki-

jöiden on mahdotonta suunnitella layoutia täysin itsenäisesti, koska tehtaalla on toimintatapoja, miten esimerkiksi tietyt peruskomponentit sijoitellaan pohjalevyille. Layout kannattaa suunnitella huolellisesti, koska se helpottaa huomattavasti johdotusvaihetta. Suunnittelu vaatii paljon aikaa kokeneeltakin asentajalta.

### 4.3.1 Ongelmat

Esitutkimuksen yhteydessä havaitsin useita kehitettäviä kohteita. Yksittäisiä pieniä epäkohtia löytyi paljon. Haastattelujen ja havainnoinnin perusteella listasin kaikki ilmenneet ongelmat. Itselläni oli valmiiksi tietty mielikuva osasta ongelmia, mitkä kohtasin itse ollessani tuotannossa. Kaksi suurinta havaittua ja haastattelujen perusteella selvinnyttä ongelmaa olivat sähkösuunnittelu ja tuotantotilat. Sähkösuunnittelua tehdään paljon ulkomailla ja suunnittelussa on usein virheitä. Suunnitteluvirheet aiheuttavat asentajalle turhaa ajankulua ja sitä kautta vaikuttavat myös tuottavuuteen. Suunnitteluvirheet ovat yleensä puutteita tai mitoitusvirheitä.

Suurimpana ongelmana sähkölaitetehtaalla on tuotantotilojen ahtaus. Tuote on kehittynyt ja muuttunut fyysisesti suuremmaksi. Nykyiset tilat eivät enää sovellu tuotteen valmistukseen tuottavasti. Ongelma korostuu sillankaapeissa, koska ne ovat fyysisesti suurin tuote. Sillankaappien koko on kasvanut muutamassa vuodessa ja eritoten isompien kaappien volyyymi on kasvanut huomattavasti. Alun perin tila on jaettu neljään eri työalueeseen. Aluejaon ideana oli valmistaa tuotetta koon mukaan eri alueilla. Alueiden koot oli pyritty jakamaan tuotteen mukaan. Pienempien sillankaappien valmistus on nykyään Hämeenlinnan sähkölaitetehtaalla hyvin vähäistä. Suurempien töiden volyymin kasvaessa tilat ovat auttamatta liian ahtaat. (Liite 4.)

Nykyisellä layoutilla tilanahtaus vain korostuu. Tila on jaettu useampaan työpisteeseen, joissa jokaisessa valmistetaan tuotetta alusta loppuun. Tämän seurauksena jokaisessa työpisteessä ovat samat tilaongelmat, joten ahtaus moninkertaistuu. Ahtauden takia asentajilla kuluu turhaa aikaa siirtelyihin ja tarvikkeiden hakemiseen välivarastosta. Ahtaus heikentää samalla myös työturvallisuutta. Esimerkiksi kompastuminen voi aiheuttaa vakavia vaurioita, koska tuotantotiloissa on paljon teräviä kulmia.

Pienempiä ongelmia olivat esimerkiksi valmiiden pistokkeiden johtimien pituudet, johdinten merkintätarrojen heikkoudet, komponenttien purkaminen suojapahveista, koteloiden laatu, keruu ja osien odottelu.

Sähkölaitetehtaalla on erilaisia pistokkeita valmiiksi johdotettuina ja merkittyinä, jotka ovat olleet käytössä monta vuotta. Tuote on kehittynyt vuosien saatossa, mutta pistokkeet ovat edelleen samanlaisia, joten niiden käyttökelpoisuus on heikentynyt. Ongelmana ovat tuotteen fyysisen koon kasvamisen seurauksena liian lyhyet johtimet. Pistokkeiden johtimien pituudet tulisi tarkastaa ja päivittää ne nykyisten tarpeiden mukaisiksi.

Kaikki johtimet merkitään sillankaapissa tarramerkeillä tai pujotettavilla johdinmerkeillä. Tilaajan vaatimukset määrittävät merkintätavan. Suurin osa töistä on tarramerkein merkittäviä töitä. Tarramerkit kierretään johtimen ympärille lähelle johtimen päätä. Ongelmana merkeissä on niiden pysyminen kiinni johtimessa. Merkkien huonon pysymisen huomaa jo työnteko vaiheessa. Usein edellisenä päivänä laitetun tarran liimapinta on jo osittain pettänyt. Nostureita toimitetaan ympäri maailmaa mitä erilaisimpiin käyttöympäristöihin. Lämpötilojen vaihtelut, erilaiset puhaltimet ja värinä asettavat merkintätarrat sillankaapissa kovalle rasitukselle. Näin ollen jo asennusvaiheessa osittain irtoavat tarrat eivät ole luotettava merkintämuoto johtimille. Pujotettavat johdinmerkit kuten pliotex-merkit, ovat muovia ja ne asennetaan johtimeen pujotomalla eli merkki on pyöreä muovinen kappale, jonka lävitse johdin pujotetaan. Merkit saattavat ajansaotossa liikkua johtimessa muttei helposti irtoa. Johdinten tarramerkit tulisi poistaa kokonaan käytöstä ja siirtyä käyttämään ainoastaan pliotex-merkkejä. Pliotex-merkkien asentaminen saattaa olla aluksi osalle hitaampaa, mutta tekniikan kehittyessä päästään varmasti samalle tasolle tarramerkkien kanssa. Hyvinkään sähkölaitetehtaalla käytetään ainoastaan pliotex-merkkejä. Uusi projekti on aloitettu työmenetelmien yhtenäistämiseksi Hämeenlinnan ja Hyvinkään sähkölaitetehtaiden välille. Hämeenlinnan sähkölaitetehtaalla tullaan jatkossa siirtymään käyttämään ainoastaan pliotex-merkkejä.

Jokainen asentaja kerää itse kaikki komponentit työhönsä. Tämä tarkoittaa sitä, että varastossa asioi kymmeniä henkilöitä. Varaston saldojen hallinta on haasteellista, koska niin moni työntekijä asioi varastossa. Usein jonkin tavarahan ollessa loppumaisillaan otetaan vain viimeinen ja jatketaan omaa työtä. Tästä seuraa, ettei tieto tavarahan loppumisesta aina kulje eteenpäin tavarasta vastaaville työntekijöille. Seuraava työntekijä

joka tavaraa tarvitsee, huomaa sen olevan loppu ja joutuu odottamaan sen saapumista. Komponenttien keruun jälkeen asentaja purkaa komponenttien suojapahvit. Tämä työ ei ole ideaalisinta sähköasentajan koulutuksen omaavalle työntekijälle. Komponentit voisivat olla valmiiksi purettuina jo varastossa. Toinen mahdollisuus olisi sopia toimitajan kanssa mahdollisuuksien rajoissa pahvien vähentämisestä. Esimerkiksi yksittäisiä komponentteja tulisi useita yhdessä laatikossa eikä kaikilla komponenteilla olisi yksittäisiä suojapahveja.

Koteloiden laatu on yksi huomioitava asia. Koteloidessa olevat huolimattomuus- ja mittavirheet aiheuttavat asentajille ylimääräistä työtä. Tämä työ on kallista aikaa, koska se ei tuota yritykselle mitään ja vie samalla asentajan työaika. Ongelmia on ollut esimerkiksi kiinnityspulttien kanssa. Myös maalauksen laatu on aiheuttanut ongelmia. Koteloiden laatuun liittyvät ongelmat ovat jo käsitellyssä.

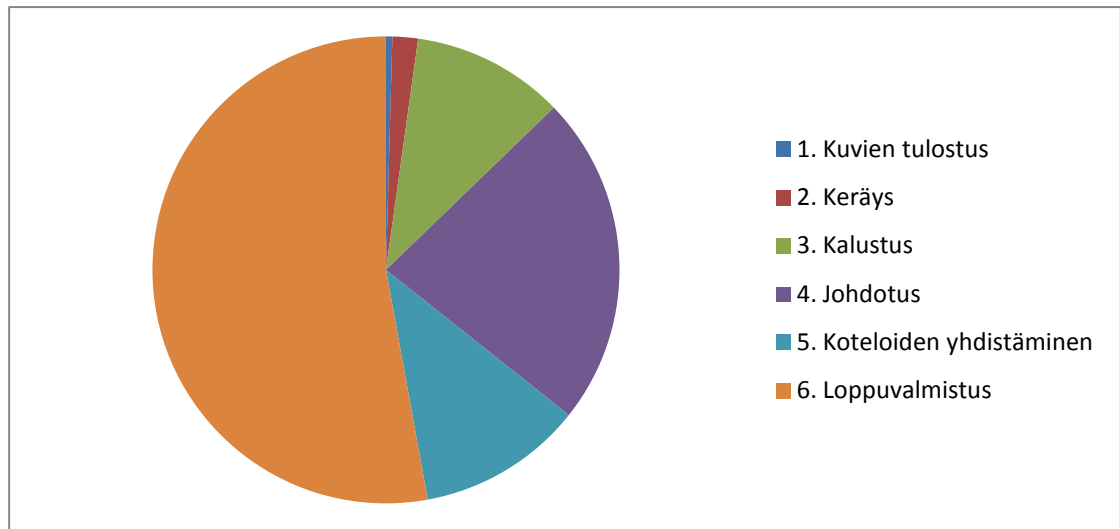
Tietyntilaisten töiden osia ei välttämättä löydy hyllytavaran, jolloin kyseisiä osia tulee työlle tilattuna. Tilauksia käsittelevät henkilöt vastaavat osien tilaamisesta. Joskus kuitenkin käy niin, ettei osia ole tullut ja työtä ei pääse jatkamaan. Joissain osissa saattaa olla pidemmät toimitusajat, joita ei ole osattu huomioida. Myös ohjelmistolliset virheet saattavat johtaa siihen, ettei osia ole edes tilattu. Tällaiset odotusajat ovat täysin turhia.

