



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

OLLI KULMALA  
SÄHKÖSOLUN KOKOONPANOJEN TULEVAISUUDEN SUUNNI-  
TELMA JA TUOTANTOYMPÄRISTÖN TOTEUTUS

Diplomityö

Tarkastaja: Professori Kari Koskinen  
Tarkastaja ja aihe hyväksytty  
Kone- ja tuotantotekniikan tiedekun-  
taneuvoston kokouksessa 9. syys-  
kuuta 2015

## TIIVISTELMÄ

**OLLI KULMALA:** Sähkösolun kokoonpanojen tulevaisuuden suunnitelma ja tuotantoympäristön toteutus  
Tampereen teknillinen yliopisto  
Diplomityö, 49 sivua, 3 liitesivua  
Syyskuu 2015  
Kone- ja tuotantotekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma  
Pääaine: Tuotantotekniikka  
Tarkastaja: professori Kari Koskinen

Avainsanat: Lean, Ulkoistaminen, Tuotanto

Tämä diplomityö tehtiin Sandvik Mining and Construction Oy:n Tampereen toimipisteeseen ja sen tarkoituksena oli kehittää sähkösolun toimintaa. Sähkösolun nimikkeitä ulkoistettiin ja toimintaympäristöä paranneltiin, minkä seurauksena poralaitteiden sähkökokoonpanojen välistä vaihtelua saatiin kavennettua laitetyyppien välillä. Volyymlaitteiden vaihtelua saatiin pieneneväksi noin 40% ja uuden sukupolven Bedrock-laitteiden vaihtelu lähes poistettua.

Työssä esitellään tuotannon ulkoistamista, lean filosofiaa sekä layout suunnittelua, joista esitellään ne osa-alueet joita diplomityössä on käytetty hyväksi. Tuotannon ulkoistaminen käsittelee yleisesti minkä takia tuotannon ulkoistamista tehdään ja mitä sillä pyritään saavuttamaan. Lean filosofian esittelyssä on paneuduttu eri työkaluihin, joilla hukkaa saa poistettua tehokkaasti. Tämän lisäksi siinä esitellään leanin kahdeksan erilaista hukkaa.

Käytännön vaihe jakautuu kahteen vaiheeseen, joista ensimmäinen käsittelee ulkoistettavien nimikkeiden valintaa. Valinta toteutettiin haastatteluilla sekä analysoimalla ERP-dataa, joiden avulla saatiin selville eniten kokoonpanoon vaikuttavat nimikkeet, jotka voidaan ulkoistaa. Toisessa vaiheessa paneuduttiin sähkösolun toimintaympäristön kehittämiseen, johon oleellisena osana kuuluu myös layout-muutos.

## ABSTRACT

**OLLI KULMALA:** Plan for assembly future and production environment implementation in electric cell

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 49 pages, 3 Appendix pages

September 2015

Master's Degree Programme in Mechanical engineering and Industrial systems

Major: Production engineering

Examiner: Professor Kari Koskinen

Keywords: lean, production, outsourcing

This Master of Science thesis was made in Sandvik mining and construction Oy's site in Tampere. Its purpose was to improve electric cell's functions. Titles were outsourced and production environment was improved. This results less variation between electric assemblies to different types of drilling equipment. Basic drilling devices assembly time variation were reduced 40% and new generation Bedrock-devices assembly time variation were removed.

Thesis presents outsourcing of production, lean philosophy and layout planning. These headings are presented by those chapters that are used in this thesis. Production outsourcing presents mainly why one wants to outsource and what one wants to get with it. The lean philosophy chapter presents different tools that are made to reduce waste. In addition it introduced eight types of waste that are used in lean.

Practical part of thesis separates in two different parts. First part introduces choosing titles for outsourcing. Deciding was made with interviews and analyzing ERP-data. Interviews and ERP-data give titles that can be outsourced and what effect they have to assembly times. Second part focused improving electric cells production environment, with includes layout-chance.

