

Petteri Takala

VIRTAUKSEN PARANTAMINEN NOSTINTEHTAAN  
SÄHKÖLAITEVALMISTUKSESSA

Tuotantotalouden koulutusohjelma  
2021

Takala, Petteri  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Tuotantotalouden koulutusohjelma  
Tammikuu 2021  
Sivumäärä: 38  
Liitteitä: 1

Asiasanat: virtaus, tuotanto, lean, flow

---

Työssä tutkittiin virtauksen parantamista sähkökojeistojen valmistuksessa nostinteh-  
taalla. Asiakasyrityksessä halutaan parantaa läpimenoaikoja, ja yksi tapa sen lyhentä-  
miseksi on tehokas virtaus. Työn tavoitteena oli löytää parantamiskohteita sähköko-  
jeistojen tuotannossa ja saada aikaan läpimenoaikojen lyheneminen. Työssä keskityt-  
tiin sähkölaitetehtaan yhteen tuotteeseen ja sen tuotannon kolmen prosessin virtauk-  
seen. Ensin käytiin läpi tuotannon nykytilannetta ja selvitettiin lähtötaso sekä mittarit.  
Tutkimusaineistona käytettiin tuotannonhjausjärjestelmästä saatua tietoa sekä tehtyjen  
kokeilujen tuloksia. Työtä varten tutkittiin myös virtauksen ja Lean-tuotannon teoriaa.

Työssä päädyttiin tekemään tuotannossa kehitysprojekti, jolla tutkittiin miten virtaus  
vaikuttaa tuotteen läpimenoaikaan. Tuotannon prosesseja alettiin toteuttaa eri tavalla  
kuin ennen. Tuotannon prosesseista kerätiin samoja tietoja, mitä oli kerätty nykytilan  
kartoittamisessa. Uuden tavan tuloksia voitiin sitten verrata lähtötilanteen tuloksiin.

Tutkimuksessa selvisi, että läpimenoaikaa on mahdollista saada vähennettyä virtausta  
parantamalla. Parantaminen tapahtui työtapaaja muuttamalla. Tutkimuksessa kuiten-  
kin kohdattiin ongelmia, joiden ratkaisemattomuuden takia työtavat eivät jääneet py-  
syvään käyttöön. Koska Lean-periaatteita ei ole implementoitu koko tehtaan proses-  
seihin, niiden käyttöönotto pelkästään tuotannossa on kyseenalaista.

# IMPROVING THE FLOW OF ELECTRICS MANUFACTURING AT HOIST FACTORY

Takala, Petteri

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Industrial management & engineering

January 2021

Number of pages: 38

Appendices: 1

Keywords: flow, production, lean

---

The purpose of this thesis was to improve the flow in the production of electrics at hoist factory. Customer company wants to improve lead times of its products, and one way to do this is to improve the flow. Aim of this thesis was to find ways to improve the lead times and flow of electrics factory. Work focuses on one of the factory's main products, and to the three processes it goes through. First the current state of production is evaluated, starting level and metrics are defined. Data from company's ERP-system and results of experiments done was used as research materials. Theory of flow and Lean was also researched.

A development project was done, that focused on how flow effects the lead time of the product. Production processes were changed from before. Data was collected from both new and old processes. These results were then compared with each other.

It was found out, that it was possible to reduce lead time by improving the flow. Improvement was done by changing the working methods. Some problems were encountered during the research, which couldn't have been solved. New working methods didn't stay active because of these unsolved problems. Because Lean is not implemented in the whole factory's processes, they are hard to implement only in production processes.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	KONECRANES .....	7
2.1	Konecranes.....	7
2.2	Hämeenlinnan tehdas .....	8
2.3	Sähkölaitetehdas .....	9
3	SILLANKAAPPIEN VALMISTUSPROSESSI.....	11
3.1	Tuotantoa edeltävät prosessit.....	12
3.2	Keräys .....	13
3.3	Valmistus .....	13
3.4	Testaus .....	15
3.5	Palkkiopalkka.....	16
4	LEAN .....	17
4.1	Leanin määritelmä .....	17
4.2	Kaizen ja kanban.....	17
4.3	Hukka.....	18
4.4	Virtaus.....	18
5	TAUSTATUTKIMUS JA KEHITYSKOhteET.....	21
5.1	Mittarin valinta.....	21
5.2	Varaston kehitys.....	22
5.3	Tuotannon kehitys.....	23
5.4	Testin kehitys .....	26
6	VIRTAUSKOKEILU .....	28
6.1	Tuotannon toiminta.....	28
6.2	Varaston toiminta.....	30
6.3	Testin toiminta .....	31
7	KOKEILUN TULOKSET JA SEURAUKSET .....	33
7.1	Kokonaistulokset.....	33
7.2	Uuden tavan implementointi ja sen ongelmat.....	34
8	JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO .....	36
8.1	Johtopäätökset.....	36
8.2	Toimenpide-ehdotukset.....	36
8.3	Toteutuksen arviointi .....	37
	LÄHTEET.....	38
	LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aihe on virtauksen parantaminen nostinlaitetehtaan sähkökojeistojen valmistuksessa. Opinnäytetyön tilaaja on Konecranes Finland Oy, joka on yksi maailman johtavista nostinvalmistajista. Yksi yrityksen tavoitteista on vähentää tuotteiden läpimenoaikoja, jotta nostinratkaisuja voidaan toimittaa lyhyemmällä toimitusajalla loppuasiakkaalle. Virtauksen parantamisella pyritään vähentämään sähkökojeistojen tuotannon läpimenoaikaa. Konecranes hyödyntää virtausta muilla osa-alueilla Hämeenlinnan tehtaassa ja virtausta halutaan parantaa myös sähkölaitetehtaalla.

Hämeenlinnassa valmistetaan pääasiassa teollisuusnostimien komponentteja eri teollisuuden aloille. Näihin nostimiin rakennetaan sähkölaitetehtaalla tarvittavat sähkökojeistot, jotka koostuvat pääosin nostimien sillankaapeista, nostimien tauluista ja niiden alikokoonpanoista. Kojeistojen tuotannossa viettämää aikaa pyritään vähentämään parantamalla virtausta. Kun nostimen komponentit saadaan nopeasti tuotannosta läpi, saadaan ne myös asiakkaalle ajoissa. Tuotteen läpimenoajan lyhentäminen tuottaa lisäarvoa, esimerkiksi laskemalla tuotteeseen käytettyä työaikaa ja siten kustannuksia. Lyhyt toimitusaika on tuotteiden myynnissä myös eduksi. Konecranesin tavoitteena onkin lyhentää nostinten toimitusaikaa ja virtauksen hyödyntäminen on osa yhtiön uutta strategiaa.

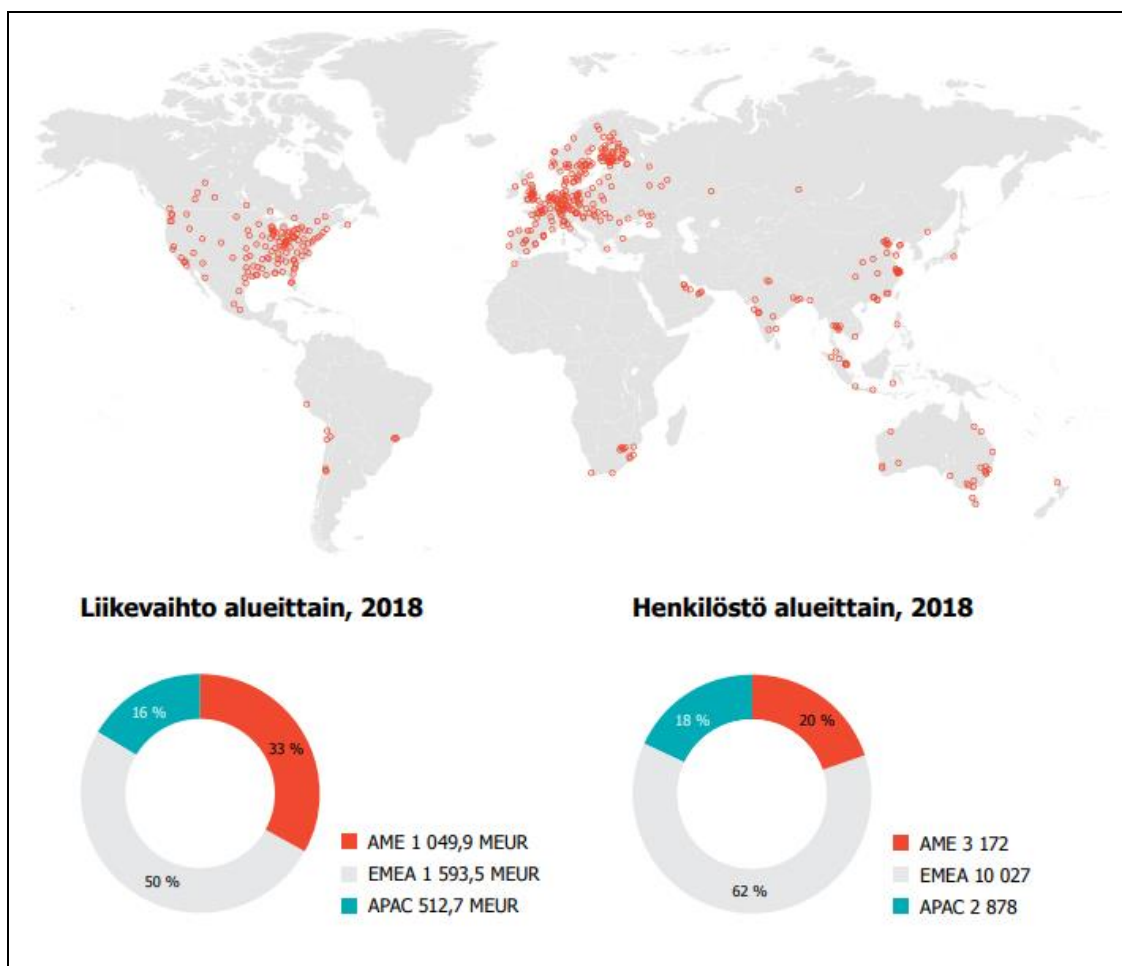
Sähkölaitteiden tuotannon virtaamisen kannalta ongelma on työkuorman vaihtelevuus. Sähkökojeistojen tuotevalikoima on laaja ja niiden läpimenoajat vaihtelevat suuresti. Sillankaappien valmistusmäärä voi vaihdella viikkotasolla noin kymmenestä yli kahteenkymmeneen, eli asiakastarve vaihtelee rajusti. Myös itse kojeistojen välillä on suuria eroavuuksia. Kojeiston koolla ja ominaisuuksilla on suuri vaikutus sen valmistamiseen vaadittavaan työaikaan. Tavallinen pienikokoinen sillantaulu saadaan tehtyä kahdessa päivässä. Ison, erikoisominaisuuksilla varustetun sillankaappin valmistus voi kestää yhdestä viikosta kolmeen. Erilaiset ongelmatilanteet voivat myös pysäyttää sähkölaitteen edistymisen tuotannossa. Tavallisimmin tällaiset ongelmat liittyvät materiaali- tai työsuunnitteluvirheisiin. Näiden ongelmien ilmetessä kojeisto voi lojua tuotannon jo valmiiksi ahtaissa tiloissa useita päiviä. Ongelmallista on myös nykyinen tuottavuuteen nojaava palkkiopalkkamalli.