## **5 TULOSTEN KÄSITTELY JA AIHEEN RAJAUS**

Esitutkimuksen jälkeen tulokset käytiin läpi työnohjaajani ja sähkölaitetehtaanjohtajan kanssa, joka työni tilasi. Esittelin mittauksen tulokset ja havaitsemani epäkohdat. Esitutkimuksessa ilmenneistä asioista eniten ajatuksia herättivät ahtaat tuotantotilat ja keruuseen sekä muihin alkuvalmisteluihin kuluva aika. Myös koteloiden kasaamiseen kuluva aika yllätti.

Lähtökohtaisesti sähkölaitetehtaalla sähköasentajan jalostavaa työtä on johdotus ja kytkeminen, sekä kaikki muu sähköistykseen liittyvä. Nykytilanteessa sähköasentajan työstä vain osa on jalostavaa. Tämän tilanteen haluttiin muuttuvan. Kuvasta 8 nähdään kuinka pieni osa johdotus on työn kokonaisajasta. Työhön sisältyvät vaiheet käytiin läpi, jotka eivät vaadi erityisiä ammattipätevyyksiä. Näin ollen vähemmän ammattitaitoa vaativia töitä voisi tehdä alemman palkkaluokan henkilö ja sähköasentajat voisivat

tehdä enemmän sähköistykseen liittyviä töitä. Näiden lisäksi tuotantotilat täytyy muuttaa tuotteen vaatimusten mukaisiksi, mikäli tuottavuutta halutaan parantaa. Ideana oli myös vaiheistaa tuotantoa mahdollisuuksien mukaan tehokkaammaksi.



**KUVA 8. Valmistusvaiheiden suhteelliset osuudet**

Aiheen todettiin olevan liian laajamittainen jos tutkitaan tuottavuuden parantamista yleisesti. Vaihtoehtoina oli ottaa useita pienempiä kehityskohteita tai jokin laajempi kokonaisuus. Valinnassa päädyttiin laajempaan kokonaisuuteen, jolla parantaa tuottavuutta. Kokonaisuus sisälsi tuotantotilojen kehittämistä ja uuden layoutin suunnittelua. Nämä olivat sähkölaitetehtaan tuottavuuden osatuottavuuksia. Perustana suunnittelussa haluttiin käytettävän tuotannon vaiheistamista ja keruun kehittämistä. Lean-ajattelu oli myös vahvasti mukana suunnittelussa. Sain tiettyjä oletuksia, joiden kautta voisin lähestyä asiaa. Tällaisia oletuksia olivat tiettyjen solujen siirtäminen pois sähkölaitetehtaan tuotantotiloista ja lisätilan saaminen varastolta. Tilan saamisen varastolta mahdollistaa keskusvarasto, josta tuotaisiin päivittäin tavaraa tarpeiden mukaan. Näin ollen tuotannon läheisyydessä olevan varaston ei tarvitsisi olla niin kattava. Varastoinnin ja keruun kehittäminen sisältyi myös työhön. Lähtötietojen perusteella päätettiin, että varastointia ja keruuta tulee hallinnoimaan vain tietyt henkilöt. Keruu aiheuttaa myös paljon turhaa kävelyä ja kaikki ylimääräinen kävely vie turhaa aikaa. Varastoautomaatti oli yksi vartenotettava vaihtoehto varastoinnin kehittämiseen. Näin ollen saadaan yksi työvaihe kokonaan poistettua sähköasentajilta ja heidän jalostavan työn osuus kasvaa.

Mahdollisena pidettiin myös koteloiden kasauksen siirtämistä kokonaan pois tuotantotiloista. Koteloiden kasaaminen on hyvin yksinkertaista työtä, mutta vie paljon aikaa

varsinkin suuremmissa töissä. Jos kasauksen tekisi joku muu, jäisi sähköasentajalle enemmän aikaa jalostavalle työlle. Ajatuksena oli, että kotelot kasattaisiin Hämeenlinnan alueella paikassa, josta tulee kuljetuksia päivittäin sähkölaitetehtaalle. Näin kuljetusten yhteydessä, tai lisäämällä niitä, saataisiin valmiit kaappiletkat sähkölaite-  
tehtaalle. Nämä olivat ideoita, joita minulle annettiin, mutta toteutumisen mahdollisuuksia ei vielä voinut tietää.

## 5.1 Työn suunnittelu

Näiden tietojen perusteella aloin miettimään, miten tuotantoa voisi vaiheistaa ja samalla kehittää tuotantotilaa paremmaksi. Esitutkimuksen perusteella jaoin tuotannon kolmeen eri vaiheeseen.

1. Layoutin suunnittelu ja kalustus
2. Johdotus
3. Kotelointi ja loppuvalmistus

Lähestyin vaiheistusta sillä ajatuksella, että komponentit ovat valmiiksi kerättyinä jonkun muun toimesta. Tästä heräsi ajatus, mikseivät myös piirikaaviot ja muut tarvittavat dokumentit voisi olla valmiiksi tulostettuina. Jatkojalostin ajatusta, että komponenteissa voisi olla merkintätarrat valmiiksi laitettuina ja näin ollen komponentit olisivat valmiina kiinnitettäviksi.

Komponentit kerätään ja merkitään valmiiksi esimerkiksi liikuteltaviin karryihin. Karryille varataan oma alue, jossa valmiiksi kerättyjä töitä säilytetään. Sähköasentajat noutavat komponenttikarryn, ottavat pohjalevyt ja aloittavat layoutin suunnittelun ja kalustamisen. Tämän jälkeen kalustetut levyt johdotetaan. Lopuksi suoritetaan mahdollinen kotelointi ja valmiiksi tekeminen.

Näin syntyi kokonaiskuva, miten työ etenee ja mitä se sisältää. Tuotantotilojen ja vaiheistuksen suunnittelu ovat sidoksissa toisiinsa, joten ensimmäisenä piti miettiä vaiheistuksen vaatimukset, jotta tilojen suunnittelu olisi mahdollista.

## 5.2 Mittaaminen

Esitutkimuksen yhteydessä mittasin aikaa, joka kuluu työn aloituksesta johdotuksen aloittamiseen. Tähän sisältyi keruuajan mittaaminen ja havainnointi. Todettiin, ettei

keruuta tarvitse tutkia lisää, vaan esitutkimuksen tulokset riittävät. Mittaaminen kohdistui vaiheisiin keruun jälkeen, joihin tuotannon jo aikaisemmin jaoin. Luotettavien tulosten saamiseksi piti määrittää mitattavat työt. Tuotantotietoihin perustuen arvioitiin sillankaappien keskimääräisen pituuden jokaisesta kotelokoosta. Pienimmän koteloko jätettiin huomioimatta, sen pienen ja edelleen vähentyvän valmistuksen takia. H15-sillankaappeja valmistettiin tutkimusajankohtana vain muutama, joten otin mittaukseen mukaan ne, mitä pystyin. Kaappien keskiarvot otettiin pituuksina, koska nosturin koko ja ominaisuudet vaikuttavat sillankaapin pituuteen, ja nämä kaikki yhdessä vaikuttavat valmistusaikaan. Näin saadaan luotettavin tieto tuotantoon ja valmistukseen liittyvistä asioista.

KA-kaappien keskiarvo pituudeksi arvioitiin noin kuusi metriä, ja 1000 mm x 600 mm kotelossa noin kolme metriä. Aloitin mittaamisen valitsemalla työnohjaajan kanssa sopivia töitä tilauskannasta. Ensimmäinen mittauskohde oli neljä metrin KA-sillankaappi. Tekijäksi valitsin sattumanvaraisesti sen, joka sillä hetkellä oli uuden työn tarpeessa. Varsinaisen mittauksen suoritin samalla tyylillä kuin esitutkimuksessa. Seurasin tekijän mukana alusta loppuun ja otin jokaiselle vaiheelle ajan. Lakisääteisiä taukoja en edelleenkään laskenut mukaan, jotta tulokset pysyvät luotettavina. Tauoissa saattaa olla pieniä eroja työntekijöiden välillä, joten mittasin ainoastaan varsinaisen tekemisen. Henkilökohtaiset tauot kuten vessakäynnit laskin mukaan, koska niiden kestoja ei jälkikäteen pysty laskemaan. Lakisääteiset tauot pystytään jälkikäteen huomioimaan, koska taukojen lainmukaiset pituudet ovat tiedossa. Painotin työntekijöille, että tekevät työtään täysin normaalisti, jotta saan luotettavat tulokset.

Vaiheiden ajanoton yhteydessä jatkoin myös yleistä havainnointia tuotannosta. Verrattuna esitutkimukseen, nyt oli tiedossa mitä asioita kannattaa eritoten havainnoida. Käytin tutkimuksen tekemiseen paljon aikaa, koska kaikki muutokset tulisivat perustumaan tutkimuksen tuloksiin.

Ensimmäisen työn jälkeen päädyin mittaamaan useampaa työtä samanaikaisesti, koska keskiarvotöiden valmistusajat olivat niin pitkiä. Kaappien valmistusajat vaihtelivat 30–60 tunnin välillä. Mittaaminen ei vaatinut jatkuvaa läsnäoloa, koska vaiheet kestivät useita tunteja. Lopulta osan mittauksista suorittivat asentajat. Annoin selkeät ohjeet, mitä tulee kirjata ylös ja miten. Ajanottamisessa painotin, että haluan tietää todellisen tekemiseen käytetyn ajan välittämättä tauoista. Aiemmin tehtaalla tehtyjen mit-

tausten yhteydessä on ymmärretty väärin mittausten tarkoitus. Esimerkiksi tietyissä aikamittauksissa on kuviteltu, että mitä nopeammin tekee, sitä parempi tulos. Tämän takia muistutin useasti, ettei kiirehtiminen tai hidastelu ole kenenkään etu. Tein myös taulukon ja täyttö-ohjeet, mihin asentaja täyttäisi mittaustulokset. Päädyin kuitenkin antamaan vain suulliset ohjeet, koska mittaus oli hyvin yksinkertainen ja virallinen paperi olisi vain asettanut mahdollisia suorituspaineita asentajille.