## ALKUSANAT

Diplomityö Sandvikillä tuntui luonnolliselle jatkumolle omaa kesätöiden putkea Sandvikillä, joka alkoi jo kesänä 2006. Tämän jälkeen olen tutustunut eri kesien aikana monesta eri kulmasta maanalaisen puolen tuotantoon, joten oli hienoa saada mahdollisuus toteuttaa oma diplomityö sähkösoluun. Sähkösolun toiminta oli tullut jo tutuksi edelliseltä kesältä, kun olin toiminut heidän työnjohtajanaan, joten kaikkea ei tarvinnut opetella alusta. Pitkä historia Sandvikillä on myös helpottanut työskentelyä, sillä useimmat henkilöt jotka olivat työn etenemisen kannalta tarpeellisia, olivat jo ainakin naamalta tuttuja. Diplomityön aihe oli erittäin laaja ja haasteellinen, joka lisäsi omaa motivoitumista työn valmiiksi saattamiseen.

Haluan kiittää professori Kari Koskista, sekä Hasse Nylundia, jotka ovat koulun puolesta tukeneet omaa onnistumistani tämän työn suhteen. Suuri kiitos kuuluu tietenkin Kimmo Pekkalalle, joka toimi Sandvikillä työn ohjaajana. Lisäksi haluaisin kiittää muuta ohjausryhmää Lasse Raitasta, Tero Kankkusta, Ville Kulmalaa ja Sami Heikkilää, jotka mahdollistivat työn etenemisen aikataulussa.

Tampereella, 25.8.2014

Olli Kulmala

## SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO .....	1
1.1	Yritysesittely .....	1
1.1.1	Sandvik AB .....	1
1.1.2	Sandvik Mining and Construction Oy Tampere .....	2
1.2	Työn taustat .....	3
1.3	Työn tavoitteet ja rajaukset .....	3
1.4	Käytetyt tutkimus- ja kehitysmenetelmät.....	4
2.	ULKOISTAMINEN TUOTANNOSSA .....	6
2.1	Ulkoistamisesta yleisesti .....	6
2.2	Miksi ulkoistaa .....	6
2.3	Ydinsaaminen.....	8
2.4	Päätöksenteko tuotannollisessa ulkoistuksessa .....	9
3.	LEAN FILOSOFIAN SOVELTAMINEN .....	11
3.1	Hukat .....	11
3.2	5S.....	13
3.3	Just in time ja imuohjaus.....	16
3.4	Kaizen.....	16
3.5	Team leader .....	17
4.	LAYOUT SUUNNITTELU .....	18
4.1	Syitä muuttaa layouttia.....	18
4.2	Eri tyyppiset layoutit .....	19
4.2.1	Linja .....	19
4.2.2	Funktionaalinen layout.....	20
5.	NYKYTILA ANALYYSI.....	22
5.1	Solussa tehtävät työt sekä niiden ohjaus .....	22
5.1.1	Sähkökeskus (210-vaihe) .....	22
5.1.2	Sähköohjaus (220-vaihe).....	23
5.1.3	Palautusautomaattikka .....	23
5.1.4	Vika- ja ylivirtasuojakeskus.....	23
5.1.5	Muut työt.....	24
5.1.6	Kittitoimitukset ja varaosatyöt .....	24
5.2	Työnvaiheet .....	24
5.3	Solun ulkoinen logistiikka.....	26
5.3.1	Soluun saapuva materiaali .....	26
5.3.2	Solusta valmistuvien töiden logistiikka .....	27
6.	ULKOISTETTAVIEN NIMIKKEIDEN VALINTA .....	29
6.1	Aloituspalaveri .....	29
6.2	Haastattelut.....	30
6.3	Työkuorman jakautuminen .....	32