Työssä keskitytään sillankaappien valmistuksen virtauksen parantamiseen. Sillankaappit ovat sähkölaitetehtaan päätuote, joihin käytetään suurin osa tuotannon resursseista. Sillankaapeille on myös määritetty tarkka rakenneaika ja sillankaappien valmistus on jaettu eri osiin. Näiden syiden takia virtauksen tutkiminen oli paras aloittaa kyseisistä tuotteista. Työssä hyödynnetään omaa työskentelykokemusta sähkölaitetehtaan tuotannosuunnittelijana, aikaisempia työpaikalla tehtyjä tutkimuksia sekä muiden työntekijöiden kokemuksia. Työn teoriaosuus pohjautuu Lean-ajatteluun, jonka osa virtaus on. Työssä kerrotaan Konecranesista yrityksenä sekä Hämeenlinnan tehtaasta. Sitten kerrotaan yksityiskohtaisemmin sähkölaitetehtaan toiminnasta ja sillankaappien valmistusprosessista. Teoriaosassa kerrotaan Lean-johtamisfilosofiasta, keskittyen virtaukseen.

## 2 KONECRANES

### 2.1 Konecranes

”Konecranes on yksi maailman johtavista nostolaittevalmistajista, ja asiakkaitamme ovat muun muassa konepaja- ja prosessiteollisuus, telakat, satamat ja terminaalit. Tarjoamme toimintaa tehostavia nostolaiteratkaisuja ja huoltopalveluja kaikille nosturi-merkeille. Vuonna 2018 Konecranes-konsernin liikevaihto oli yhteensä 3 156 miljoonaa euroa. Konecranesilla on 16 100 työntekijää ja 600 toimipaikkaa 50 maassa”. Kuvassa 1 Konecranesin liikevaihdon ja henkilöstön jakautumista kartalla. (Konecranes vuosikertomus 2018:3.)



Kuva 1. Konecranesin liikevaihdon ja henkilöstön jakautuminen (Konecranes vuosikertomus 2018:4)

Konecranesin missio ja tunnuslause on: ”Emme nosta vain taakkoja, vaan kokonaisia liiketoimintoja. Yrityksen visiona on seurata nostolaitteiden toimintaa reaaliajassa, ja

käyttää tätä tietoa parantaakseen asiakkaidensa toimintojen turvallisuutta ja tuottavuutta. (Konecranes vuosikertomus 2018:8.)

Konecranesin liiketoiminta-alueet on jaettu kolmeen osaan, satamaratkaisuihin, teollisuuslaitteisiin ja kunnossapitoon:

- Satamaratkaisut tarjoavat satamiin erilaisia nostinratkaisuja (kontinkäsittelylaitteet, telakka- ja satamanosturit) mukaan lukien ohjelmistot ja palvelut.
- Teollisuuslaitteet toimittavat nostinratkaisuja eri teollisuudenaloille, isoimpina asiakkaina erilaiset konepajat ja muu prosessiteollisuus. Teollisuuslaitteita markkinoidaan myös itsenäisillä tuotemerkeillä Konecranes-brändin lisäksi.
- Kunnossapidon tehtävä on tarjota kunnossapitopalvelua kaikille nostinmerkeille ja -malleille. Kunnossapito luo lisäarvoa parantamalla asiakkaiden turvallisuutta ja tuottavuutta seuraamalla nostinten tuottamaa dataa reaaliaikaisesti.

Suomessa Konecranesilla on toimintaa Hyvinkäällä ja Hämeenlinnassa. Hyvinkäällä valmistetaan mekaanisia- ja sähkökomponentteja kaikista raskaimpiin teollisuuden ja satamien tarpeisiin (esim. satamanosturien, paperitehtaiden ja metalliteollisuuden tarpeisiin) sekä varaosiksi. Hyvinkäällä sijaitsee myös yhtiön pääkonttori. (Konecranes vuosikertomus 2018:12.)

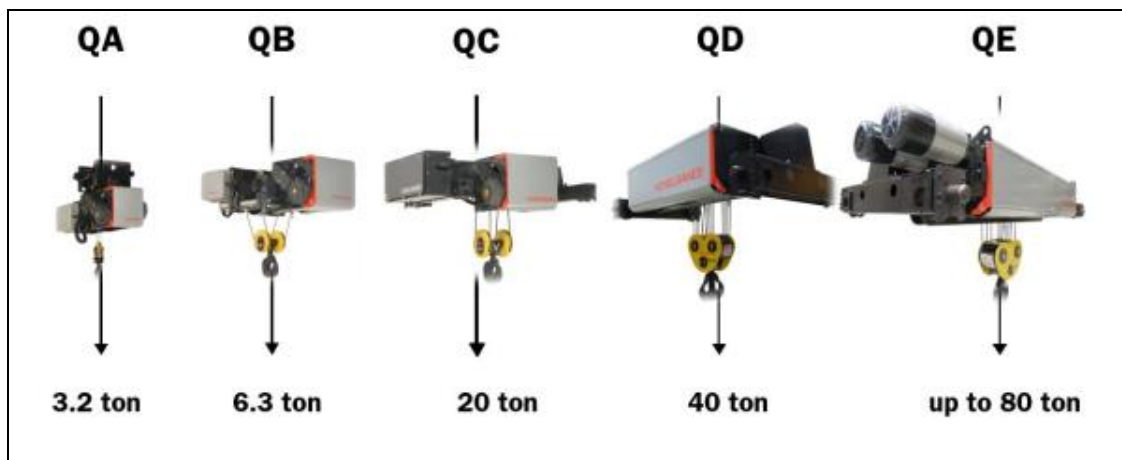
## 2.2 Hämeenlinnan tehdas

Hämeenlinnan nostintehtaalla (lyhenne KHH) valmistetaan pääasiassa Q-sarjan köysinostimia (kuva 2) eri teollisuuden aloille. Tehtaalla on noin 400 työntekijää. Tehdas on jaettu nostintehtaaseen (KHF) ja vaihdetehtaaseen (KHT). Vaihdetehtaalla valmistetaan nostinten vaihteita ja nosturien siirtomoottoreita. Vaihdetehtaalla on oma rakennukseensa tehdasalueella.

Kahdessa muussa rakennuksessa sijaitsevat nostintehtaat HH1 ja HH2. HH2:ssa valmistetaan järeimpiä QD- ja QE-sarjan köysinostimia, manuaaliketjunostimia sekä



kaapelirumpuja. HH1:ssä valmistetaan QA-, QB- ja QC-sarjan köysinostimia, sekä uusia naru- ja hihnanostimia. HH1:ssä sijaitsee myös sähkölaitetehdas HH6.



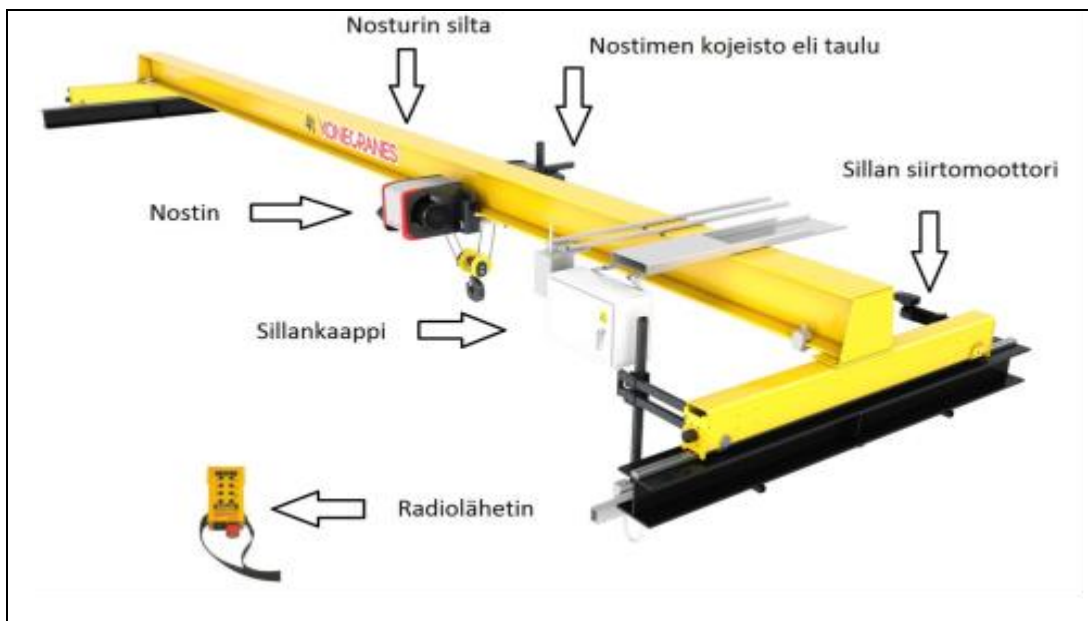
Kuva 2. Q-sarjan köysinostimia. (KHH Presentation 2017.)

### 2.3 Sähkölaitetehdas

Hämeenlinnan sähkölaitetehtaalla (lyhenne HH6) valmistetaan sähköistysratkaisuja teollisuusnostimille. Hämeenlinnassa valmistetaan kaikista vaativimmat sähkölaitteet, kun taas ”normaalit” valmistetaan alihankintana. Kappalemäärällisesti noin 20 prosenttia töistä tehdään Hämeenlinnassa, loput tulevat alihankkijalta. Sähkölaitetehtaan tuotteet voidaan jakaa seuraavasti (kuva 3):

- Sillankaapit: sillankaapit tai lyhyemmin vain kaapit, sisältävät yleensä nosturin ohjaukseen tarvittavat komponentit. Sillankaappi nimensä mukaan kiinnitetään useimmiten nosturin siltaan. Kaappeja on eri kokoisia ja niitä voi tulla useampi yhteen nosturiin.
- Nostimen taulut: Nostimen taulut ovat käyttötarkoitukseltaan samanlaisia kuin sillankaapit, mutta niillä ohjataan itse nostinta. Taulut ovat fyysisesti pienempiä kuin sillankaapit ja kiinnittyvät nostimeen. Tauluista suurin osa tulee alihankintana.
- EX-sillankaapit ja nostimen taulut: EX-tuotteet ovat tarkoitettu vaarallisiin ympäristöihin ja ovat räjähdyksen kestäviä. Tuotteet ovat toimintaperiaatteiltaan samanlaisia kuin normaalit kaapit ja taulut. Suurin ero on räjähdyksen kestävät kotelot.

- Radiot: Nostureita ohjataan yleisimmin radion välityksellä. Radiot ovat usein pitkälle valmiita ja niihin tarvitsee vain lisäillä erilaisia osia (pistokkeet ja tartrat), asettaa taajuudet ja testata radion toiminta.
- Invertterit: Inverttereitä eli taajuusmuuntajia käytetään nostimen liikkeiden hallitsemiseen. Inverttereitä voidaan pitää kaappien alikokoonpanoina, sillä suurin osa inverttereistä asennetaan sillankaappien sisään. Invertterit asennetaan asennuslevyille, tehdään esikytkenät ja asennetaan halutut parametrit.



Kuva 3. Siltanosturi ja sen osat.

### 3 SILLANKAAPPIEN VALMISTUSPROSESSI

Työ on rajattu koskemaan vain normaalien sillankaappien valmistusta. Sillankaappeihin käytetään eniten aikaa ja niitä voidaan pitää HH6:sen päätuotteena. Jotta virtausta voidaan parantaa, on hyvä ottaa kohteeksi juuri päätuote, koska sen vaikutus on suurin. Lisäksi muut tuotteet seuraavat pitkälti sillankaapin valmistusprosessia, joten tuloksia voi mahdollisesti hyödyntää niiden kanssa myöhemmin. Seuraavissa kappaleissa kerrotaan tarkemmin sillankaapeista ja avataan sillankaapin valmistusprosessia. Lisäksi kappaleessa avataan lyhyesti sähkölaitetehtaan palkkiopalkka mallia.

Sillankaapeissa on nosturin ohjaukseen ja muuhun käyttöön tarvittavat komponentit. Nostimen taulu ohjaa nostimen toimintaa (laskeminen ja nostaminen), mutta nykyään on yleistä, että nämäkin toiminnot ohjataan sillankaapilla ja taulu toimii vain kytkentärasiana sillankaapin ja nostimen välillä. Sillankaappia voidaan pitää nostimen aivoina.