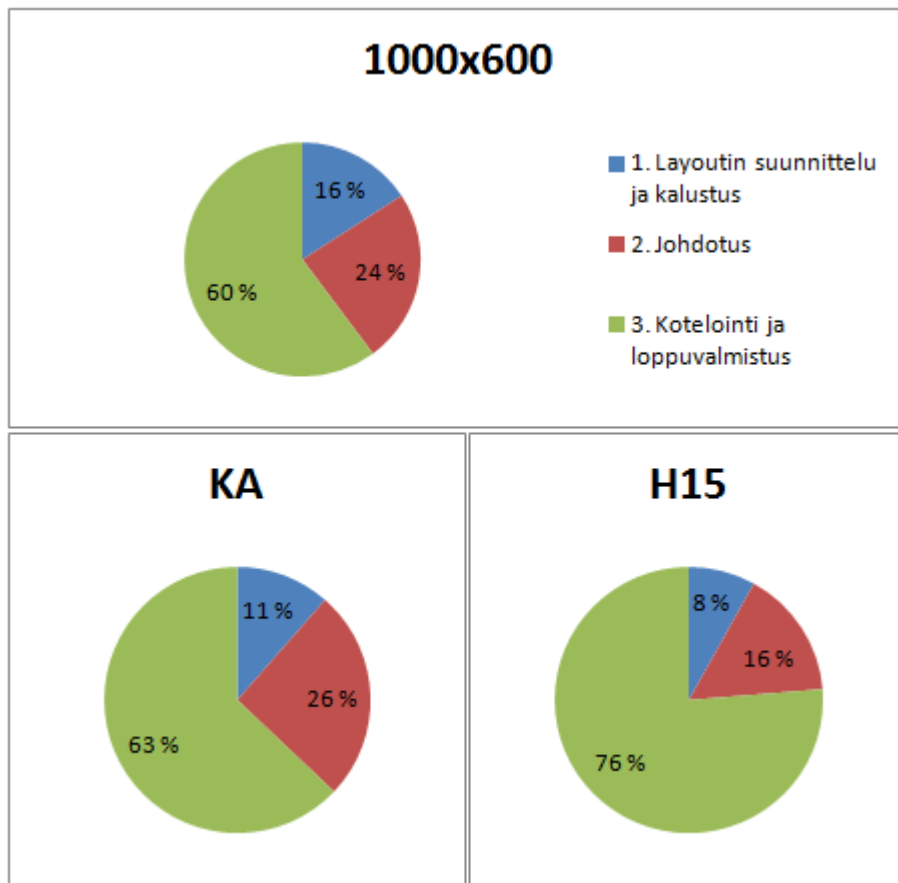
Mittausajankohtana sähkölaitetehtaalla oli erittäin suuri työkuorma, jonka takia valmistin itse yhden sillankaapin ja tein samaisen mittauksen itselläni. Valitsin työksi 1000 mm x 600 mm kotelokoon kaapin, koska niiden valmistus kyseisenä ajankohtana oli vähäistä. Mittaaminen onnistui hyvin työnteon ohessa. Suuren työkuorman takia pienempiä töitä siirrettiin alihankintaa mahdollisimman paljon. Tämän takia jouduin käymään alihankkijalla ja mittaamaan heidän valmistamia töitään. Valitsin työt, joista halusin mittaukset ja annoin heille suullisen ja kirjallisen ohjeen. Valitsin tekijöiksi kokeneimmat asentajat, jotta tulokset olisivat vertailukelpoisia Hämeenlinnassa mitattuihin tuloksiin. Siltikin alihankkijalta saatuja tuloksia piti suhteuttaa heidän työympäristön, työmenetelmien ja kokemuksen suhteen.

Mittausten edetessä huomasin tulosten alkavan noudattaa samoja aikasuhteita eri töiden välillä. Varsinkin KA-koteloiduissa sillankaapeissa, joita mittasin määrällisesti eniten, vaiheiden ajat olivat hyvin samanlaisia. Tämän perusteella pystyin oletamaan, että myös muissa kotelokooissa aikasuhteet noudattavat samaa kaavaa. Näin ollen pystyin luottamaan 1000 mm x 600 mm sillankaappien ja H15 sillankaappien tuloksiin, joita määrällisesti ei ollut niin montaa kuin KA-sillankaappeja. Eri vaiheiden ajat olivat suhteessa hyvin samanlaisia riippumatta työn koosta. Tämän seurauksena toteusin, että mittaukset ovat riittävän laajamittaiset tulosten analysointiin. Myös eri kotelokokojen välillä ajat muistuttivat toisiaan (kuva 9).

### **5.3 Tulokset**

Eroavaisuudet eri kotelokokojen välillä olivat järkeenkäyviä ja odotettuja. Esimerkiksi johdotusajat olivat hyvin samankaltaisia eri kotelokokojen välillä, koska johdotus itsessään on samanlaista riippumatta kotelon koosta.





**KUVA 9. Vaiheiden keskiarvosuhteet valmistusajasta**

Kuvasta 9 voi huomata, että KA-sillankaappeja johdotetaan huomattavasti kauemmin kuin H15-sillankaappeja, mutta kyseessä on suhteellinen aika kokonaisuunaan. H15-kaapeissa koteloiden suuren koon takia pelkästään koteloiden yhdistäminen vie huomattavasti enemmän aikaa kuin KA-kaapeissa. Layoutin suunnittelu ja johdotus ovat kaikissa kotelokooissa täysin samanlaista. Erot syntyvät fyysisten kokojen lisäksi komponenttien määrissä. Sillankaapin koon kasvaessa koteloinnin ja loppuvalmistuksen suhteellinen aika kasvaa.

Mittaustulokset analysoitiin esimieheni ja työnohjaajani kanssa. Esitutkimuksen perusteella olin jakanut tuotannon kolmeen vaiheeseen. Kokonaisuudessaan tuotannon vaiheet olivat:

1. Keruu
2. Layoutin suunnittelu ja kalustus
3. Johdotus
4. Kotelointi ja loppuvalmistus

Aikaisemmin sovittiin, että keruun tulee suorittamaan eri henkilöt kuin sähköasentajat, joten tärkeimmät vaiheet olivat 2-4. Keruulle oli esitutkimuksessa mitattu aika, jonka perusteella pystyttiin arvioimaan keskimääräisen keruuajan.

Näiden tietojen perusteella pystyttiin laskemaan teoreettisen työvoiman tarpeen ja määrittämään vaiheiden tilan tarpeen. iLM:sta katsottiin vuoden 2012 sillankaappien valmistusmäärät, joiden perusteella pystyttiin laskelma tekemään. Arvioitiin, että vuodessa on 48 työviikkoa. Näiden perusteella tehtiin taulukko, jossa oli eri kotelokoot ja valmistusvaiheet sekä niiden arvioidut ajat tunteina. Taulukosta näkee myös, kuinka monta kyseisen kotelokoon sillankaappia on valmistettu vuonna 2012. Valmistusmäärästä puuttuu tiettyjä erikoisprojektien töitä, mutta todettiin, että niiden vaikutus suhteellisiin aikoihin ei ole merkittävä.

**TAULUKKO 1. Työvaiheet (1. Layout suunnittelu ja kalustus 2. Johdotus 3. Kotelointi ja loppivalmistus)**

Kotelokoot (valmistusmäärä)	TYÖVAIHEET tunteina (h/vuosi)		
	1.	2.	3.
1000x600 (270 kpl)	6h (1620h)	12h (3240h)	30h (8100h)
KA (235 kpl)	5h (1175h)	12h (2820h)	28h (6580h)
H15 (45 kpl)	7h (315h)	15h (675h)	55h (2475h)
Valmistusaika yhteensä (h)/vuosi	3110	6735	17155
Valmistusaika (h)/viikko	65	141	360
<b>Työvoiman tarve (hlö)</b>	<b>1,9</b>	<b>4,1</b>	<b>10,2</b>

Taulukosta 1 nähdään, että layoutin suunnitteluun ja kalustukseen tarvittaisiin noin 2 henkilöä, johdotukseen tarvittaisiin noin 4 henkilöä ja loppuvalmistukseen noin 10 henkilöä. Nämä lukemat ovat suuntaa antavia ja tullaan suhteuttamaan nykyiseen henkilömäärään.

Laskelman tarkoituksena oli saada suuntaa antavat henkilömäärät vaihetta kohden, jotta layoutin suunnitteleminen olisi mahdollista. Tuloksien perusteella voidaan tuotantotila jakaa vaiheiden mukaisesti soluihin ja näin saada tila mahdollisimman tehokkaasti käytetyksi.