6.4	Laitetyypin vaikutus työkuormaan.....	33
6.5	Nimikkeiden valinta .....	35
6.6	Yhteenveto ulkoistettavista nimikkeistä.....	36
6.7	Tulosten esittely asentajille .....	37
7.	TUOTANTOYMPÄRISTÖN SUUNNITTELU .....	38
7.1	Palaveri asentajien kanssa .....	38
7.2	Solukoordinaattorin työnkuva .....	39
7.3	Alustavan layoutin valinta.....	39
7.4	Kehitysryhmän valinta ja tulokset.....	40
7.5	Layoutmuutoksen suunnittelu .....	41
8.	TUOTANTOYMPÄRISTÖN TOTEUTUS .....	43
8.1	Muutokset ennen uutta layouttia .....	43
8.2	Layoutmuutos.....	43
8.3	Tuotantoympäristön viimeistely.....	44
9.	TULOKSET .....	45
10.	JATKOTOIMENPITEET .....	47
11.	YHTEENVETO .....	48
	LÄHTEET .....	49

LIITE A: PROJEKTISUUNNITELMA

LIITE B: VANHA LAYOUT

LIITE C: UUDISTETTU LAYOUT

## LYHENTEET JA MERKINNÄT

SAT	Satelliittikokoonpano, jolla tarkoitetaan ulkoista laitteiden kokoonpanoa
ERP	Tuotannonohjausjärjestelmä
DD-laite	Kallionporauslaite
DL-laite	Pitkäreiän porauslaite
DS-laite	Pultituslaite
DTi-laite	Tunnelijumbo
BR-laite	Uuden Bedrock-tuoteperheen poralaite
VYK	Vika- ja ylivirtasuojakokoonpano
JIT	Just in time
BOM	Bill of materials, lista josta näkee kaikki kokoonpanon materiaalit
SF	Surface drilling, maanpäällisten poralaitteiden puoli
UG	Underground drilling, maanalaisten poralaitteiden puoli

# 1. JOHDANTO

Tässä luvussa esitellään kohdeyritys, johon diplomityö on tehty. Lisäksi luvussa esitellään työn aihe, tavoitteet ja rajaukset. Lopuksi käydään läpi työssä käytetyt tutkimusmenetelmät.

## 1.1 Yritysesittely

Sandvik on kansainvälinen korkean teknologian teollisuuskonserni, jonka tuotteet ovat markkinajohtajia Sandvikin valikoimilla toimialoilla. Tässä kappaleessa tarkastellaan ensin Sandvik-konsernia, sekä tarkemmin Sandvik Miningia, jonka alle Myllypuron tehdas nykyisin kuuluu. Luvussa 1.1.2 esitellään vielä tarkempia tietoja Tampereen tehtaasta.

### 1.1.1 Sandvik AB

Sandvik on perustettu vuonna 1862, ja nykyisin se työllistää yli 47000 työntekijää maailmanlaajuisesti. Vuonna 2013 konsernin liikevaihto oli yli 87 biljoonaa ruotsin kruunua, josta voittoa on kertynyt yli 8 biljoonaa ruotsin kruunua.

Sandvikin liikeideana on kehittää, valmistaa ja markkinoida pitkälle jalostettuja tuotteita, joiden avulla parannetaan asiakkaiden tuottavuutta ja kannattavuutta. Toiminnot on keskitetty alueille, joilla Sandvik on maailman johtava yritys, tai sillä on mahdollisuus kehittyä maailman johtavaksi yritykseksi.

Visiona on toimintaa ohjaava lause: We set the industry standard, joka tarkoittaa Sandvikin asettavan vertailutason, johon muut alalla pyrkivät. Tähän Sandvik pyrkii pääsemään niin oikeiden ihmisten, korkean teknologian sekä asiantuntemuksensa avulla.