Sillankaapit rakennetaan koteloista, joita voidaan liittää yhteen. Koteloja on erikokoisia ja ne valitaan nosturin koon, ominaisuuksien ja asennuspaikan mukaan. Koot ovat:

- 400 x 600 mm
- 400 x 900 mm
- 400 x 1200 mm
- 600 x 600 mm
- 600 x 1000 mm
- 1000 x 1000 mm, kutsutaan KA-kaapiksi (yleisin koko)
- 1500 x 1000 mm, kutsutaan H15-kaapiksi

Koteloita yhdistelemällä syntyy kaappiletka, joka sitten kiinnitetään nostimeen tai sijoitetaan asiakkaan tiloihin. Pisimmät kaappiletkat voivat olla yli 10 metriä pitkiä.

Sillankaappien tuotantoprosessi voidaan jakaa keräys-, valmistus- ja testivaiheeseen. Valmistusvaihe voidaan myös jakaa eri vaiheisiin työvaiheiden mukaan. Näitä vaiheita ennen on erilaisia suunnitteluvaiheita, joiden jälkeen se etenee tuotannosuunnittelun

kautta tuotantoon. Testivaiheen jälkeen sillankaapit etenevät pakkaamon ja lähettämön kautta asiakkaille.

### 3.1 Tuotantoa edeltävät prosessit

Ennen keräystä sillankaappi on mennyt suunnitteluprosessin läpi. Tilaukselle on saatu pääinsinööritä perustiedot, jonka perusteella tehdään sähkösuunnittelu. Sähkösuunnittelua tehdään Suomessa, Kiinassa ja Intiassa. Sähkösuunnittelun jälkeen sillankaappi ja tilauksen muut komponentit siirtyvät työnsuunnitteluun. Työnsuunnittelussa sillankaapille luodaan materiaalilista, varmistetaan suunnitellut ominaisuudet, käännetään osa töistä alihankintaan ja lopulta luodaan SAP:iin suunniteltu työmääräin. Sekä sähkö- että työnsuunnittelussa voidaan käyttää automaattisia suunnittelurobotteja, mikäli työ kuuluu basic-luokkaan. Basic-luokan työt ovat yksinkertaisia töitä, joita voidaan usein kääntää valmistettavaksi alihankkijoille.

Suunniteltujen työmääräimien avulla tuotannosuunnittelija ja työnjohto pyörittävät tuotantoa. Suunnitellusta työmääräimestä selviää tarvittavat materiaalit, työn aikataulu, suunnittelija ja muita tietoja, joita voidaan tarvita valmistuksessa. Sillankaapin suunnitellulta työmääräimeltä tuotannosuunnittelija katsoo koska sillankaapin pitää lähteä tehtaalta. Sillankaapeille lasketaan rakenneaika, mikä on kaapin suunniteltuun valmistukseen kuluva aika. Tämän perusteella tuotannosuunnittelija määrittää sille aloitus- ja tuotannosta valmistuspäivän. Noin viikkoa tai kahta ennen työn aloitusta, tuotannosuunnittelija katsoo materiaalitalanteen. Myöhässä tulevista tai puuttuvista materiaaleista ilmoitetaan eteenpäin. Kaikkien materiaalien pitäisi olla tuotannon käytävissä heti, mutta materiaalien puuttuminen on yleistä. Työt ovat usein tehtävissä pitkälle testausvaiheeseen, vaikka materiaalipuutoksia olisi. Jos kaikki on kunnossa, työ voidaan vapauttaa tuotantoon. Tällöin suunniteltu työmääräin muuttuu tuotannon työmääräimeksi. Tästä käytetään myös pelkkää nimitystä työmääräin tai määräin. Työmääräimessä on työlle määritelty operaatioita. Määräimessä on oltava aina yksi operaatio. Sillankaapin työmääräimessä ovat keräys-, valmistus- ja testioperaatiot, sekä tarvittaessa c-testioperaatio. Jokaisen operaation valmistuttua, työntekijä kuittaa operaation tehdyksi.

### 3.2 Keräys

Keräysvaihe on yksinkertaisin vaihe kaapinvalmistuksessa. Tuotannosuunnittelijan vapauttaessa kaapin se siirtyy varastotyöntekijöiden työjonoon. Sieltä kerääjät saavat tulostettua työmääräimen, jonka avulla itse keräys voidaan aloittaa. Komponentit kerätään osin automaattivarasto-järjestelmästä. Varastoautomaatti mahdollistaa useamman työn keräämisen samaan aikaan. Se myös helpottaa materiaalien saldojen seuraamista. Osa materiaaleista ei sovellu säilytettäväksi varastoautomaatissa. Materiaalit ovat esimerkiksi liian isoja (kotelot, asennuslevyt), niitä kuluu isoja määriä (ruuvit, mutterit jne.) tai niitä kuluu todella vähäisiä määriä (töille erikseen ostettavat erikoisosat). Osa näistä materiaaleja hallinnoidaan kanban-järjestelmällä, osaa taas seurataan manuaalisesti työntekijöiden toimesta. Varastotyöntekijät keräävät työn komponentit kärryihin, jotka työntekijä sitten voi hakea tarpeen mukaan. Varasto kuittaa lopuksi keräyksen valmistumisen SAP:iin.

### 3.3 Valmistus

Valmistusvaiheessa työntekijät kokoavat sillankaapin ja tekevät sähkökytkennät. Työn on ns. ”kylmäasennusta” eli valmistusvaiheessa kaappia tai sen komponentteja ei missään vaiheessa kytketä sähkövirtaan. Työntekijöitä on yleensä yksi tai kaksi sillankaappia kohden. Tämä riippuu sillankaapin rakennejasta, koosta, työtilanteesta ja resursseista. Valmistus voidaan jakaa useampaan työvaiheeseen (kuva 4).

<b>201011047</b>			
<b>Työ</b>		<b>Aika/h</b>	<b>Yht.</b>
Kalustus		<b>13,08</b>	
Johdotus	Levy 1	<b>11,84</b>	
	Levy 2	<b>13,87</b>	
	Levy 3	<b>0,00</b>	
<b>Yht.</b>			<b>38,79</b>
Letkan kasaus		<b>2,39</b>	<b>41,18</b>
Letkan kalustus		<b>2,22</b>	<b>43,40</b>
Väljohdotus		<b>10,27</b>	<b>53,67</b>
Laipat&Pistoke		<b>2,62</b>	<b>56,29</b>
Optiot	SWAY Lämmittimet LEDit	<b>4,63</b>	<b>60,92</b>
Maadoitukset		<b>1,54</b>	<b>62,45</b>
Torvi		<b>0,75</b>	<b>63,20</b>
Loppuasennukset		<b>10,05</b>	<b>73,25</b>
<b>Yht.</b>			<b>73,25</b>

Kuva 4. Rakenneaika-lapun kansi. Työn numero, työvaiheet ja niiden rakenneaika.

Työntekijä kuittaa työn aloituksen SAP:iin ja aloittaa valmistuksen kalustamisella. Hän kerää komponentit ja asennuslevyt, joihin komponentit kiinnitetään sähkökuvien layoutin mukaan. Komponentit kiinnitetään erilaisten kiskojen avulla, jotta vältetään suora kosketus komponenttien ja asennuslevyn välillä. Tämä vaihe kestää sitä kauemmin mitä enemmän asennettavia levyjä ja komponentteja kaappiletkaan menee. Levyjen määrät vaihtelevat yleensä 1-4 levyn välillä, yksi per kotelo. Tämä vaihe on yksinkertainen ja lyhyt kestoaltaan.

Johdotuksessa asennetaan ja kytketään yhden asennuslevyn komponenttien väliset johdot. Johdotus vie selvästi enemmän aikaa kuin kalustus. Johdotusta tehdään levy kerrallaan omissa johdotuspisteissä, joissa on säädettävä johdotuspöytä. Johdotuksessa seurataan sähkökuvien ohjetta. Tämä on ensimmäinen työvaihe, jossa yleensä työntekijät huomaavat suunnitteluvirheitä.

Letkan kasauksessa muodostetaan kaappiletka. Työntekijä kokoaa työlle tarvittavat kotelot halutunlaiseksi letkaksi. Pääsääntöisesti letkoja on yksi, pituuden vaihdellen metristä 12 metriin. Joskus letkan ollessa pitkä voidaan letka jakaa kahteen osaan. Näin menetellään yleensä isojen H15-letkojen kanssa, jolloin tapana on ottaa jarruvastuskotelot omaksi letkakseen. Letkan kalustuksessa asennuslevyt asennetaan kotelojen sisälle. Letkojen kasaus ja kalustus on yleensä lyhyt ja helppo operaatio.

Välilyhdoituksella tarkoitetaan letkaan asennettujen asennuslevyjen välistä kytkemistä. Jos yhdistyspisteitä on paljon, kytkemistäkin on paljon ja työvaihe voi olla pitkä. Välilyhdotus vaikeutuu aina mitä enemmän johtoja on vedettävä ja kuinka täynnä kaapit ovat komponentteja.

Laippoja asennetaan tarvittaessa koteloiden välille ja letkanpäättyihin. Tämän avulla letkasta saadaan tiivis. Pistokkeita asennetaan tarpeen mukaan virran. Optiot ovat erilaisia lisävarusteita, kuten SWAY (heilunnanesto), lämmittimet, puhaltimet, ja valot. Optiot on voitu lisätä jo aiemmassakin työvaiheessa, mutta ne merkataan erikseen rakenneaika-lapussa. Tässä vaiheessa lisätään myös torvi ja tehdään maadoitukset. Viimeisenä vaiheena hoidetaan loppuasennukset. Tähän kuuluu esimerkiksi ovien asennukset, tarrojen tai kilpien kiinnitys ja kaapin puhdistus. Lopuksi työntekijä kuittaa valmistusoperaation valmiiksi.

### 3.4 Testaus

Valmiit sillankaapit menevät aina testiin, jonka jälkeen ne ovat valmiita lähetettäväksi. Sillankaappeja testataan erilaisilla ohjelmilla ja käyttäen erilaisia testimoottoreita. Testissä sillankaappeihin kytketään virta ensimmäisen kerran. Testi korjaa mahdolliset virheet, olivat ne sitten tuotannosta tulleita sisäisiä (esim. asennusvirheet) tai ulkoisia (esim. suunnitteluvirheitä) virheitä. Testityöntekijät myös ajavat parametreja tarvittaville osille, ottavat tarvittaessa valokuvia ja merkkäavat sarjanumeroitavia osia SAP:iin. Lopuksi testioperaatio kuitataan ja valmis sillankaappi työnnetään testisolun vieressä sijaitsevaan pakkaamoon.

Osa sillankaapeista kuitenkin jatkaa matkaansa testistä vielä c-testiin. C-testissä kootaan tilauksen kaikki komponentit testattavaksi. Näin voidaan varmistua, että kaikki komponentit toimivat yhdessä halutulla tavalla. C-testi tehdään yleensä vaativimmille töille, joissa saattaa olla automaatiota, useita nostimia tai erilaisia laatustandardeja (esim. ydinvoimaloiden nostimet).

### 3.5 Palkkiopalkka

Sähkölaitetehtaalla on käytössä tuottavuuspohjainen palkkiopalkkajärjestelmä. Palkka koostuu kiinteästä- ja muuttuvasta-osuudesta. Muuttuvaosuus lasketaan kahden viikon välein. Se lasketaan laskemalla sähkölaitetehtaan tuottavuutta. Tuottavuutta lasketaan töille kuitatuista tunneista ja niiden suhteesta töiden rakenneaikaan. Näiden avulla joka työlle saadaan tuottavuuslukema, joiden avulla saadaan koko sähkölaitetehtaan kokonaislukema. Sähkölaitetehtaan tavoite on 1,1. Tuottavuusluku määrää palkan muuttuvan osuuden määrän.