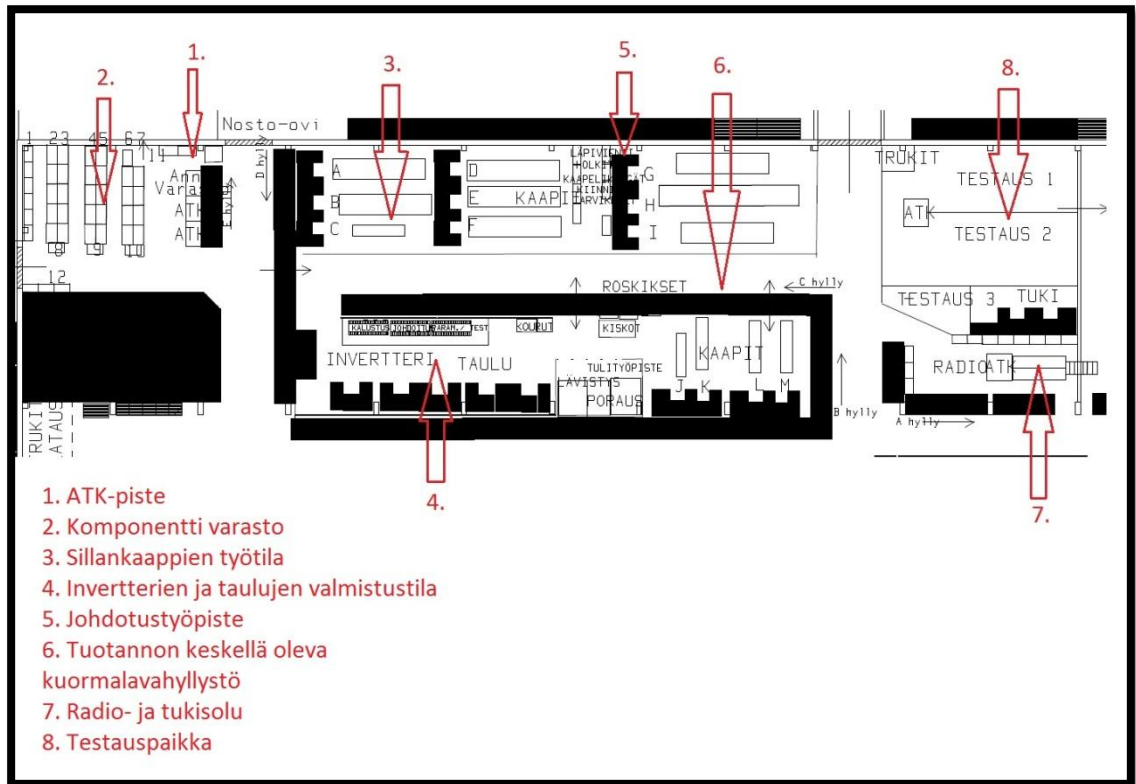
## **6 LAYOUTIN SUUNNITTELU**

Layoutin uudelleen suunnitteluun sain tietyt lähtökohdat ja rajaukset. Lähtökohtana oli, että nykyisestä tuotantotilasta siirretään tiettyjä soluja eri paikkaan, jolloin saadaan vapautettua tilaa varsinaiseen tuotantoon. Myös varastoinnin kehittämisen ajatuksena oli poistaa tuotantotiloista hyllyjä pois. Nykyisellään tuotantotila on suorakaiteen muotoinen ja keskellä on kuormalavahyllystö, joka jakaa tilan kahteen osaan. Hyllyn toisella puolella valmistetaan inverttereitä, tauluja sekä pienempiä sillankaappeja. Varsinainen sillankaappien valmistustila on hyllyn toisella puolella.

Layoutin suunnittelussa hyödynnettiin jälleen lean-ajattelua, kuten materiaalivirran selkeyttämistä sekä turhien varastojen vähentämistä. Epäselkeän materiaalivirran takia syntyy turhaa kävelyä.

### **6.1 Nykytilanne**

Sillankaappien valmistustila on nykyisellään jaettu kolmeen osaan (kuva 10), joiden tarkoituksena on ollut jakaa valmistusta kaappien koon mukaan. Näistä kolmesta eri työtilasta yksi on suurempi, jossa tarkoituksena on tehdä suurimpia sillankaappeja. Todellisuudessa kaappeja valmistetaan siellä, missä tilaa sillä hetkellä on. Isompia sillankaappeja valmistetaan myös pienemmissä työtiloissa, jollei suurimmassa ole tilaa. Jokaisessa työtilassa on kolme johdotustyöpistettä, ja ne ovat aseteltu niin, että johdotuspisteet jakavat alueen kolmeen osaa. Jokaisesta työtilasta löytyvät samankaltaiset työkalut ja tarvikkeet. Sillankaapit valmistetaan työtiloissa alusta loppuun, jonka jälkeen ne työnnetään testauspaikalle tai ulko-varastoon odottamaan testausta.



**KUVA 10. Sähkölaitetehtaan nykyinen layout**

Kuormalavahyllystön lisäksi tuotannossa on pienempiä hyllyjä, esimerkiksi merkintätarroille ja metallitarvikkeille kuten muttereille ja pulteille. Tilan jaottelun ja tuotemixin muututtua ahtaus vain korostuu. Jokaisessa kolmessa työtilassa ovat samat tilaongelmat, kun tuote valmistetaan alusta loppuun samassa paikassa. Näin ollen ahtaus on kolminkertainen. Nykyisellään rajoittavia tekijöitä on paljon ja suurimpana niistä kuormalavahyllystö keskellä tuotantoa. Kuormalavahyllystö vaatii myös kulkukäytävän, missä trukin tulee mahtua kulkemaan, ja täyttämään hyllyjä. Hyllystö ja kulkukäytävä vievät yhdessä suuren alan tuotantotilasta.

Nykyisellään turhaa kävelyä syntyy, koska materiaalit ovat eri paikoissa ja sijainneiltaan epäloogisessa järjestyksessä. Asentaja aloittaa työn ATK-pisteeltä, josta valitsee iLM:sta seuraavana olevan työn ja tulostaa dokumentit. Tämän jälkeen hän etsii vapaana olevan työpöydän, jotka lähtökohtaisesti sijaitsevat ulko-varastossa toisessa päässä hallia. Tämän jälkeen asentaja aloittaa keruun ja kävelee taas takaisin komponenttivarastolle suorittamaan varsinaisen keruun. Kuormalavahyllystössä on osa komponenteista, jotka asentaja kerää mennessä komponenttivarastolle tai tullessa työpisteelle. Asentaja käy mahdollisesti työn aikana komponenttivarastolla hakemassa ke-

räämättä jääneitä komponentteja. Turhaa kävelyä syntyy jokaisen työn aikana, joten kävelyä kertyy melko paljon vuositason tasolla.

## **6.2 Uusi layout**

Aloitin suunnittelun hahmottelemalla paperille mahdollista uutta layoutia sillä aikaa, kun odotin ohjelmiston saamista tietokoneelleni. Layoutin suunnittelussa hyödynnettiin taas lean-ajattelua, turhien varastoiden poistamisesta ja selkeän materiaalivirran luomisesta.

Paperiversioita syntyi nopeasti useita ja pystyin arvioimaan vanhan layoutin perusteella mittasuhteita. Todellista kuvaa paperiversioilla ei pystynyt hahmottamaan ilman tarkkaa mittasuhdetta, mutta ideoita syntyi monia.

Varsinaisessa suunnittelussa käytin Vertex G4-suunnitteluohjelmaa. Ohjelma on yleisesti Konecranesilla käytössä monissa suunnitteluosastoissa. Ohjelma oli itselleni vieras mutta hyvin samankaltainen kuin itselleni tutumpi AutoCAD.

Suunnittelun alkuvaiheessa oli vielä monia epävarmuustekijöitä liittyen mahdolliseen uudistettuun layoutiin. Ei ollut varmuutta siitä, siirtyvätkö tietyt solut, kuten invertterit, pois sähkölaitetehtaalta vai ei. Työnohjaajani kanssa sovittiin, että suunnittelen sillä olettamuksella, että nämä alkujaan suunnitellut muutokset tulevat toteutumaan. Kuormalavahyllystön poistaminen tuotannosta vaatisi uusia varastointijärjestelyjä ja jo aikaisemmin mainitsemani varastoautomaatti olisi välttämätön.

### **6.2.1 Suunnittelun lähtökohdat**

Layoutien suunnittelussa piti huomioida suurimmat ongelmakohdat ja sulauttaa nämä toimivaksi kokonaisuudeksi. Kokonaisuuden muodostavat ongelmat olivat tuotantotilan ahtaus, materiaalivirran selkeyttäminen, vaiheistaminen ja turhien varastojen poistaminen. Komponenttivarasto ja testausalue olivat materiaalivirran kannalta jo oikeilla paikoilla. Myöskään tilankäytön kannalta niitä ei olisi kannattanut siirtää eri paikkaan. Suurimpana ongelmana olleen tilanahtauden takia, piti koteloinnille ja loppuvalmistukselle varata selkeästi suurin tila. Myös vaiheen keston takia tilan piti olla suurin,

ettei jouduta tilanteeseen, jossa joudutaan odottamaan tilan vapautumista isojen sillankaappien takia.

Layoutin suunnittelussa muodostui, tilan muoto ja vaiheet huomioon ottaen, tietyt raamit. Myös materiaalivirran selkeyttäminen määritteli pitkälti, miten tila kannattaa jakaa. Näiden perusteella tein kaksi eri suunnitelmaa layoutista, jotka esittelin esimiehelleni. Versioissa ei ollut suuria eroja edellä mainittujen seikkojen vuoksi.

### **6.2.2 Tuotantotilan jakaminen vaiheiden mukaan**

Loppuvalmistusalue vie tilasta karkeasti puolet. Jäljelle jäävälle puoliskolle piti suunnitella kalustus- ja johdotuspiste. Näiden kahden vaiheen tilantarve määritettiin tutkimustuloksista. Vaiheen kesto ja suhde kokonaisvalmistusaikaan vaikutti siihen, miten tarvittavat kalusteet kannatti sijoitella.