Strategia on tiivistetty hyvin konsernijohtaja Olof Faxanderin lainaukseen: ”Sandvik pyrkii olemaan edelläkävijä ja johtaja niillä teollisuuden aloilla, joilla se toimii. Onnistuminen edellyttää tehokasta organisaatiota, joka pitää lupauksensa. Meidän on luotava sisäinen kulttuuri, joka tukee kannattavaa kasvua. Asetamme asiakkaan etusijalle.” (Sandvikin intranet, luettu 7.1.2015)

Ydinarvoina Sandvikilla ovat tällä hetkellä seuraavat:

- Asiakaskeskeisyys



- Sandvik haluaa jatkuvasti ylittää asiakkaidensa odotukset ja auttaa heitä menestymään liiketoiminnoissaan.
- Innovaatio
  - Sandvik muokkaa tulevaisuutta luomalla urauurtavia ratkaisuja kaikissa toiminnoissaan.
- Reilu peli
  - Liiketoiminta on vastuullista ja kestävän kehityksen periaatteiden mukaista.
- Voittamisen tahto
  - Sandvikilla on voittamisen halu ja taistelutahto saada yritys ykköseksi.

Yrityksen toiminta on jaettu viiteen osaan eri liiketoiminta alueiden mukaan:

- Sandvik Mining
- Sandvik Machining Solutions
- Sandvik Materials Technology
- Sandvik Construction
- Sandvik Venture

Tämä työ tehdään Sandvik Mining toimintoon, jota käsitellään tarkemmin seuraavassa kappaleessa.

### **1.1.2 Sandvik Mining and Construction Oy Tampere**

Tampereen tehdas on aiemmin perustettu nimellä Tamrock, joka eriytettiin Tampellan paineilmaosastosta omaksi itsenäiseksi yksiköksi vuonna 1969. Toiminta siirtyi Myllypuroon vuonna 1972, kun nykyinen tehdas valmistui. Tamrockin nimi poistui käytöstä vuonna 2006, kun yhtiön nimi muutettiin Sandvik Mining and Construction Oy:ksi.

Tampereen tehdas on jaettu kahteen osaan eri liiketoiminta-alueiden mukaan, jotka ovat Sandvik Mining ja Sandvik Construction. Tämä työ toteutetaan Sandvik Mining puolelle, joka keskittyy maanalaisiin poralaitteisiin. Yleisesti maanalaisesta puolesta käytetään nimitystä UG (underground drilling) ja maanpäällisestä puolesta käytetään nimitystä SF (surface drilling).

Tampereen tehtaalla toimitaan suunnittelun, tuotannon, hankinnan, oston ja markkinoinnin aloilla, joten tehdas toimii varsin itsenäisesti. Tuotannosta valmistuu asiakkaille toimitettavia poralaitteita, vara-osia sekä osatoimituksia suoraan asiakkaalle, tai toisille Sandvikin tehtaille.

Tampereen tehtaalla tehdään pääasiassa tunnelinporauslaitteita, pultituslaitteita sekä pitkäreikälaitteita. Edellä mainittujen poralaitteiden lisäksi Tampereella on kyky tehdä

myös muita kaivosteollisuuden tarpeisiin käytettäviä laitteita, joskin niiden tuotanto on huomattavan pientä. Tampereen tehtaalla on myös protolaitteiden tuotantoa.

## 1.2 Työn taustat

Työ tehtiin Sandvik Mining and Construction Oy:n Tampereen tehtaalle, jossa suurin tarve kehitykselle nähtiin sähkösoluun. Solun toiminta oli vuosien varrella ajautunut tilaan, jossa työn määrä vaihteli todella paljon kapasiteetin ollessa lähes vakio. Työn alkuvaiheessa solussa tehtiin kaikkea sähkökeskuksen ja kaapelikokoonpanon väliltä ja ulkoistettuna olivat pääsääntöisesti vain volyymituotantona olevat sähkökeskukset. Raja omalle tuotannolle ja ulkoa ostetulle tuotannolle ei ollut syntynyt harkitusti, vaan tilanteeseen oli päädytty kapasiteettiongelmiensa ratkaisemiseksi lyhyellä aikavälillä.