## 4 LEAN

Tässä kappaleessa käydään läpi lyhyesti Lean-tuotannon ja ajattelun teoriaa. Erityisesti keskitytään virtauksen osa-alueeseen, ja miten sen teoria sopii sillankaappien valmistukseen. Myös Hämeenlinnassa jo käytössä olevia Lean-työkaluja esitellään kappaleessa.

### 4.1 Leanin määritelmä

Leanin voi määritellä eri tavoin, ja siitä puhutaan johtamisstrategiana, -filosofiana ja ajatteluna, sekä Lean-prosessijohtamisena ja myös Lean-tuotantona. Lean ei kuitenkaan keskity nimenomaan vain johtamiseen tai tuotantoon. Jotkut pitävät sitä vain tiettyjen menetelmien käyttämisenä. Osalle se taas on strategia, joka sisältää kaiken organisaatiossa tapahtuvan työn. Leanista on tullut todella muodikas, ja sen hyödyllisyydestä ja hyödyttömyydestä on useita mielipiteitä. (Alsterman ym., 2018, 1-3.)

Leanin avulla pyritään parantamaan asiakastytyväisyyttä ja laatua, samalla pienentäen kustannuksia ja lyhentämään tuotannon läpimenoaikoja. Juuri läpimenoaikojan leikkaaminen on yksi Konecranesin nimeämistä tavoitteista. Leanin historia alkaa Toyotan autotehtailta Japanista, jotka taas saivat innoitusta Henry Fordin autotehtailta Amerikasta. (Sixsigma [www-sivut](#).)

### 4.2 Kaizen ja kanban

Leanilla on muutamia pääajatuksia tai toimintamalleja, joita hyödynnetään jo Konecranesilla. Kaizenia eli jatkuvaa parantamista on käytetty Hämeenlinnan tehtaalla jo jonkin aikaa. Kaizenin yksi keskeisin työkalu on PDCA-sykli (Plan, Do, Check, Act), joka on näkyvin esimerkki Kaizenista Hämeenlinnan tehtaalla toiminnassa, sillä lähes joka osastolta löytyy omat PDCA-taulut. Syklissä ensin suunnitellaan (Plan) tehtävä muutos, joka johtaa jonkin asian paranemiseen. Sitten muutosta kokeillaan (Do), yleensä ensin pienessä mittakaavassa. Kokeilun jälkeen katsotaan mitä tuloksia saatiin

(Check). Tulosten perusteella tehdään tarvittavat toimenpiteet (Act). Toinen Konecranesilla käytössä oleva Leanin toimintamalli on Kanbaniin eli imuohjaukseen perustuva kahden laatikon varastojärjestelmä. Tätä käytetään Hämeenlinnan erityisesti tuotannossa käytettäville pienmateriaaleille (ruuvit, liittimet yms.).

### 4.3 Hukka

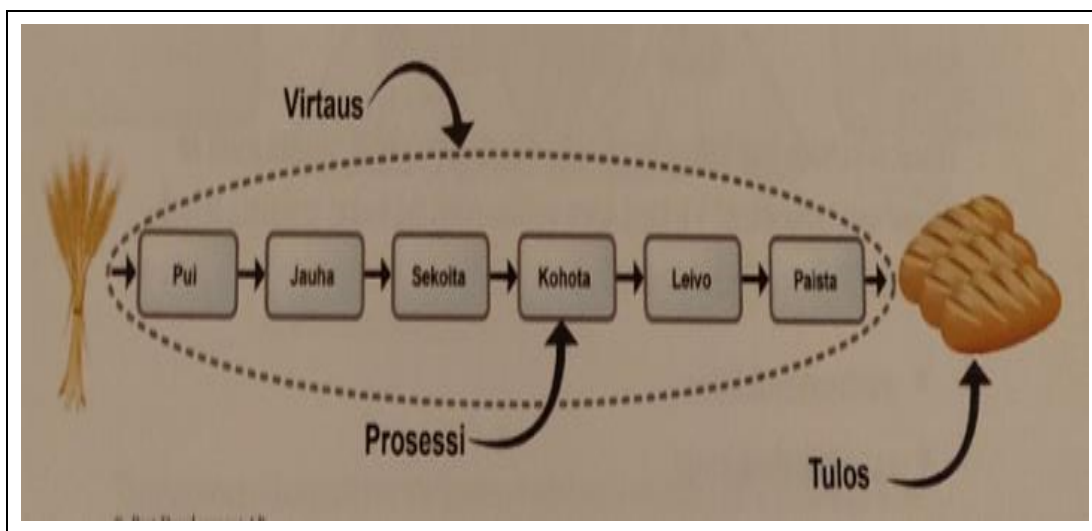
Lean-tuotannossa pyritään tekemään mahdollisimman oikein ja hyvällä laadulla, ilman sen määrittelemää seitsemää hukkaa eli yli-tuotantoa, häiriöitä, varastoja, yliprosessointia, kuljetusta, odottamista ja liikettä. Hukka on siis arvoa lisäämätöntä toimintaa. Kaikkea hukkaa ei voi aina välttää, mutta nämä turhuudet pyritään minimoimaan, sillä ne eivät tuota asiakkaalle arvoa. (Alsterman ym., 2018, 1-3.)

Seuraavia hukan muotoja esiintyy runsaasti sähkölaitteiden valmistuksessa. Odottelu tarkoittaa aikaa, jota ei voi käyttää työn tekemiseen. Tuotannossa tätä aiheuttavat puuttuvat materiaalit ja suunnitteluväen odottelu ongelmatilanteissa. Kaikki tämä odotus pidentää läpimenoaikaa, eikä odotus tuota asiakkaalle tai seuraavalle prosessille arvoa. Ongelmatilanteissa viitataan tässä tapauksessa sillankaapeista löytyviin suunnittelu virheisiin, eli häiriöihin. Tällaisten virheellisten tuotteiden korjaamiseen kuluu ylimääräistä aikaa. Tämä työ ei tietenkään luo arvoa asiakkaalle tai yritykselle itselle. Kolmas yleisesti löytyvä hukan muoto on ylimääräinen varastointi. Varastointia tapahtuu sähkölaitetehtaalla useampaan kertaan, joka on turhaa työtä. (Alsterman ym., 2018, 149-159.)

### 4.4 Virtaus

Virtauksella tarkoitetaan Leanissa tuotteen liikkumista eri prosessien välillä (Womack – Jones 2003, 39). Tässä opinnäytetyössä siis tutkitaan sillankaapin (tuote) liikkumista tuotannon prosessien (varasto, tuotanto ja testi) välillä. Sillankaapin prosessi on oikeasti alkanut jo ennen tuotantoa ja jatkuu vielä kuljetuksen muodossa tuotannon prosessien jälkeenkin. Tätä on havainnollistettu kuvassa 5, jossa tuotteena leipä. Jotta tuotanto olisi mahdollisimman virtaavaa, ensin pitäisi kaikki ei arvoa tuottavat prosessit

saada minimoitua tai hävitettyä. Näiden toimien jälkeen voi jäljelle jääneitä arvoa lisääviä prosesseja alkaa kehittämään (Powell, henkilökohtainen tiedonanto, 8.12.2020). Virtaus on helpompi saavuttaa, mikäli tuotteet ovat samanlaisia (Womack ym. 2003, 22–23.). Tämä ei päde sillankaappien tapauksessa, vaan tuotevalikoima vaihtelee. Prosessit pysyvät kuitenkin pääosin samoina, mittakaava ja työaika on muuttuva.



Kuva 5. Prosessit osana virtausta (Alsterman ym., 2018, 159.)

Virtauksen tulisi tuottaa arvoa asiakkaalle ja olla tehokas, näin siitä saavat maksimaalisen arvon niin asiakas, kuin prosesseissa olevat sidosryhmät. Opinnäytetyön virtauksessa sillankaapin pitäisi siis tuottaa arvoa asiakkaalle virtaamalla tuotannon läpi mahdollisimman nopeasti ja laadukkaasti. Samalla jokaisen prosessin pitäisi toimia tehokkaasti ja toimittaa seuraavalle prosessin osalle eli sisäiselle asiakkaalle sen tarvitsema tuote. (Alsterman ym., 2018, 1-3.)

Sähkölaitteiden tuotannossa esiintyy ainakin seuraavanlaisia hukkia ja ongelmia, jotka estävät hyvän virtaavuuden. Materiaalipuutteita ja suunnitteluvirheitä esiintyy usein. Tällöin materiaalivirta ja virtaus ei luonnollisesti ole toimiva. Kapasiteetti ja asiakastarve eivät kohtaa, erityisesti asiakastarve heilahtelee rajusti viikottasolla. Asiakastarpeen raju kasvu aiheuttaa myös pullonkauloja tuotantoon. Kapasiteettia ja asiakastarvetta voi yrittää hallita tasapainottamalla työkuormaa. Materiaalipuutteita ja virheiden

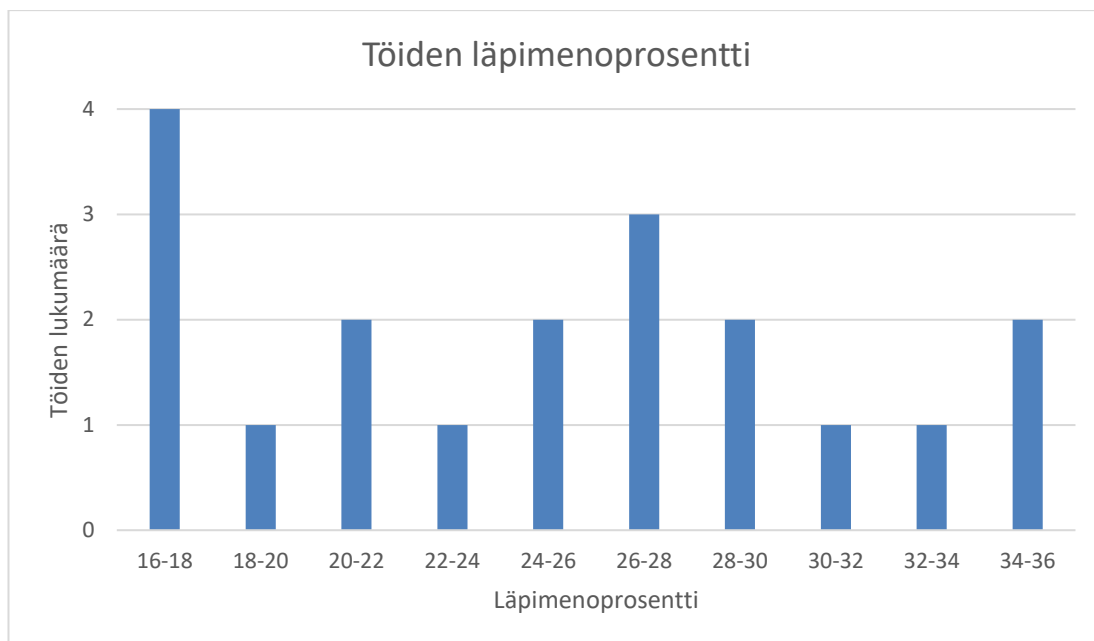
esiintymistä voi vähentää implementoimalla Lean periaatteista materiaalihallinnan ja suunnittelun prosesseihin. (Alsterman ym., 2018, 197-233.)

## 5 TAUSTATUTKIMUS JA KEHITYSKOhteet

Tässä kappaleessa kerrotaan, miten virtauksen parantamiseksi alettiin tehdä taustatutkimusta, ja mitä haluttiin saada tiedoksi. Samalla selvitettiin tarkemmin mitä ongelmia pitäisi ratkoa. Tutkittavat asiat ja ratkottavat ongelmat päätettiin pääasiassa keskusteluista esimiehen ja työkollegoiden kanssa, ja heidän kanssaan sovittiin mitä tietoa kerätään ja mitä ongelmia haluttiin ratkaista.