Loppuvalmistusvaiheessa ei varsinaisia kalusteita ole, vaan sillankaapit vaativat vain fyysisesti ison alueen. Kaapelikärryt ja suunnitellut kalustusvaunut olivat ainoat tilaan mukautettavat kalusteet. Kalustusvaunut toimivat pieninä välivarastoina, joissa on kaikki koteloiden yhdistämiseen ja kasaamiseen tarvittavat osat. Muille mahdollisille tarvikkeille on varattuna seinien vierestä hyllytilaa. Työkalut ovat sähkölaitetehtaalla henkilökohtaisia ja jokaisella asentajalla on oma siirreltävä työkalupakki.

Johdotusvaihe tarvitsee johdotukseen erikoistuneet työpöydät. Työpöytiä on tällä hetkellä 13 kappaletta. Työpöydät vievät tilaa, joten niiden määrä piti suunnitella optimaaliseksi. Myös mahdollinen optio taulujen valmistamisesta samassa pisteessä piti ottaa huomioon. Päädyin sijoittamaan kahdeksan johdotuspöytää tuotantotilaan. Esitutkimuksessa havainnoin myös työpöytien käyttöastetta, ja koskaan kaikki 13 työpöytää ei ollut samanaikaisessa käytössä. Nykytilanteessa kahdeksan työpöytää saattaisi riittää, mutta vaiheistuksen takia pöytien tarve vähenee huomattavasti, joten jokaiselle vaiheen työntekijälle olisi tarvittaessa oma työpöytänsä. Johdotuspöytien pätyihin suunnittelin välivarastot (kuva 11), joihin tulisi kaikki tarvittava materiaali paitsi kaapelit.

Johdotuspöytien sijainti ja asento vaikutti paljon tilanviennin ja pöytien käytettävyyden suhteen. Pöydät vaativat tietyn vapaan tilan taakseen, jotta kalustettujen pohjale-

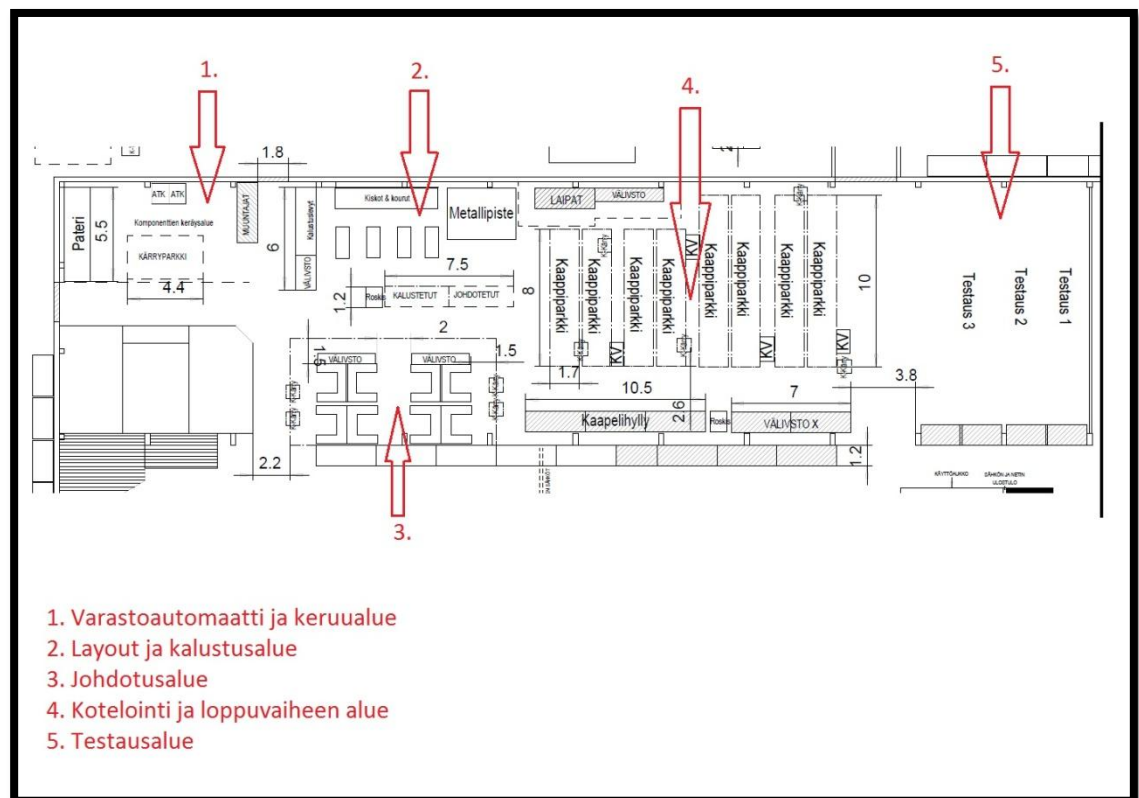
vyjen siirtely olisi turvallista. Päädyin asettamaan johdotuspöydät vastakkain ja vierekkäin kahtena neljän pöydän ryhmänä. Kokeilin useita eri variaatioita kahdeksan pöydän yhdistelmistä, mutta kuvan 11 mukaisella tavalla pöydät veivät pienimmän tilan. Johdotuspöytien sijainniksi valitsin kuvasta katsottuna alareunan, koska yläreunassa oleva varaston nosto-ovi rajoitti liikaa pöytien asettelua. Myös talvella mahdollinen kylmän ilman aiheuttama veto rajoitti sijoittelua. Välivarastojen lisäksi suunnitelin, että johdotuspisteen välittömässä läheisyydessä olisi samanlaisia kaapelikärryjä kuin kotelointi ja loppuvaiheessa. Kaapelikärryt mahdollistavat eri variaatioita kärryyn laitettavien kaapeleiden suhteen. Esimerkiksi maadoituskaapeleita olisi useita eri kokoja yhdessä kärryssä, kun nykyisellään maadoituskeloja pyörii lattioilla tai ne täytyy hakea tuotantotilan toiselta puolelta kaapelihyllystä. Kaapelihyllyn sijoitin keskele mahdollisimman keskelle johdotuspöytiä ja loppuvaiheen aluetta. Näin ollen molemmista vaiheista olisi lyhyt matka hakea kaapelikeloja.

Sillankaapin layoutin suunnittelu ja kalustus oli tutkimuksen mukaan vähiten aikaa vievä vaihe kokonaisvalmistusajasta. Tämän perusteella tila vaatisi pienimmän tilan. Kalustusvaiheessa tarvitsee paljon metallipistettä, joten sijoitin sen vaiheen välittömään läheisyyteen. Metallipiste vie kohtuullisen tilan, joten fyysiseltä kooltaan kalustuspiste ei ole pienempi kuin johdotuspiste. Kalustusvaihe vaatii työpöytiä, kouru- ja kiskoleikkurin sekä välivaraston. Vaiheistuksen takia laskelmoin neljän työpöydän riittävän, koska vaihetta tekisi maksimissaan neljä työntekijää.

Tuotantoon vaikuttaa monia tekijöitä, jotka tekevät mahdottomaksi sarjamaisen tuotannon, jossa tuote etenee vaiheesta toiseen seisahtumatta. Tällaisia tekijöitä ovat esimerkiksi sähkösuunnittelussa tapahtuvat virheet ja erikoiset tuotteet. Tämän seurauksena on oltava välivarastoja, jotta ongelmien sattuessa tuotanto ei pysähdy. Tästä syystä suunnittelin kalustetuille ja johdotetuille levyille välivaraston. Itse varastoinnissa ei ollut ongelmaa, vaan miten painavia levyjä siirreltäisiin varastoon ja varastosta pois sujuvasti. Tähän suunnittelin yksinkertaisen kannatinhyllystön (liite 1). Kuvassa 11 hyllyn leveys on 7,5 metriä, ja jos tasoja olisi viisi, hyllyn mahtuisi noin 20 kalustettua/johdotettua levyä. Tällä määrällä pystyittäisiin jatkamaan tuotantoa muutama päivä, jos muut osa-alueet toimisivat normaalisti. Levyjen siirtelyyn suunnittelin käytettäväksi sähkökäyttöistä kevytnostinta, jolla siirtely olisi vaivatonta (liite 2). Ongelmana tulisi olemaan johdotettujen levyjen siirtäminen loppuvaiheeseen ja kotelon sisälle. Tämän yhteydessä pitäisi käyttää katossa olevaa nosturia laitettaessa levyä kote-

lon sisään. Toisaalta nosturia käytetään nykytilanteessakin levyjen asentamisessa koteloon, joten hyllystä pois ottaminen kevytnostimella tuskin lisäisi merkittävästi siirtoaikaa. Mahdollisuutena olisi laittaa johdotetut levyt puiseen isoon laatikkoon pystyasentoon, josta ne olisi helppo nostella nosturilla. Levyille tarkoitettavan välivarastotyypin valinta ei tässä vaiheessa ollut vielä merkittävää kokonaisuuden kannalta.