Sähkösolu kokoonpanee sähkökokoonpanoja maanalaisen puolen (UG) poralaitteisiin, jotka pitävät sisällään huomattavan määrän optioita. Optioiden tarve riippuu poralaitteen korkeudesta merenpintaan, porauslämpötilasta ja muista ympäristöön liittyvistä asioista, sekä eri maiden lainsäädännön vaatimista turvavarusteista. Lisäksi UG:lla tehdään poralaitteita eri käyttötarkoituksiin, kuten pitkäreiän porauslaitteita (DL), pultituslaitteita (DS), joilla vahvistetaan porattua tunnelia sortumien varalta, sekä tunnelijumboja (DD). Jokainen laitetyyppi eroaa sähkökokoonpanojensa osalta huomattavasti toisistaan, jolloin myös sähkösolussa laitteille tehtävät kokoonpanot ovat keskenään erilaisia.

Tuotannossa oli työn alussa noin viiden laitteen loppukokoonpanon aloitus joka viikko, joka tarkoittaa yhtä laitteen loppukokoonpanon aloitusta joka työpäivä. Koska poralaitteet valmistetaan pääsääntöisesti vain asiakastilauksille, ei eri laitetyyppien suhde viikkotasolla ole vakio. Poralaitteiden puomien liikkeitä ohjataan joko hydraulisesti tai sähköisesti. Sähkösolussa valmistetaan sähköohjattuihin poralaitteisiin ohjauslogiikka, ohjauspaneeli sekä vaadittavat haaroitusrasiat. Hydrauliohjattuihin poralaitteisiin sähkösolu valmistaa palautusautomaattikan, joka sisältää hydraulisen ohjauskeskuksen mittaripaneelit, sekä venttiilien ohjaukseen käytettävän logiikkapurkin.

Kaikkien edellä mainittujen asioiden summana sähkösoluun kohdistuva työkuorma vaihtelee viikkotasolla todella paljon. Tämä aiheuttaa ongelmaksi sähkösolun kapasiteettitarpeen ennustamisen, sillä kapasiteetin ollessa vakio, jäädytään välillä huomattavasti jättämälle ja toisina viikkoina taas töitä saattaa olla huomattavan vähän kapasiteettiin nähden. Työn alkaessa sähkösolussa oli huomattavasti jättämää.

## 1.3 Työn tavoitteet ja rajaukset

Tavoitteena työlle oli muuttaa sähkösolun toiminta niin hyväksi, ettei sen toiminnasta aiheudu pullonkaulaa tuotannolle. Sähkösolun kapasiteetin tulisi jatkossa pystyä vastaamaan asiakastarpeen mukaan varioituvasta työkuormasta ilman, että muu tuotanto joutuu odottamaan.

Työn aluksi tehtiin nykytilan tarkastelu, jossa käytiin läpi solussa tehtävät työt ja niiden varioituvuus. Lisäksi työssä selvitettiin solun nykyinen joustavuus, sekä tarkasteltiin mahdollisten ulkoistettavien nimikkeiden määrää. Mahdollisuutena nähtiin myös nykyisin ulkona tehtävien sähkökeskusten palauttaminen sähkösoluun. Osa töistä on pakko tehdä sähkösolussa, sillä niiden kokoonpanoon kuuluu ohjelmointivaihe. Ohjelmat ovat Sandvikin itsensä suunnitteleimia, joten niitä ei haluta luovuttaa ulkoisille toimittajille. Lisäksi kriittisten komponenttien sähkö tarkastaminen halutaan pitää itsellä.

Diplomityölle annettiin aikatauluksi valmistua kesäkuun loppuun mennessä, koska se haluttiin saada valmiiksi ennen kesälomakauden alkua. Tällä haluttiin varmistaa, ettei työn kannalta oleellisia henkilöitä olisi lomalla diplomityön aikana, mikä saattaisi vaikeuttaa työn etenemistä. Kuvassa 1 on esitelty tarkempi aikataulu työn etenemisestä.