### 5.1 Mittarin valinta

Ensimmäiseksi selvitettiin, miten virtausta päästään mittaamaan. Yhteistyössä kollegoiden ja kehitysinsinöörin kanssa päädyttiin mittaamaan sillankaappien läpimenoaika. Läpimenoaika on kaapin tuotannossa viettämään aika. Aika otetaan väliltä kaapin keräilyn kuittaminen valmiiksi – testin valmistumisen kuittaus. Aikaa mitataan työpäiviltä kellon ympäri. Nämä ajat on helppo ottaa SAP:ista ja ovat tarkkoja. Sillankaapeille päätettiin määrittää läpimeno-prosentti, joka saadaan jakamalla sillankaapin rakenneaika sen tuotannossa viettämällä kokonaisajalla. Prosenttilukua haluttiin käyttää koska tuotevalikoima vaihtelee suuresti. Esimerkkinä eräs työ oli rakenneajaltaan 37 tuntia. Se oli valmiiksi kerättynä 22,3 tuntia ennen kuin se aloitettiin tuotannossa, tuotannossa se oli 54,1 tuntia, kunnes se kuitattiin valmiiksi, testistä se valmistui 71,6 tunnin jälkeen. Yhteensä tämä 37 tunnin rakenneajan omaava kaappi oli tuotannossa yhteensä 148 tuntia. Tästä saadaan läpimeno-prosentti kaavalla  $37 / 148 * 100\% = 25\%$ . Vastaavat laskelmat tehtiin 19 sillankaapille ja keskiarvoksi saatiin 25,2 läpimeno-prosentti. Kuviossa 1 nähdään näiden 19 työn läpimeno-prosenttien jakautuminen.



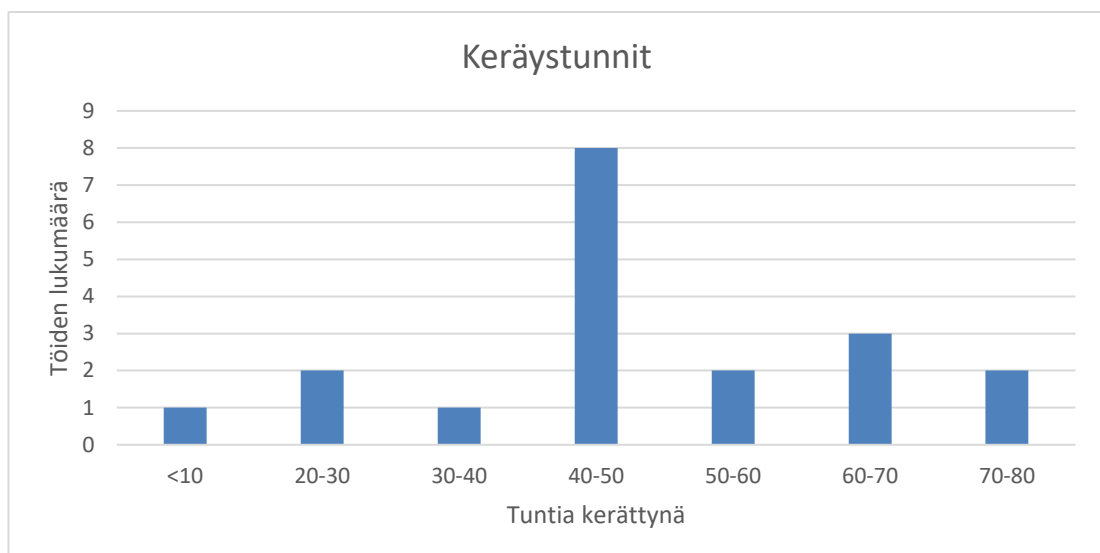
Kuvio 1. Töiden läpimenoprosentit ennen

Tutkimuksessa selviää, kuinka kauan työ on ollut kerättynä, tuotannossa ja testissä. Töistä laskettiin myös siihen käytetyt varsinaiset työtunnit ja tuottavuus. Tarkemmat tulokset ovat nähtävillä liitteessä 1. Tutkijan kollega haki edellisten viikkojen aikoja SAP:ista ja ajoi niille samoja laskelmia viikko tasolla. Läpimenoprosentin keskiarvo vaihteli 25 – 30 prosentin välillä. Esimiehen kanssa yhdessä sovittiin, että tämän perusteella nykyinen läpimenoprosentti on 25 – 30 prosentin tasolla, jota halutaan lähteä parantamaan.

## 5.2 Varaston kehitys

Kokemuksesta tiedettiin, että yksi virtauksen parantamisen kohde on töiden keräys operaatio. Keräys operaatio on helppo ja yksinkertainen, mutta sen virtaavuuteen ei ole aiemmin kiinnitetty huomiota. Aiemmin varaston keräilyjen suorittamista ei valvottu juuri lainkaan. Varsinainen keräilytyö on hyvin toimiva, johon ei koettu tarvittavan parannusta. Varasto työ on myös hyvin standardimaista, työskentely on hyvin rutiininomaista eikä se eroa sillankaappien tuotevalikoiman vaihtuessa. Automaattivarasto auttaa varastohenkilökuntaa keräämään tehokkaasti halutut komponentit. Varastotyöntekijät ovat olleet myös työssä pitkään, ja ovat hyvin kokeneita. Se milloin sillankaappeja kerätään, osoittautui kuitenkin ongelmaksi virtauksen kannalta. Aikaisemmin sillankaappeja kerättiin varastoon valmiiksi puskuriin, josta tuotannon

työntekijät sitten hakivat uuden työn itselleen. Hyvä puoli tässä oli, että sillankaappeja oli aina valmiina seuraavaa vaihetta varten. Varastotyöntekijöiden oli helppo pitää puskuria yllä ja pystyivät itse suunnittelemaan koska keräys tehtäisiin. Huonoa virtauksen kannalta on erityisesti puskuri. Puskuriin kerätyt komponentit kerätään kärryihin, jotka taas vievät tilaa varastossa. Kun keräys kuitataan SAP:issa, siihen kerätyt materiaalit on sidottu tuohon työhön. Jos esimerkiksi kerättyyn työhön on kerätty kaikki varastossa olevat muuntajat ja yhtäkkiä ilmeni tarve korvata testissä rikkoutunut muuntaja, muuntajan ”lainaaminen” keräystä työstä aiheuttaa ylimääräistä työtä. Varaston työntekijä ei myöskään tiedä koska mikäkin sillankaappi menee seuraavaan vaiheeseen, tai mikä sillankaapeista on kiireisin ja pitäisi kerätä ensin. Tutkimuksessa selvisikin, että sillankaapit ovat kerättynä pitkään ja toisaalta vaihtelevan ajan (kuvio 2). Jatkossa haluttiin sillankaapin lähtevän mahdollisimman pian tekoon keräilyn valmistumisesta.



Kuvio 2. Keräystunnit ennen

### 5.3 Tuotannon kehitys

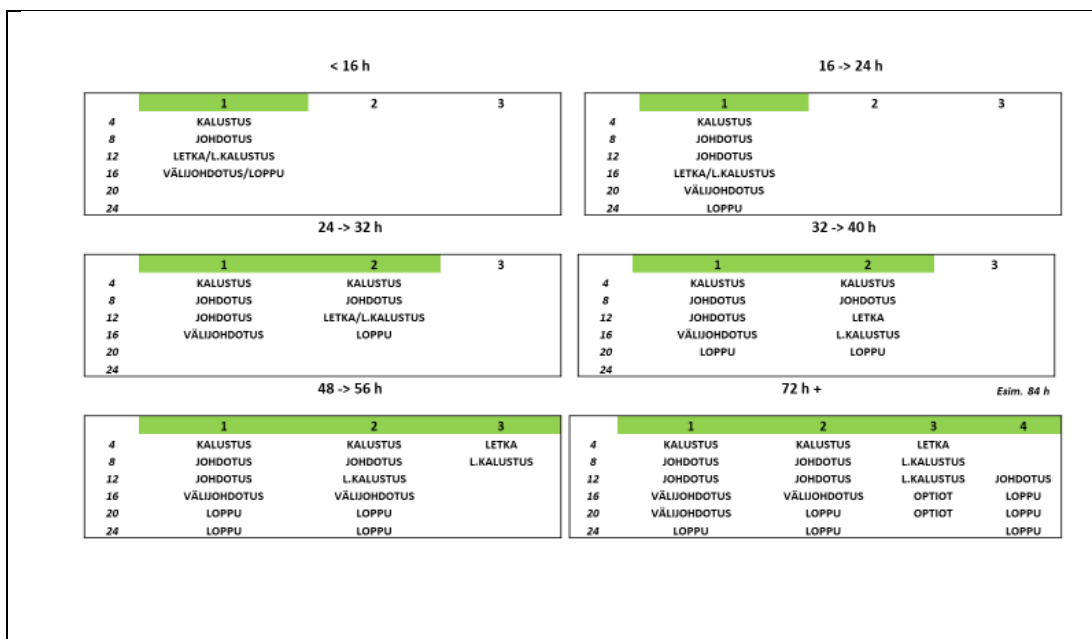
Tuotannossa ongelmat virtauksen suhteen eivät olleet niin selviä kuin varastossa. Sillankaappien tuotannossa löytyi muutamia ongelmia, mutta tutkiminen oli selvästi haastavampaa kuin varaston toiminnan osalta. Tämä johtuu osittain tuotevalikoiman ja asiakastarpeen suuresta vaihtelusta. Jos kaikki sillankaapit olisivat samanlaisia ja niitä olisi jokin vakiomäärä, niiden valmistuksesta olisi helpompaa löytää toistuvia ongelmia ja parannuskohteita. Myös työntekijöiden erilaiset työtavat vaikeuttavat

ongelmien löytämistä. Ihmiset tekevät eri työvaiheet eri tavoin, joten eri ihmisillä on eri ongelmia tuotteen valmistuksessa. Nämä tuotteiden ja työtapojen vaihtelut tekivät tuotannosta vaikean tutkimuskohteen. Tutkimuksessa päädyttiinkin tutkimaan tuotannon virtausta perehtymällä tutkittavien töiden tuotannossa oloaikaan. Aiemmin sähkölaitetehtaalla oli ajatus tuotannon jakamisesta pienempiin osiin ja työn vaiheistamiseen. Nämä työvaiheet on selitetty luvussa 3.3. Tuotannon vaiheistaminen on kuitenkin jätetty ajatuksen tasolle.

Yksi selvä ratkaisu lisätä virtausta ja parantaa läpimenoa olisi käyttää yhteen työhön useampaa työntekijää. Suurien ja vaativien töiden kohdalla oli jo aiemmin käytetty kahta tai kolmea työntekijää. Tämäkään työtapa ei ole standardoitua, vaan sitä tehtiin tarvittaessa ja työkuorman niin salliessa. Työntekijät myös ilmaisivat huolensa ryhmätyöskentelyn vaikutuksesta tuottavuuteen (eli heidän palkkaansa). Olisi siis tutkittava mikä olisi hyvä määrä työntekijöitä per työ, jotta tulos olisi optimaalinen.