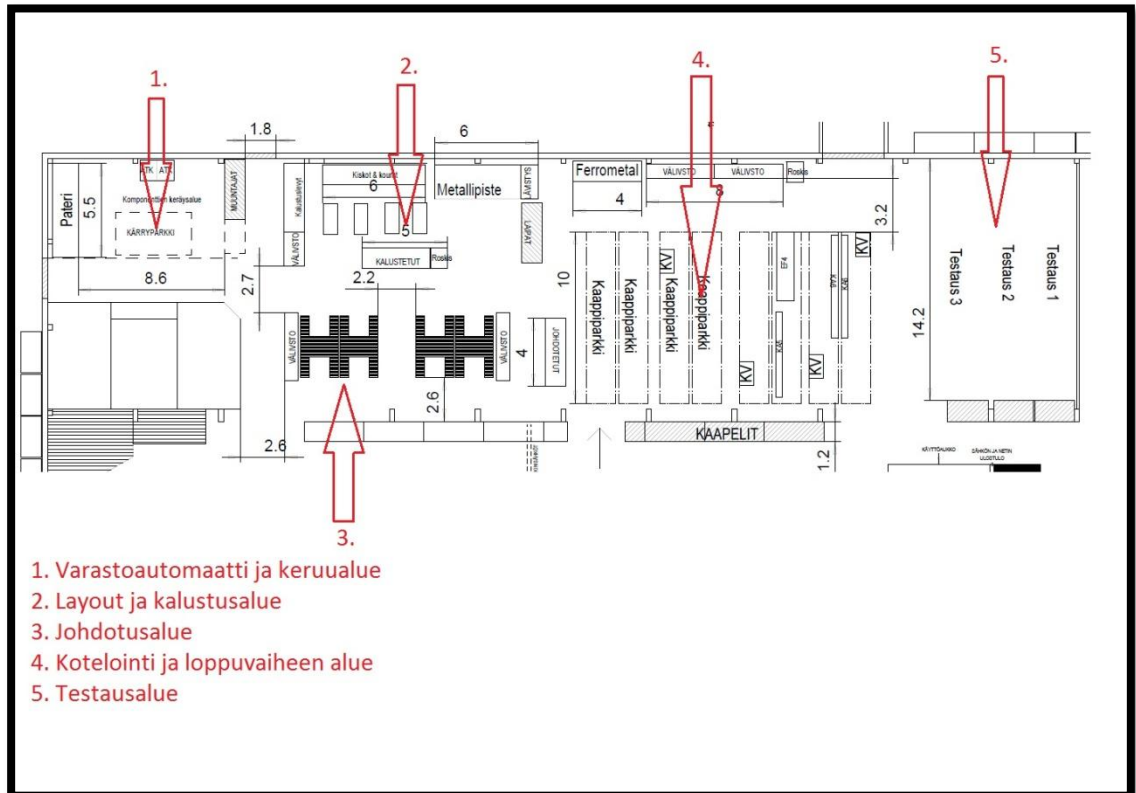
Vanhan komponenttivaraston alueelle suunnittelin varastoautomaatin, josta myöhemmin kerrotaan tarkemmin. Samalle alueelle suunnittelin hyllyvarauksen painavimmille muuntajille ja kärryparkin. Myös mahdollisesti tarvittaville Atk-laitteille varasin alueelta tilan. Tämän alueen toiminta suunniteltiin niin, että varastohenkilökunta kerää automaattista töiden komponentit valmiiksi siirrettäviin monitasohyllyihin. Töitä kerätään tarvittava määrä valmiiksi, jotta tuotantoa voidaan jatkaa ongelmien sattuessa.



**KUVA 11. Layout-versio 1**

Suurimpana erona näissä kahdessa versiossa on johdotuspöytien asento sekä kalustettujen ja johdotettujen levyjen hyllyjen sijainti. Myös kuormalavahyllystään, joka rajaa sähköosaston ja nostinlinjan, on suunniteltu kulkuaukko. Kaapelihylly on versiossa 2 (kuva 12) samassa paikassa kuin nykyisellään. Materiaalivirta pysyy molemmissa versioissa samanlaisena.





KUVA 12. Layout-versio 2

## 7 VARASTOINNIN KEHITTÄMINEN

Hyllymateriaalien määrä ja sijainnit olivat merkittävässä osassa tuotannon kehittämistä ja uuden layoutin suunnittelussa. Nykyisellään tuotannon tiloissa on paljon kuormalavahyllyjä, jotka vievät paljon tilaa. Eräs tuotannon työntekijä onkin todennut joskus olevansa töissä varastossa. Tuotantotilassa olevissa kuormalavahyllyissä on turhaa materiaalia, joiden ei tarvitsisi olla tuotannon välittömässä läheisyydessä. Myös ulko-varastoa tulisi päivittää ja määritellä sinne kuuluvat materiaalit. Opinnäytetyön osalta varaston kehittäminen painottui lähinnä hyllymetrien vähentämiseen tuotantotilasta, ja varastohallinnan kehittämiseen. Nykyisellään jokainen tuotannon työntekijä käyttää varastoa, joten varastoa hallinnoi lähes 50 henkilöä. Tämä vaikeuttaa merkittävästi esimerkiksi saldojen hallintaa. Valtaosa materiaaleista on kuitenkin oltava tuotannon välittömässä läheisyydessä. Tämän seurauksena nykyinen materiaali piti saada pienempään tilaan ja parempaan hallintaan. Tästä johtuen päädyttiin varastoautomaatin suunnitteluun.

## 7.1 Varastoautomaatti

”Varastoautomaatit ovat tietokoneohjattuja varastointi- ja nimikkeiden siirtojärjestelmiä, jotka parantavat merkittävästi tuotteiden varastoinnin ja keräilyn tehokkuutta” (Kasten 2012).

Konecranes käyttää Hyvinkään sähkölaitetehtaalla varastoautomaatteja varastoinnin apuna, joten perustietoa automaattien toiminnasta löytyi. Myös Hämeenlinnan tehtaila on käytössä varastointiautomaattia, mutta sähkölaitetehtaalla automaatteja ei ollut tähän mennessä hyödynnetty. Sähkölaitetehtaalla mahdolliselle varastoautomaatille ei ollut kuin yksi mahdollinen sijainti, jotta materiaalivirta pysyisi selkeänä. Tämä paikka oli nykyisen komponenttivaraston paikalla. Sijainti asetti tietyt kriteerit varastoautomaatille sen koon suhteen. Korkeus- ja leveys suunnassa oli myös tiettyjä rajoitteita.

Tutkin erilaisia varastoautomaatteja ja selvitin kahden markkinoiden suurimman valmistajan tarjoamia vaihtoehtoja. Nämä kaksi valmistajaa olivat Kasten ja Kardex. Mahdollisia automaattivaihtoehtoja oli kaksi, joista toinen oli eräänlainen hissitekniikkaan perustuva automaatti ja toinen eräänlainen pyörivään karuselliin perustuva automaatti. Molemmilta valmistajilta löytyivät nämä vaihtoehdot.

Hissitekniikkaan perustuvassa automaatissa hyllytasoja, eli paletteja, on automaatin etu- ja takareunassa. Hyllytasojen välissä kulkee hissi, joka noutaa haluttuja paletteja käyttöaukolle. Palettien sijainnit voidaan optimoida käyttöasteen mukaan niin, että lähimpänä käyttöaukkoa on useimmin käytetty paletti.

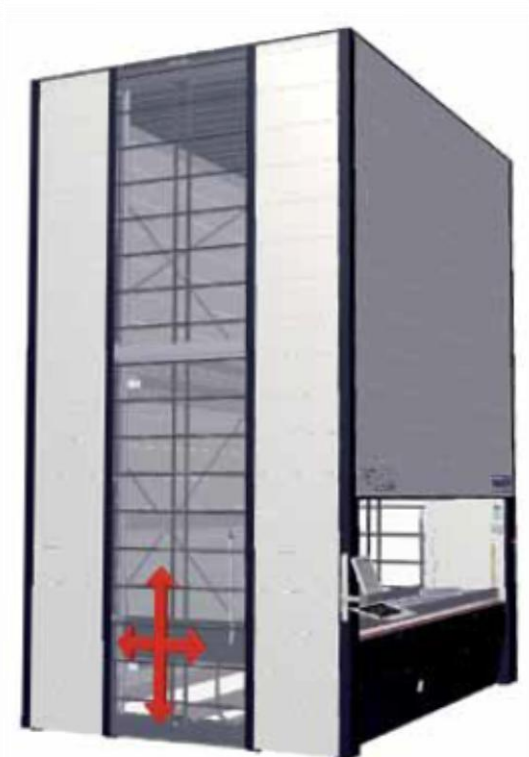
Karusellityypin varastoautomaatissa paletit ovat ketjutettuina toisiinsa ja nämä pyörivät karusellin mukaisesti ympyrää pystysuunnassa. Karusellityypissä tulee olla tarkkaan suunniteltuna materiaalien järjestys paleteilla, jotta kerääminen olisi tehokasta.

Tutkittuani automaattien ominaisuuksia ja sähkölaitetehtaan tarpeita päädyin hissitekniikkaan perustuvaan automaattiin. Suurimpana syynä oli tilan hyödyntäminen ja hissitekniikan parempi soveltuvuus erikokoisten komponenttien varastointiin. Molemmilta valmistajilta kävivät edustajat katsomassa varastointitarpeen ja antamassa näkemysensä, miten varastoautomaattia vois parhaiten hyödyntää sähkölaitetehtaalla. Nykyisten hyllymetrien perusteella laskettiin, kuinka paljon automaattiin tulisi mahtua

komponentteja ja tarvikkeita. Myös keskimääräinen korkeussuunnassa vaadittava tila arvioitiin paaleille, jonka komponentit ja muut tavarat vaativat. Seuraavaksi määritettiin korkeus- ja leveysuunnassa, miten iso automaatti voi olla. Lähinnä rajoittavina tekijöinä olivat ilmastointiputket, kattotuolit ja siltanosturin virtakiskot. Näiden tietojen perusteella pyydettiin tarjous varastoautomaatista molemmilta valmistajilta.

### 7.1.1 Kasten

Kastenilla tätä hissitekniikkaan perustuvaa varastoautomaattia kutsutaan Tornadoksi (kuva 13). Tornado varastoautomaatilla voidaan säästää lattiapinta-alaa jopa 70 % ja keräilyyn käytetty aika voi vähentyä jopa 60 %. Myös keräilyvirheet vähenevät merkittävästi.