2014/2015	Joulu	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä
Nykytilatarkastelu	■							
Analyysi ja suunnitelma		■						
Kokoonpanojen ulkoistus				■				
Tuotantoympäristön suunnittelu				■				
Tuotantoympäristön toteutus					■			

*Kuva 1. Diplomityön aikataulu*

Työ on rajattu siten, ettei tuotteiden rakenteisiin lähdetä tekemään suuria suunnittelumuutoksia, sillä diplomityö tulisi venymään huomattavasti mittavien suunnittelumuutosten takia. Diplomityöhön muutoksiin ei saatu suurta investointia, joten suuria kustannuksia aiheuttavia toimenpiteitä ei työn aikana haluttu lähteä toteuttamaan.

Työssä on tarkoitus koota tuotannonohjausjärjestelmästä (ERP) saatavasta tiedosta nimikkeet, joiden ulkoistuksella saataisiin sähkösolun työkuorma tasaantumaan eri laitetyyppien välillä. Työssä ei oteta kantaa ulkoistettavien nimikkeiden tuleviin toimittajiin, sillä Sandvikilla kaikki toimittajavalinnat tulee tehdä hankinnan toimesta. Täten ulkoistettavat nimikkeiden päättämisen jälkeen hankinta hoitaa kokoonpanojen ulkoistuksen. Sähkösolun pinta-alaa ei pystytty kasvattamaan uutta layouttia suunniteltaessa, joka asetti haasteita tuotantoympäristön rakentamiselle.

## 1.4 Käytetyt tutkimus- ja kehitysmenetelmät

Työ on jakautunut kahteen selkeään vaiheeseen, joita ovat ulkoistettavien nimikkeiden valinta ja -ulkoistus, sekä uuden toimintatavan/layoutin suunnittelu ja toteutus.

Nimikkeiden ulkoistamisessa tutkimusmenetelmiksi valikoitui nykytilan kartoitus, kirjallisuustutkimus sekä haastatteluiden avulla lopullisten toimenpiteiden valinta. Nykytilakartoituksessa pyrkimyksenä oli erottaa eri työt toisistaan ja paneutua miten ne käy-

tännössä tehtiin. Kun nykytilasta oli saatu riittävästi tietoa, siirryttiin tutkimaan kirjallisuudesta miten muualla on käsitelty ulkoistusta tuotannossa.

Kirjallisuudesta löytyi paljon tietoa, joskin täysin samanlaisesta tilanteesta oli vaikea löytää esimerkkejä. Kirjallisuustutkimus antoi kuitenkin paljon yleistietoa miksi ulkoistusta kannattaa tehdä ja mihin sillä voi vaikuttaa. Kirjallisuustutkimuksen jälkeen oli järkevää saada vielä tarkkaa tietoa juuri kyseisen solun ongelmista, joita ulkoistuksella pyrittiin korjaamaan. Ongelmien kartoitus ja tulevaisuuden tilan tavoitteita alettiin kartoittamaan haastatteleamalla henkilöitä, jotka ovat eri näkökulmista tekemisissä sähkösolun kanssa.

Haastatteluihin tarvittiin riittävästi eri näkökulmia, jolloin otannaksi valikoitui viisi henkilöä. Haastateltavina olivat työnjohtaja, valmistuspäällikkö, ostaja/töiden avaaja, sähkösuunnittelija sekä hankinnan edustaja. Kaikki haastattelut toteutettiin siten, että ensin henkilön kanssa käytiin läpi mitä haastattelulla pyritään saamaan aikaan ja tämän jälkeen heille lähetettiin alustavat kysymykset, joihin heillä oli muutama päivä aikaa tutustua ennen varsinaista haastattelua. Haastatteluihin varattiin tämän jälkeen tunti aikaa ja kysymyksiä alettiin käydä läpi järjestyksessä. Välillä keskustelua käytiin myös huomattavasti kysymysten ulkopuolelta, jolloin haastatteluilla saatiin kokonaisvaltaisempi näkemys kuin vain seuraamalla kysymyksiä.