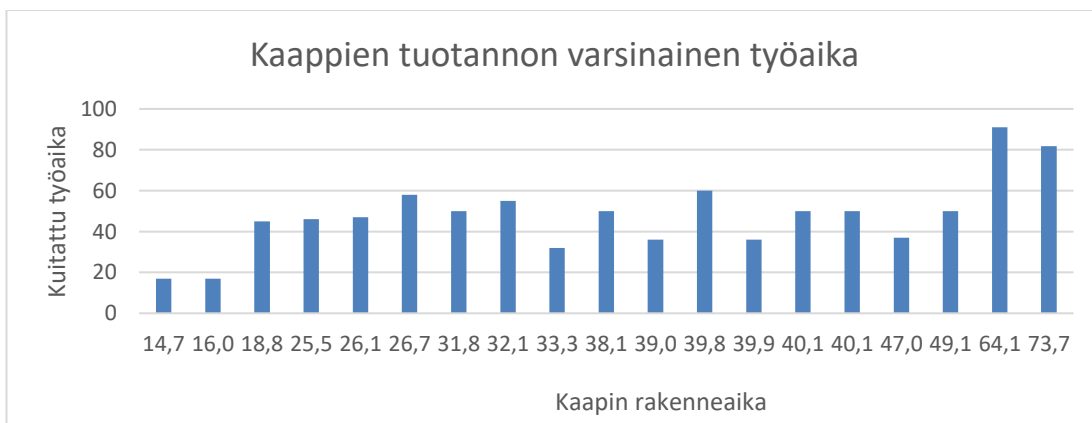
Työntekijöiden määrää per työ voitiin arvioida jo etukäteen perustuen sillankaapin rakenteeseen ja rakenneaikaan. Kuten kuvasta 4 näkee, sillankaapin eri työvaiheita olisi mahdollista jakaa. Oli heti selvää, että pieniä sillankaappeja, yleensä yhdestä tai kahdesta kotelosta koostuvia, ei kannata tehdä pari työnä. Koettiin että kaksi tekijää ei voi jakaa töitä tehokkaasti, ja työskentely pienen kaapin ympärillä kävisi ahtaaksi. Suurempien ja useampia johdotettavia levyjä sisältävien kaappien jakaminen olisi hyvä vaihtoehto. Työkollegan kanssa tehtiin malleja erilaisten töiden jakamisesta, joista sitten tehtiin ehdotukset eri rakenneajan omaaville sillankaapeille (kuva 6). Jako perustui pitkälti johdotettavien levyjen määrään.





Kuva 6. Sillankaappien vaatima työntekijä määrä, töiden jaottelu ja työaika

Pääasiassa läpimenoa olisi mahdollista lyhentää laittamalla toinen tekijä tekemään sillankaapin loppuvaiheita, sillä välin kun toinen työntekijä johdottaa levyä. Koska töiden tuotannossa viettämä aika on sidottu sillankaapin rakenneaikaan, kokoon ja ominaisuuksiin, ei tutkituista töistä saatuja tuotannon tuloksia voi verrata mihin tahansa työhön. Vertaillen tulevia tuloksia, olisi tärkeää tuotannon osuuden kohdalla huomata vertaillaanko samankaltaisia töitä. Näitä samankaltaisuuksia voidaan löytää vertailemalla kaapin koolla ja rakenneaajalla. Kuviossa kolme esitellään 19 tutkittua työtä niiden rakenneaajan ja niihin käytettyjen työtuntien perustuen. Käytetyt tunnit ovat siis aikaa, jolloin työtä on oikeasti tehty. Jos työtä on tehnyt useampi työntekijä, on työtunnit laskettu yhteen.

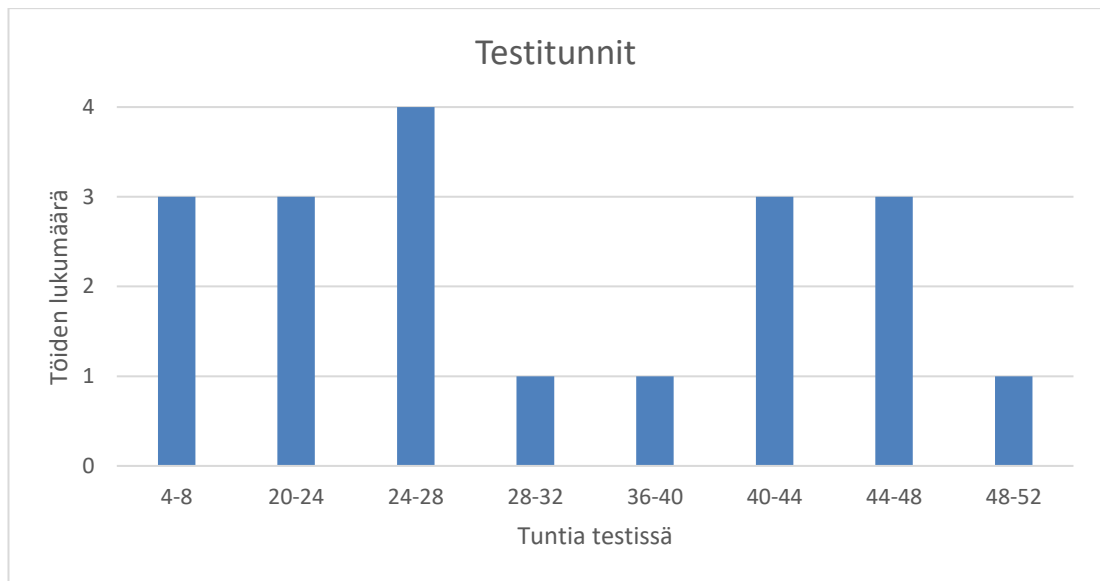


Kuvio 3. Tuotannon työtunnit ja rakenneaajat

#### 5.4 Testin kehitys

Kollegoiden kanssa huomattiin, että testi operaation virtausta on vaikea saada parannettua. Testissä on mahdollista testata enintään neljää työtä kerralla. Tämä johtuu testialueen ahtaudesta, testipukkien lukumäärästä ja työn vaativuudesta johtuvasta työntekijöiden vähydestä. Oli selvää, että tilaa emme voisi luoda testille lisää tilaa, emmekä kouluttaa lisää testaajia tutkimuksen tarpeisiin. Lisäksi testi hoitaa sillankaappien lisäksi muidenkin tuotteiden testausta. Tuotteiden testaamiseen kuluvia aikoja oli myös tutkittu todella vähän, joten kovin selvää lähtötasoa testin pituudelle ei voitu asettaa. Yksi ongelma on kuitenkin ollut selvä, ja se oli testin odotus. Kuin varastossa, myös testissä ilmeni töiden seisomista. Koska testin kapasiteetti on pieni ja asiakas-tarve vaihtelee, välillä testiin voi valmistua suuri määrä töitä pienessä ajassa. Silloin testi ei saa tuotetta yhtä nopeasti ulos kuin tuotanto sitä valmistaa, ja tuotannon tiloihin kertyy useita valmiita kaappeja odottamaan testiä. Tämä johtaa tilanpuutteeseen niin tuotannossa kuin testissäkin.

Toinen ongelma on testissä havaitut virheet. Osa virheistä on nopea löytää ja korjata itse. Osa taas on vaikea löytää ja vaikea korjata. Pahimmassa tapauksessa virhettä esitettiin monta tuntia, sitten kysytään tukea esimerkiksi sähkösuunnittelusta. Sähkösuunnittelu, joka saattaa sijaita Intiassa tai Kiinassa, kysyy tarkennuksia asiakkaalta. Lopulta tiedetään mitä vialle pitää tehdä. Ehkäpä tarvitaan kokonaan uusi komponentti, joka taas pitää ostaa vielä erikseen. Koko tämän prosessin ajan sillankaappi on testissä, aiheuttaen ruuhkaa ja hukkaa. Tuotanto toimii samaan aikaan, eli uusia töitä kertyy taas jonoon. On syntynyt pullonkaula. Sillankaappien testissä viettämä aika, joka on erittäin vaihtelevaa, on esitetty kuviossa 4.



Kuvio 4. Sillankaappien testissä viettämä aika.

## 6 VIRTAUSKOKEILU

Kun taustatutkimus oli tehty ja alustavat ratkottavat ongelmat oli löydetty, edettiin seuraavaan vaiheeseen. Esimiehen kanssa sovittiin, että lähtisimme rohkeasti kokeilemaan uusia työskentelytapoja. Virtauskokeilu päädyttiin aloittamaan pikimmiten tuotannossa. Tässä kappaleessa kerrotaan, miten virtauskokeilu aloitettiin, miten se eteni ja esitellään siitä saatuja tuloksia.

### 6.1 Tuotannon toiminta

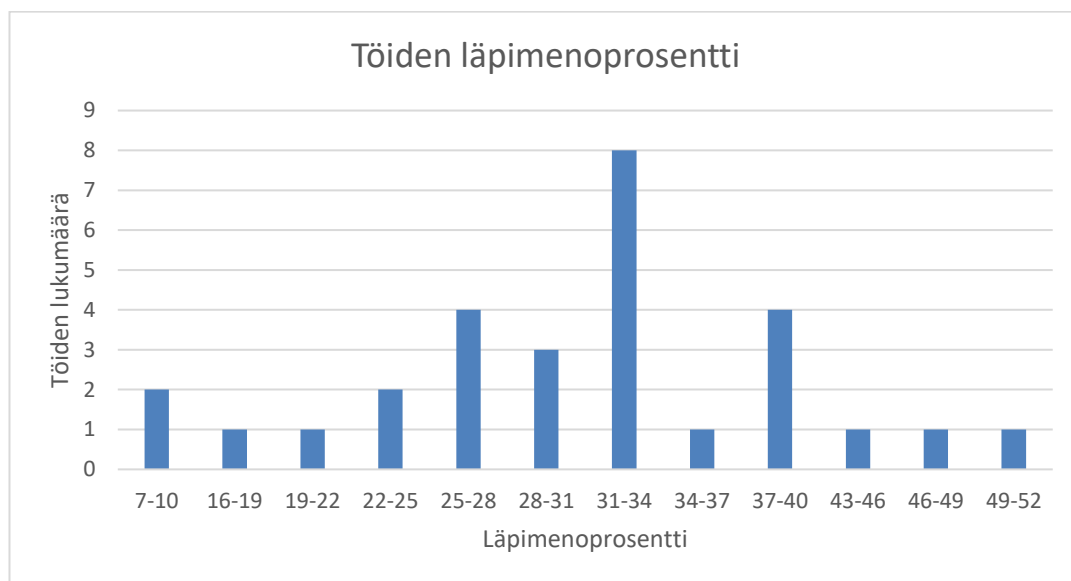
Aluksi kokeiluun otettiin pieni ryhmä tuotannon työntekijöitä. Työntekijät olivat vapaaehtoisia, ja heille luvattiin pieni korvaus kokeiluun lähtemisestä. Heidät myös irrotettiin palkkiopalkkajärjestelmästä kokeilun ajaksi. Erityisesti pienryhmällä haluttiin selvittää sen alustavia vaikutuksia läpimenoprosenttiin, sekä varmistaa että kuvan 5 työvaiheiden jaottelu olisi toimiva. Ryhmään otettiin 7 henkilöä, joista haluttiin muodostaa kaksi paria ja yksi kolmen hengen ryhmä. Heille annettiin ohjeet tehdä työ mahdollisimman virtaavasti, jakaen työtehtäviä oman näkemyksensä mukaan. Työntekijöille jaettiin laput, joihin he merkkaisivat mitä työn vaihetta kukin työntekijä teki. Ryhmälle oli valittu erilaisia töitä, jotta voisimme vertailla niitä kokeilua ennen tehtyihin samanlaisiin töihin.

Ryhmältä kyseltiin päivittäin, miten työt edistyvät ja pyydettiin antamaan palautetta. Suullinen palaute oli suurimmaksi osaksi positiivista. Keskusteluista pystyi nostamaan muutamia teemoja:

- parityöskentely ei ollut kenellekään uutta ja sen koettiin toimivan hyvin
- huolena pidettiin työtapojen erilaisuutta. Entä jos joutuu työskentelemään jonkun kanssa, joka tekee työvaiheita eri lailla.
- pienten kaappien kohdalla toinen pareista jää nopeasti ylimääräiseksi tilanpuutteen takia
- työvaiheiden jakaminen koettiin positiivisena

Myös työvaiheiden jako näytti onnistuneen. Vertaillessa täytettyjä seurantalappuja kuvan 5 jaotteluun, oli nähtävissä selviä yhtäläisyyksiä. Työntekijät kertoivat työvaiheiden jaottelun tulevan myös aika luontaisesti työn lomassa.