**KUVA 13. Kasten Tornado varastoautomaatti**

Tornadossa on mahdollisuutena käyttää TC2000 varastohallintaohjelmaa, jolla voidaan tarvittaessa ohjailta ja helpottaa keräilyä. Mahdollisuutena suorittaa ryhmäkeräilyä, joka nopeuttaa suurempien määrien keruuta. Ryhmäkeruun ideana on, että automaatti tuo halutun paletin käyttöaukolle, ja lähtee hakemaan välittömästi seuraavaa

palettia, jossa seuraavana kerättävät tavarat ovat. Ohjelmaan voidaan myös liittää erilaisia lisälaitteita, kuten tulostimia ja viivakoodinlukijoita.

Kasten Tornado on tietokone-ohjattu varastoautomaatti, ja sen toimintaperiaate on FTP, eli Fixed Tray Position. Tämä tarkoittaa sitä, että laiteohjain tarkistaa kuorman korkeuden käyttöaukolla, ja palauttaa sen samaan paikkaan, mistä alusta haettiin. Paletit ovat valmistettu sinkitystä teräslevystä, ja niiden määrää voidaan muokata tarpeen tullen myös jälkikäteen. Palettien lukumäärä määritellään kuorman korkeuden mukaan. Keskimääräiseksi korkeudeksi arvioitiin 200 mm, jonka mukaan palettien lukumäärä oli määritetty tarjouksessa.

Tarjouksen mukaiseen laitteeseen sisältyi seuraavat:

- Kasten Tornado varastoautomaatti, johon sisältyi 45 kappaletta paletteja, kooltaan 4000 mm x 820 mm.
- Tavarantoiminnan lastauskorkeuden valvonta
- Valokenno, joka tarkistaa, etteivät paletteilla olevat tavarat estä automaatin liikettä
- Valoverho, toimii henkilöturvallisuuteksi
- Käyttöaukon valaistus
- Häätäis-painikkeet
- PC, näyttö ja niiden teline
- Etäyhteysohjelmistovalmius.

### 7.1.2 Kardex

Kardexin hissitekniikkaan perustuva varastoautomaatti, jota he tarjosivat, oli nimeltään Shuttle XP 500. Kardexin tarjoama varastoautomaatti oli hyvin samankaltainen Kastenin Tornadon kanssa. Tämän perusteella hyödyt, joita automaatilla voidaan saavuttaa, ovat hyvin samanlaisia. Kardexin tarjoamaan automaattiin on mahdollista saada Power Pick Global-ohjelmisto, joka mahdollistaa samantyyllisen ryhmäkeruun kuin Kastenin TC2000. Myös Kardexin ohjelmistoon on mahdollista liittää tulostimia ja viivakoodinlukijoita.

Kardex Shuttle XP 500 on myös tietokone-ohjattu varastoautomaatti, jonka toiminta perustuu hyvin samantyylliseen korkeudenoptimointi järjestelmään kuin Tornadossa.

Laite optimoi hyllypaikat mahdollisimman tiiviisti 25 mm toleranssilla. Paletit ovat valmistettu sinkitystä teräslevystä. Paletit ovat irrallisia ja ne voidaan tarvittaessa ottaa laitteesta ulos. Palettien lukumäärää voidaan muokata tarvittaessa jälkikäteen. Kardexin varastoautomaattiin kuorman korkeudeksi arvioitiin 180 mm, jonka perusteella tarjouksessa on määritetty palettien lukumäärä.

Tarjouksen mukaiseen laitteeseen sisältyivät seuraavat:

- Kardex Shuttle XP 500 varastoautomaati, johon sisältyi 55 kappaletta paletteja, kooltaan 3050 mm x 813 mm
- Hätäseis-painikkeet
- Käyttöaukon valaistus
- Valokennot, jotka toimivat turvalaitteena
- Turvaluukut, jotka mahdollistavat pikapoisiminnan
- Positiovalot, joka auttaa tuotteen hakemisessa tai hyllyttämisessä
- Tietokoneiliityntä

## 7.2 Varastoautomaattien vertailu

Molemmat automaattit olivat ominaisuuksiltaan hyvin samanlaisia. Suurimpana erona oli automaattien kantavuus, joka johtui palettien kuormitettavuudesta (taulukko 2.). Tosin Kardexilla oli myös mahdollisuus kestävämpiin paletteihin tarvittaessa, mutta kestävämmät paletit toivat lisähintaa.

**TAULUKKO 2. Varastoautomaattien vertailua**

	<b>Kasten</b>	<b>Kardex</b>
<b>Ulkomitat</b>		
Korkeus	6826 mm	6950 mm
Leveys	4455 mm	3380 mm
Syvyys	3000 mm	2921 mm
<b>Paletit</b>		
Lukumäärä	45 kpl	55kpl

Hyötykorkeus	42 x 200 mm 2 x 245 mm 1x 200 mm (käyttöaukon alle)	53 x 180 mm 2 x 105 mm (käyttö- aukon alle)
<b>Paletin mitat</b>		
Leveys	4000 mm	3050 mm
Syvyys	820 mm	813 mm
Kuormitettavuus	500 kg	275 kg (mahdollisuus 465kg kanta- viin alustoihin)
<b>Kapasiteetti</b>		
Hyllyneliöt	147,6 m <sup>2</sup>	136,3 m <sup>2</sup>
Juoksumetrit	360 jm (syvyys 400 mm)	335,5 jm (syvyys 406mm)
Kantavuus	22 500 kg	15 125 kg

Yksi tärkeimmistä asioista varastoautomaatin toiminnassa oli sen tavaran hakemiseen käytettävä aika. Molemmat valmistajat lupasivat paletin vaihtoajaksi noin 39 sekuntia, joten tässäkin suhteessa automaattit samanlaisia.

Molempien laitteiden asennuksessa ostaja vastaa asennuskalustosta ja huolehtii asennusalueen valmiudesta. Erona asennuksissa oli kuitenkin palettien asennus. Kastenilla asentajat asentavat kaikki paletit laitteeseen, mutta Kardexilla asentajat asentavat 5 palettia käyttökoulutuksen yhteydessä. Tämän jälkeen asiakas vastaa loppujen palettien asentamisesta tai maksaa loppujen palettien asentamisesta tuntihinnaston mukaan.

Lopuksi hinnalla on merkittävä rooli automaatin valinnassa ja hinnoista löytyi myös kohtalaisia eroja. Opinnäytetyön aikana ei valintaa vielä suoritettu, joten valintaa ja perusteluita ei tähän työhön ehditty saamaan.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää tuotannon ongelmakohtia, joita kehittämällä saataisiin tuottavuutta parannettua. Kokonaistuottavuuteen vaikuttaa monia eri asioita, joten tässä työssä keskityttiin tuotannon kehittämiseen lähinnä sillankaappien valmistuksessa.

Mittauksiin sain käyttää paljon aikaa, koska työn tekeminen edellytti luotettavia mitaustuloksia. Esitutkimuksessa ilmenneet asiat selvensivät opinnäytetyön aihetta ja niiden perusteella oli helpompi jatkaa tutkimuksia. Esitutkimuksen jälkeen oli tarkoitus tutkia vaiheistuksen mahdollisuuksia ja tämän perusteella suunnitella uusi layout sekä luoda selkeä materiaalivirta. Samalla hyödynnettiin lean-ajattelumaailmaa. Mittasin nykytilanteessa eri vaiheisiin käytettäviä aikoja, joiden perusteella määritin eri vaiheiden tilantarpeen. Vaiheiden tilantarvetta määritettäessä hyödynnettiin myös 2012 vuoden valmistuneiden sillankaappien volyymeja.

Layoutin suunnittelussa sain vapaat kädet tilankäytön suhteen, joka teki suunnittelusta mielenkiintoista ja haastavaa. Suunnittelulle sovittiin tiettyjä lähtökohtia kuten hyllyjen vähentämistä jonkinlaisen varastoautomaatin avulla ja lisätilan vapautumista sillankaappien valmistukselle. Varastoautomaatin hankinta ja tilan vapautuminen ei kuitenkaan ollut vielä varmaa tässä vaiheessa. Layoutin suunnittelussa onnistuin mielestäni käyttämään tilan mahdollisimman hyödyllisesti ja tehokkaasti. Suunnitelmat esiteltiin työntekijöille, joiden kanssa muutoksista keskusteltiin avoimesti.

Suunnittelun yhteydessä tutkin varastoautomaattien tarjontaa ja sitä, miten niitä voisi hyödyntää sähkölaitetehtaan tarpeisiin. Nopeasti selvisi, minkä tyyppinen automaatti sopisi parhaiten sähkölaitetehtaan tarpeisiin. Tämän jälkeen kahden valmistajan edustajat kävivät katsomassa, minkälaiseen käyttöön automaatti tulisi, ja tekivät näiden perusteella tarjoukset varastoautomaateista. Vertailin tarjouksia ja esitin mielipiteeni, kumpi tarjouksista oli parempi. Automaatin lopullista valintaa ei tähän opinnäytetyöhön ehditty saamaan.

Opinnäytetyö oli mielenkiintoinen, koska sitä tullaan hyödyntämään käytännössä ja suunnitelmat tullaan toteuttamaan ainakin osittain. Vaiheistuksesta tullaan tekemään

demonstraatioita pienemmässä mittakaavassa, jolloin saadaan selville käytännön ongelmia. Suunnitelmien toteutuminen on iso prosessi, joka edellyttää monien asioiden kehittämistä, jotta tuottavuus saadaan nousemaan. Työn onnistuminen selviää vasta tulevaisuudessa, kun nähdään muutosten vaikutus tuottavuuteen. Opinnäytetyön jälkeen tulen olemaan mukana projektissa, jossa opinnäytetyötä hyödynnetään.