Pienryhmä teki yhteensä 29 työtä uudella tavalla. Työt edustivat hyvin sillankaappien tuotevalikoimaa. Rakenneajat vaihtelivat 22 tunnista (2,6 metrin sillankaappi) 100 tuntiin (6 metrin biomassanosturin sillankaappi). Töissä oli mukana erikoisominaisuuksilla varustettuja sillankaappeja ja kaikkia mahdollisia kotelokokoja. 29 työlle tehtiin samat laskelmat kuin ennen kokeilua tutkituille 19 kaapille. Ennen kokeilua tutkittujen töiden läpimenoprosenttien keskiarvo oli 25,2 prosenttia. Nyt kokeilussa 29 työlle saatiin keskiarvoksi 30,7 prosenttia (kuvio 5). Ennen kokeilua parhaimmillaan päästiin 35,6 prosentin läpimenoon, nyt 40 läpimenoprosentti ylittyi kolmella työllä. Työtapa ja tulokset koettiin hyväksi, joten se otettiin käyttöön kaikkien tuotannon työntekijöiden osalta kokeilun ajaksi. Kokeilun ajaksi palkkiopalkka jäädettiin koko tuotannon työntekijöille.



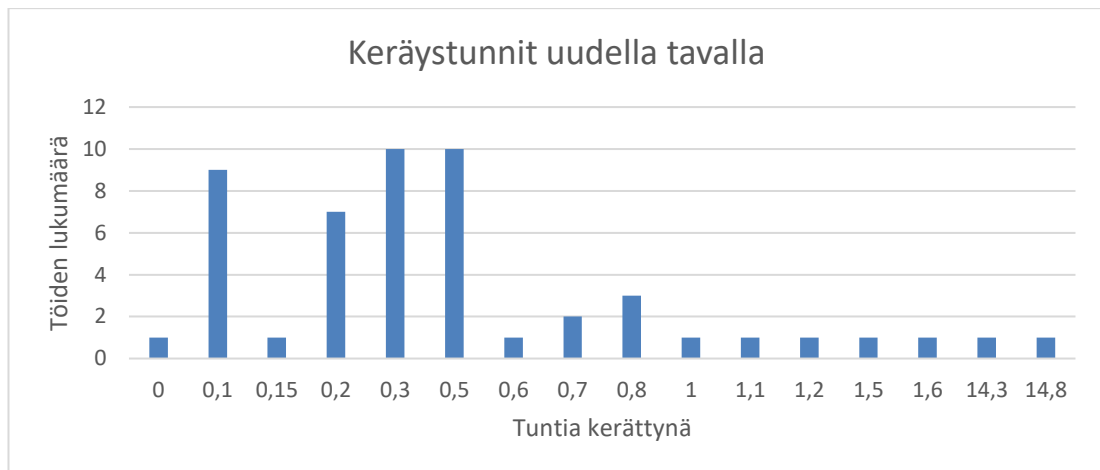
Kuvio 5. Töiden läpimenoprosentti pari- ja ryhmätyöskentelyn kanssa.

Hyvien tuloksien lisäksi mukana tuli myös huonoja tuloksia. Kahden pienen sillankaappin läpimenoprosentiksi jäi alle 10 prosenttia. Näiden kahden työn kohdalla syynä oli liian aikainen kerääminen ja töiden suunnitteluvirheet. Sillankaapit oli kerätty valmiiksi, jolloin läpimenoaika lähtee heti juoksemaan. Pienen rakenneajan sillankaapeissa jalostamaton työaika vaikuttaa suuresti läpimenoprosenttiin, siksi olisi erityisen

tärkeää saada ne heti työn alle. Lyhyen rakenneajan tuotteissa virheet siis korostuvat enemmän kuin pitkissä. Nämä lyhyet työt jäivät vielä aloittamatta, sillä tuli työnsuunnittelusta tuli tieto niiden suunnitteluvirheistä. Kaappeja ei voitu aloittaa ennen kuin virheet oli korjattu ja työntekijöille oli uudet korjatut sähkökuvat. Kun kaikki työntekijät otettiin mukaan, valmistui 29 sillankaapin jälkeen vielä 51 sillankaappia. Näiden sillankaappien tulokset ovat nähtävissä luvussa 7.1.

## 6.2 Varaston toiminta

Kun tuotannosta oli saatu halutut tulokset, haluttiin seuraavaksi ottaa mukaan varasto. Sillankaappien keräyksen haluttiin ajoittuvan mahdollisimman lähelle tuotannon oikeaa tarvetta. Tuotannossa on käytössä magneettitaulu, johon tuotannontyöntekijät arvioivat työn valmistumispäivämäärää päivän tarkkuudella. Tuo taulu olisi kuitenkin liian epätarkka, sillä kaappi voisi valmistua heti aamulla tai vasta iltapäivästä. Kehityksinsinöörin kanssa keskusteltaessa esiin tuotiin idea varaston viereen sijoitettavasta tussitaulusta, johon tuotannontekijä voisi itse mennä merkkamaan tarkan ajankohdan, kun tarvitsee seuraavan sillankaapin. Varastotyöntekijöiden mielestä idea oli hyvä, kunhan itse työn keräykselle jää riittävä aika. Varastotyöntekijät voisivat myös suunnitella koska tekevät muita heille kuuluvia työtehtäviä. Tuotannon työntekijöiltä kysyttiin onnistuisiko työn valmistumisen arvioiminen tarkemmin kuin päivän tarkkuudella. Suurin osa arvioi, että pystyisi arvioimaan ainakin noin puolen päivän tarkkuudella työn valmistumisen. Näiden kommenttien perusteella otettiin varastolle uusi toimintamalli, ja sillankaappeja kerättäisiin vain tuotannon tarpeisiin. Ongelmana tästä voisi olla keräyksen myöhästyminen, jolloin taas tuotannontekijä ei voi aloittaa heti uutta työtä. Ongelmaa ei pidetty silti suurena, sillä työntekijä voisi mennä avustamaan toisia siksi aikaa, tai tehdä muita tuotannon tehtäviä kuten siivousta yms. Kuten tulokista voi nähdä (kuvio 6), uusi keräilytapa toimi erinomaisen virtaavasti.

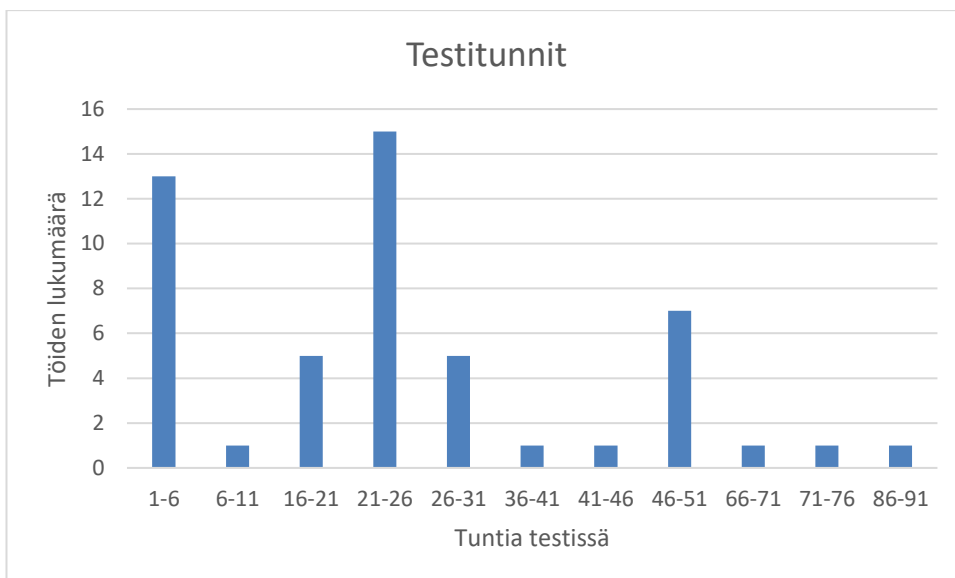


Kuvio 6. Keräystunnit uudella tavalla keräten.

Vanhan ja uuden keräystavan ero on todella merkittävä. Vanhalla tavalla työt olivat kerättyinä keskimäärin 48 tuntia, kun uudella tavalla keskiarvo on alle tunnin. Työt lähtevät käytännössä heti tekoon niiden keräyksen valmistumisesta. Muutaman kerran varastohenkilökunta tuli kertomaan, että töiden keruuseen ei jäänyt tarpeeksi aikaa. Usein näissä tapauksissa varastolla oli kerättävänä muita töitä, kerättävä työ oli työläs tai varastossa oli muuten kiireistä. Uusi keräystapa ei ollut virheetöntä, mutta ottaen huomioon tavan oleva uusi, koettiin keräily toimivan hyvin. Ajan saatossa uuteen tapaan totuttaisiin ja se toimisi saumattomasti.

### 6.3 Testin toiminta

Testissä muutokset virtauksen edistämiseksi olivat melko huomaamattomia. Ainoa toimenpide oli ohjeistus testaajille, että sillankaappi pitäisi yrittää saada mahdollisimman nopeasti testiin tuotannosta valmistumisen jälkeen. Ennen kokeilun aloittamista sillankaapit viettivät testissä keskimäärin 29 tuntia. Pienryhmä vaiheessa testivaiheen läpimenoajat kasvoivat, keskiarvon ollessa 49 tuntia. Tuona aikana testissä oli paljon töitä ja vähän testaajia, joten sinne syntyi ruuhkaa ja testin ajat pidentyivät reilusti. Kun taas keräys ja koko tuotanto otettiin mukaan, myös testistä saatiin hyviä tuloksia (kuvio 7).



Kuvio 7. Töiden testissä viettämä uudella tavalla.

Verratessa uusia tuloksia kuvion 4 vanhoihin tuloksiin, nähdään tulosten parantuneen. Suurin osa töistä saadaan testistä läpi noin vuorokaudessa. Kuviossa 7 näkyy silti, että välillä testissä kestää todella pitkään. Kokeilun aika testissä oli välillä ruuhkaa ja töistä löytyi suunnitteluvirheitä, niistä ei päästy siis eroon. Ruuhkan syntyminen on kuitenkin epätodennäköisempää virtaavalla tavalla tehtäessä. Kun tuotannossa valmistetaan vähemmän töitä kerralla, niitä myös syntyy testiin vähemmän kerralla. Tällöin testillä olisi ainakin mahdollisuus välttää töiden kertyminen testiin.

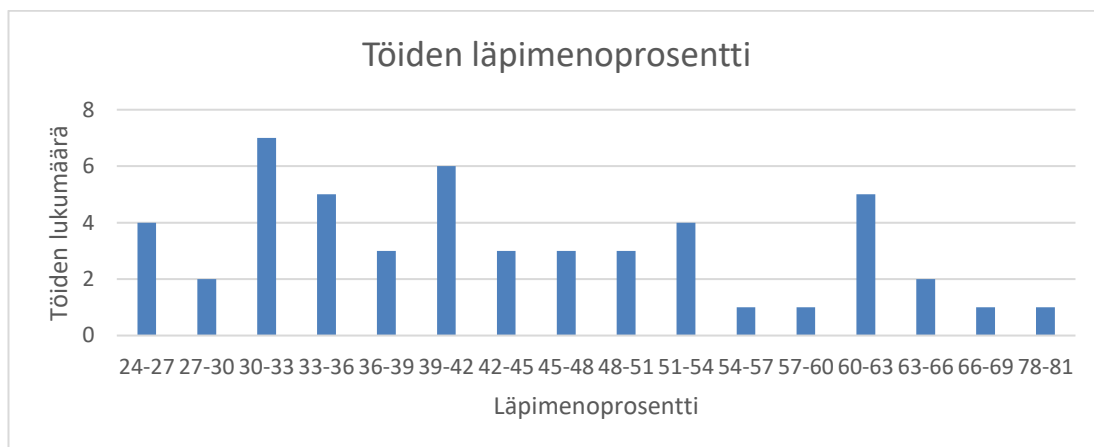


## 7 KOKEILUN TULOKSET JA SEURAUKSET

Kappaleessa kerrotaan virtauskokeilun kokonaistuloksesta ja sen kautta löytyneistä ongelmista. Tämän jälkeen kerrotaan lyhyesti, miten sähkölaitetehtaan tuotannossa jatkettiin aiheen kehitystä ja käyttöönottoa.

### 7.1 Kokonaistulokset

Tutkimuksessa haluttiin parantaa sähkölaitetehtaan sillankaappien läpimenoaikaa. Tämä läpimenoaika on sidoksissa sillankaapin rakenneaikaan, joka on muuttuva. Siksi alussa sovittiinkin mitattavan tätä läpimenoa prosenteissa. Parannusta lähdettiin hakemaan parantamalla kolmea tuotannon operaatiota: keräystä, valmistusta ja testiä. Jokaisesta operaatiosta saatiin karsittua ylimääräistä jalostamatonta työaikaa pois. Tutkimuksen aikana valmistettiin 51 sillankaappia, joiden läpimeno prosentit on esitetty kuviossa 8. Nämä on siis tehty kaikkien operaatioiden ja työntekijöiden ollessa kokeilussa mukana.



Kuvio 8. Töiden läpimeno prosentit virtauskokeilun aikana.

Uudella virtaavalla tavalla sillankaappien keskimääräinen läpimeno prosentti oli 43,9 prosenttia, vanhalla tavalla läpimeno oli noin 25-30 prosenttia. Parannusta tapahtui melkein 15 prosenttia. Tulokset olivat myös nousujohteisia. Kokeilun ensimmäiset 17 työtä menivät läpi 35,7 prosentin keskiarvolla, seuraavat 17 44,7 keskiarvolla ja loput 51,3 keskiarvolla. Tutkimus osoitti selkeästi, että uudella tavalla tuotannon läpimenoaikoja on mahdollista lyhentää. Tulokset olivat rohkaisevia ja seuraavaksi alettiin miettiä, miten uusi tapa voitaisiin ottaa käyttöön vakituisesti.

## 7.2 Uuden tavan implementointi ja sen ongelmat

Sähkölaitetehtaalla oli ennen painotettu tuottavuuden merkitystä. Palkkajärjestelmä on vahvasti sidottu tuottavuuteen ja alusta asti yksi työntekijöiden huoli on ollut uuden työtavan palkkavaikutukset. Myös esimies on pitänyt asian esillä, sillä muutosta ei voitaisi toteuttaa ilman työntekijöiden sitoutumista uuteen työtapaan. Jotta tätä ongelmaa päästäisiin ratkaisemaan, alettiin miettiä uusia palkkamalleja.

Ensin piti asettaa tuotannolle jokin tavoite, joka ajaisi virtauksen parantamiseen. Tähän selvä vastaus oli läpimenoprosentti. Aiemmin oltiin 25-30 prosentin tasolla. Uudeksi tavoitteeksi otettiin 45 prosentin läpimeno. Tähän päädyttiin virtauskokeilun tuloksien perusteella. 45 prosenttia vastaisi siis tuotannon vanhaa 1,1 tuottavuuslukema tavoitetta. Palkkauksessa läpimenoprosentit suhteutettaisiin palkan muuttuvan osuuden mukaan. Ajatuksena oli, että aluksi tuotannossa voitaisiin käyttää 50/50-palkkamallia. Siinä puolet muuttuvasta osuudesta tulisi vanhan tuottavuuspohjan mukaan, toinen puoli uuden virtaustavan mukaan.

Esiteltäessä virtauskokeilun tuloksia ja ehdotusta ottaa työtapa palkkoineen käyttöön, työntekijät eivät olleet täysin sen kannalla. Kun verrattiin viikkokohtaista muuttuvaa palkan osaa, virtauskokeilun ensimmäisiltä viikoilta työntekijät olisivat saaneet enemmän rahaa vanhalla tuottavuuteen perustavalla laskentatavalla. Tämä aiheutti paljon negatiivista palautetta. Koska myös tuottavuuslukema oli nousussa ennen kokeilua, koettiin että työntekijät saisivat huonompaa palkkaa, jos siirryttäisiin uuteen tapaan. Jos virtaustuloksia verrataan vuoden 2019 keskiarvoon, 50/50 palkkamallilla olisi vain kerran päästy tuon keskiarvon yli, eli työntekijöillä oli aiheellinen huoli. Työntekijät nostivat myös esiin erilaisia ongelmatapauksia, joiden vaikutusta ei ollut tutkittu. Esiin nostettiin esimerkiksi, miten otetaan huomioon erilaiset suunnitteluvirheet, mitä tehdä, jos joku on pois eikä työvaiheeseen saa apua ja miten materiaalipuutteet otetaan huomioon.

Työtavasta itsestään ei löydetty vastustettavaa, mutta kaikenlaiset kysymysmerkit sen ympäriltä olisi poistettava ensin. Koska näitä kysymysmerkkejä vielä oli, ei tapaa voitaisi ottaa kokonaisuudessaan käyttöön. Työntekijöiden esiin nostamia ongelmia mietittiin yhdessä kollegoiden ja esimiehen kanssa. Joihinkin löydettiin ratkaisut ja ne olisi

helppo toteuttaa ja esittää työntekijöille. Osa jäi ratkaisematta, osa taas vaatisi tutkimista ja aikaa, osaan taas ei keksitty ratkaisua. Suurimmaksi ongelmaksi jäi kaikkia tyydyttävän palkkajärjestelmän luominen. Lopulta virtaukseen perustuva työmalli jätettiin odottamaan aikaa, jolloin sen tutkimiseen ja implementointiin olisi enemmän resursseja.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

### 8.1 Johtopäätökset

Tutkimuksessa pyrittiin tutkimaan tuotannon virtauksen parantamista ja sen myötä tuotteiden läpimenon parantamista. Tutkimuksessa onnistuttiin todistamaan, että sähkölaitetehtaalla pystyttiin leikkaamaan sillankaappien läpimenoaikaa keskimäärin 15 prosenttia. Muutos saatiin aikaan verrattain nopealla aikataululla ja pienin muutoksin. Huomionarvoista oli myös tuloksien jatkuva paraneminen tutkimuksen edetessä. Työtavan vakiintuessa virtauksen voi olettaa parantuvan entisestään.

Tutkimuksessa tuotannon työvaiheita ei ollut mahdollisuutta tutkia syvemmin ja etsiä niistä muita kehityskohteita. Työn vaiheistamisen, tehtaan layoutin muutoksen ja työtapojen standardisoinnin tapaisten Lean-ajattelun mukaisten muutosten tuominen toisi varmasti omat etunsa virtauksen parantamiseen. Varaston toiminta saatiin toimimaan hyvin virtaavasti, eikä sen toiminnasta löytynyt suuria ongelmia. Testi operaatiota taas oli vaikea saada virtaavaksi, mutta siihen olisi mahdollista saada parannusta parantamalla sitä edeltäviä työvaiheita. Testille olisi mahdollista vapauttaa enemmän tilaa tuotannosta, jos itse tuotanto vaihe pyörii paremmalla virtauksella, eikä tuotannossa ole niin monta työtä samaan aikaan työn alla. Tuotantoon saatiin siis pienillä helposti toteutettavilla muutoksilla positiivinen muutos läpimenoaikaan.

### 8.2 Toimenpide-ehdotukset

Isoin ongelmana virtaukselle on tuotannonvaiheiden epäjärjestys. Standardisoituja työtapoja ei ole tai niiden noudattaminen on vaihtelevaa (vaihtelu – virhe – vika – hukka). Eri työvaiheisiin pitäisi pureutua ja tutkia mikä on paras tapa tehdä kukin työvaihe ja tehdä siitä tavasta standardi. Tämä ei ole helppoa sillä työvaiheita ei seurata tarpeeksi tarkasti. Ehkä olisi syytä jakaa tuotannon työvaihe pienempiin työvaiheisiin. Tätä kautta saataisiin tuloksia missä työvaiheista esiintyy eniten vaihtelua. Työvaiheiden ja työtapojen parantamista voisi yrittää siirtymällä enemmän linjastomalliseen työntekoon, jossa työntekijät pysyvät pisteissään ja tuote liikkuu tuotantoketjun läpi.

Nyt sekä tuote että työntekijä liikkuvat koko ketjun läpi. Kun yksi työvaihe toteutetaan samojen ihmisten toimesta samalla tavalla eri töille, on helpompi löytää paras standardoitava työtapa. Saattaa tosin myös olla, että tuotannosta tulisi muutosvastarintaa tällaista työtapaa vastaan. Lean on helppo nähdä konsulttien ja johdon ”hölynpölynä”.

Toinen ongelma tuotannon virtaavuudelle on toimitusketju. Tutkimuksen teko hetkellä Lean-ajattelua ja -tuotantoa on ajettu nimenomaan tuotantoon. Jotta tuotanto voi toimia virtaavasti, Lean-toimintamallia pitäisi ottaa käyttöön myös tuotantoa edeltävissä toiminnoissa. Tuotannon virratessa se tarvitsee tukea nopeammin esimerkiksi suunnittelulta ja materiaalihallinnolta, jotta virtaus ei keskeydy. Lean-ajattelua pitäisi saada käyttöön koko toimitusketjulle, nyt ketju alkaa vasta tuotannosta. Tuotevalikoiman vaihtelu, kiireelliset tilaukset, laatu- ja materiaali virheet olisi myös ratkaistava, sillä ne vaikuttavat virtaukseen negatiivisesti. Erityisesti materiaali puutteet ja suunnitteluvirheet aiheuttavat odotusta tuotantoon. Odotus on Leanin mukaan hukkaa, josta olisi päästävä eroon.

### 8.3 Toteutuksen arviointi

Opinnäytetyö oli haastava. Tutkimuksen teko oli mielenkiintoista, mutta prosessi oli aika raskas. Samalla piti hoitaa ja opetella omia töitä. Tutkimus kuitenkin onnistui näyttämään sen mitä siltä odotimme. Sähkölaite tehtaassa tuotteiden läpimenoaika on mahdollista parantaa panostamalla virtaukseen. Pienillä tehdyillä toimenpiteillä saatiin osaan prosesseista jo selvä vaikutus. Jos tutkimusta aiheesta voisi tehdä kokonaispäättävää ja useamman henkilön voimin, siitä saisi paljon enemmän irti. Virtauksen kehittämässä on varmasti runsaasti potentiaalia sähkölaitteiden valmistuksessa.

## LÄHTEET

Alsterman, H., Blücher, D., Broman, M., Johansson, O., Lundström, T., Olsson, B. & Petersson, P. 2018. Lean - muuta poikkeamat menestykseksi. Bromma, Part Media.

Konecranes. 2018. Vuosikertomus 2018. Pdf-dokumentti. Konecranes sisäinen verkko.

Nicholas, J. 2010. Lean production for competitive advantage: A comprehensive guide to lean methodologies and management practices. Productivity Press.  
<https://ebookcentral.proquest.com/lib/samk/detail.action?docID=5338532>

Powell, J. 2020. Lean consult, Project7 Consultancy. Hämeenlinna. Henkilökohtainen tiedonanto 8.9.2020.

Sixsigma www-sivut. Viitattu 12.12.2020. <http://www.sixsigma.fi/>

Womack, James P. - Jones, Daniel T. 2003. Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation. USA.