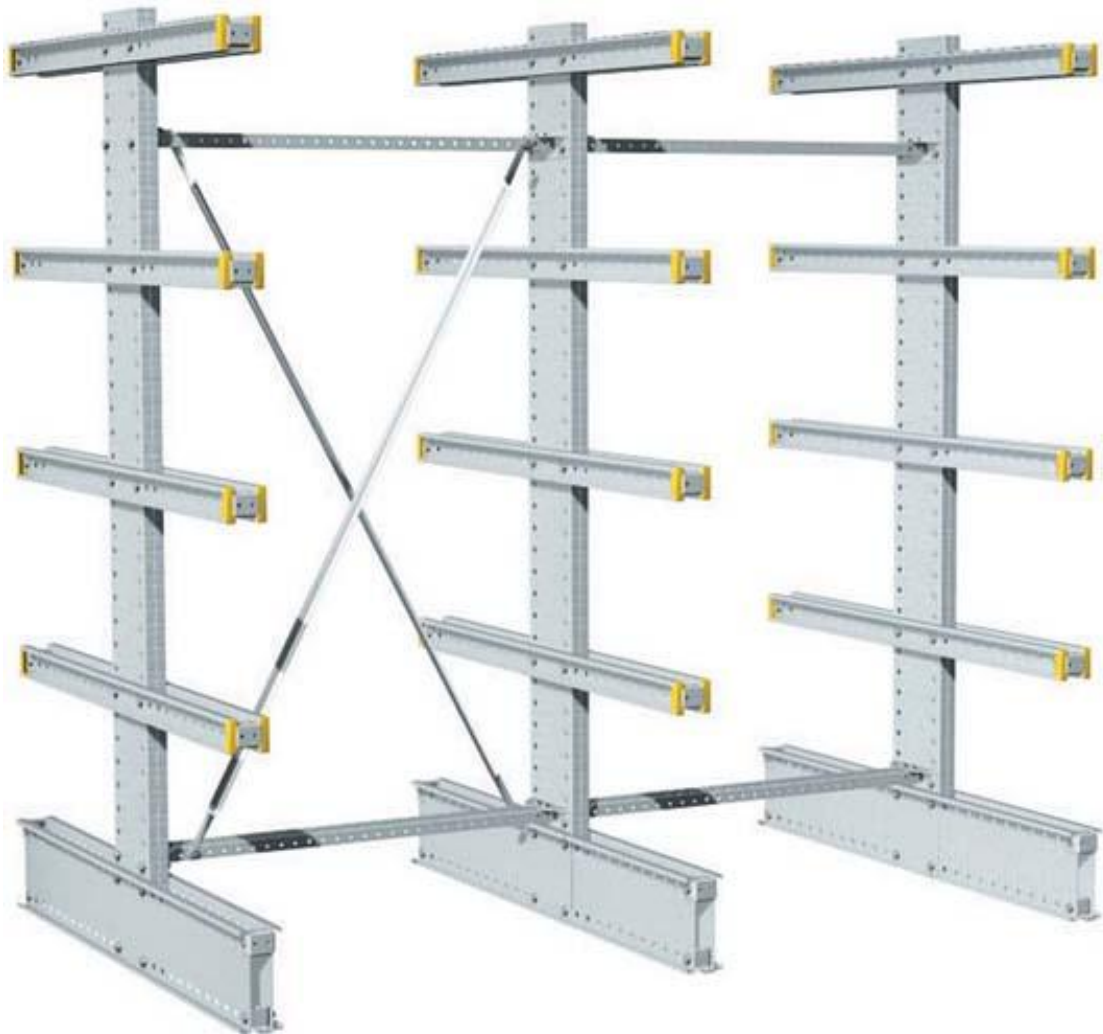


## LÄHTEET

- Aalto PRO 2013. Leka – Lean kahdessa päivässä. Www-dokumentti.  
[https://aaltopro.aalto.fi/fi/koulutus/avoin\\_koulutus/koulutushaku/course/leka-lean-kahdessa-paivassa/](https://aaltopro.aalto.fi/fi/koulutus/avoin_koulutus/koulutushaku/course/leka-lean-kahdessa-paivassa/). Päivitetty 21.1.2013. Luettu 29.1.2013.
- Kasten 2013. Tarjous varastoautomaatista.
- Kasten 2011-2012. Varastoautomaatit. Www-dokumentti.  
<http://www.kasten.fi/Tuotteet/Varastoautomaatit-ja-WMS/>. Päivitetty 2011-2012. Luettu 5.2.2013.
- Kardex 2013. Tarjous varastoautomaatista
- Kauppakaari Oy/Yrityksen tietokirjat 1997. Tuottavuus – mittaa ja menesty. Helsinki: Kauppakaari Oy
- Konecranes 2013a. Hämeenlinna factory presentation 2010. Yrityksen intranet.
- Konecranes 2013b. Instruction for Electrical documentation 2007. Yrityksen intranet.
- Konecranes 2013c. Material bank. Yrityksen intranet.
- Konecranes 2013d. Yritysesittely 2012. Yrityksen intranet.
- Konecranes 2013e. Tilinpäätöstiedote 2012. PDF-dokumentti.  
[http://www.konecranes.com/sites/default/files/download/q4\\_2012\\_fin.pdf](http://www.konecranes.com/sites/default/files/download/q4_2012_fin.pdf). Luettu 19.2.2013. Julkaistu 31.1.2013.
- Konecranes 2011. Vuosikertomus.
- Kouri, Ilkka 2010. Lean management – Miten vähemmän voi olla enemmän? PDF-dokumentti. [http://tredea-fi-bin.directo.fi/@Bin/097e2e915c7e2fbabaf536d644583dba/1359445809/application/pdf/42650/Lean\\_Kouri.pdf](http://tredea-fi-bin.directo.fi/@Bin/097e2e915c7e2fbabaf536d644583dba/1359445809/application/pdf/42650/Lean_Kouri.pdf). Julkaistu 23.3.2010. Luettu 29.1.2013.
- Peltonen, Matti 1984. Yrityksen tuottavuusopas. Helsinki: Kauppalehti Business Books.
- Rantanen, Hannu 2005. Tuottavuus suorituskyvyn analysoinnin kentässä. Lappeenranta: Digipaino.
- Ruohola, Antti 2008. Tuottavuuden mittaaminen sähkölaitetehtaassa. Diplomityö.
- Saari, Seppo 2006. Tuottavuus - Teoria ja mittaaminen liiketoiminnassa. Vantaa: Dark Oy.
- Yliherva, Jukka 2006. Tuottavuus, innovaatiokyky ja innovatiiviset hankinnat. Helsinki: Edita Prima Oy.

## LIITE 1.

### Kuva kannatinhyllystä.



(Lähde: Intolog. Www-dokumentti. <http://www.intolog.fi/app/product/list/-/id/160/>. Päivitetty 2010. Luettu 19.1.2013.)

## LIITE 2.

### Kuva kevytnostimesta.



(Lähde: Abc-kärry Oy. Www-dokumentti. [http://www.abc-karry.fi/product/57241/KEVYT\\_NOSTIN\\_44040](http://www.abc-karry.fi/product/57241/KEVYT_NOSTIN_44040). Päivitetty 2010. Luettu 12.2.2013.)

**LIITE 3.**  
**Työaikalajit.**

1	Työvuorojen aloitus/lopetustyöt	Apu aika
2	Työohjeiden lukua/edellytys	Apu aika
3	Keskustelu työnjohtajan kanssa	Apu aika
4	Kirjaukset raporttiin	Apu aika
5	Kahvi-/ruokatauko (henkilö)	Apu aika
6	Työalueen siivous	Apu aika
7	Henkilökohtainen (WC, puhelut)	Apu aika
8	Tarvikkeiden haku/tilaus	Apu aika
9	Työlle tarvittavien osien haku/tilaus	Apu aika
10	Laitteiden tarkistus/säätö	Apu aika
11	Nosturin/pumppukärryn haku	Apu aika
12	Viilaus, maalaus, siistintä työ	Apu aika
13	Kaverin avustaminen, eri työ	Apu aika
14	Viikkopalaverit (henkilö)	Apu aika
21	Materiaali-/osapuute	Häiriö
22	ATK-häiriö	Häiriö
23	Sähkö, paineilma, tekn häiriö	Häiriö
24	Osien sopimattomuus	Häiriö
25	Suunnitteluvirhe kuvissa	Häiriö
26	Merkkien puuttuminen osissa	Häiriö
27	Työkalujen aiheuttama	Häiriö
28	Hälytyskeikat	Häiriö
29	Osien etsintä	Häiriö
41	Myöhästynyt aloitus/lopetus	Tauko
42	Muu tauko	Tauko
43	Kahvi-/ruokatauko (tuote)	Tauko
50	Valmius, ei tehtävää	Valmius
51	Trukin odotus	Valmius
52	Odottaa materiaalia/osia	Valmius
53	Nosturin/siirron odotus	Valmius
54	Kaverin avustaminen, eri työ	Valmius
55	Työnjohdon/tiedon odotus	Valmius
56	Tuote odottaa, palaverit	Valmius
57	Tuote odottaa tarkastus	Valmius
58	Tuote odottaa asetteen vaihtoa	Valmius
59	Tuote odottaa kirjauksia/dokumentit	Valmius
70	Tuotteen valmistus	Jalostava
71	Asetteen teko/vaihto	Jalostava
72	Tuotteen tarkastus/mittaukset	Jalostava
73	Materiaalin keräily työpisteeseen	Jalostava
74	Valmistettujen siirto työpisteestä	Jalostava
75	Tuotteen testaus/koeajo (hlö)	Jalostava

(Lähde: Ruohola, Antti 2008. Tuottavuuden mittaaminen sähkölaitetehtaassa. Diplomityö)

**LIITE 4.**

**Kuva tilanahtaudesta.**