## 2. ULKOISTAMINEN TUOTANNOSSA

Tässä luvussa käsitellään ulkoistamista tuotannossa. Ensimmäinen kappale esittelee yleisesti ulkoistamista. Toisessa kappaleessa käydään läpi syitä, joiden takia yrityksen tulisi harkita ulkoistamista. Kolmannessa kappaleessa käsitellään yrityksen ydinosaamista, sekä kerrotaan miten se on huomioitava ulkoistamisen yhteydessä. Neljäs kappale käsittelee päätöksentekoa ulkoistamisprosessissa.

### 2.1 Ulkoistamisesta yleisesti

Nykyään ulkoistaminen on tärkeä strateginen kysymys yritykselle, riippumatta onko yritys yksityinen vai julkinen. Tärkeimpänä asiana useat organisaatiot näkevät kysymyksen: Mitkä funktiot tulisi pitää itsellä ja mitkä pitäisi ulkoistaa? (Cheshmberah & muut, 2010).

Ulkoistamisella tarkoitetaan yleisesti tuotteen tai jonkin funktion ulkoistamista ulkoiselle toimijalle. Yrityksen on aina valittava, mitkä asiat yritys tekee itse ja mitä ostetaan ulkoisilta toimittajilta. Tuotannollinen ulkoistaminen käsittelee usein jonkun funktion tai osakokoonpanojen ulkoistamista. Funktioina saattavat olla tuotteen valmistamista koskevia vaiheita, jotka yrityksen on kannattavaa ulkoistaa. Yritykselle tulee todella kalliiksi tuottaa itse kaikki materiaali, työstää se osiksi, pintakäsitellä osat, kokoonpanna tuote ja huolehtia tuotteen logistiikka asiakkaalle. Tämän takia useat prosessit on ulkoistettu niihin erikoistuneelle toimittajalle.

Tuotannollinen ulkoistaminen on aina pohdittava tarkoin, sillä ulkoistettava toiminto vaikuttaa suoraan yrityksen omaan toimintaan. Jos toimittaja ei pysty toimittamaan haluttua laatua, tai tuotteita sovituksessa aikataulussa, saattaa yrityksen oma maine kärsiä. Oikein valittu toimittaja taas vahvistaa yrityksen toimintaa, jolloin yrityksen voi keskittyä omaan erikoisosaamiseensa.

### 2.2 Miksi ulkoistaa

Syitä ulkoistamiseen on monia. Ulkoistamisessa on aina otettava huomioon ulkoistamisen kannattavuus yritykselle, sillä lähtökohtaisesti yrityksen tulisi hyötyä ulkoistamisesta. Everhantz, Maiwald ja Wieseke (2014) pohtivat syitä ulkoistamiseen olevan kolme: Ulkoistamalla tietty standardi osa tai kokoonpano säästytään uuden tuotannon opettelulta, vältytään kalliin koneiston hankkimiseen menevät kustannukset sekä saadaan vapautettua kapasiteettia muihin tehtäviin.

Ulkoistamispäätökseen vaikuttaa usein yrityksen siitä saamat säästöt. Säästöt saattavat olla oman valmistamisen kalliimpi hinta verrattuna ulkoa ostettuun tuotteeseen, tai oman kapasiteetin vapauttaminen muihin töihin. Oman kapasiteetin vajuus johtaa jonkun toiminnon ulkoistamiseen, jos oman yrityksen kapasiteettiä ei muuten pystytä nostamaan. Kun jokin funktio ulkoistetaan tai osa omasta työkuormasta jaetaan ulkoiselle toimittajalle, vapautuu omaan käyttöön lisää kapasiteettia.

Yritystoiminnan ydin on toimia kannattavasti. Ulkoistamisella saadaan usein säästettyä kustannuksissa, kun keskitetään yrityksen resurssit sen ydinosaamisen tuottamiseen. Kaiken mahdollisen tuottaminen itse on kallista, jolloin tuotteen kannalta vähemmän erikoistuneet kokoonpanot tai komponentit kannattaa ulkoistaa. Usein tuotteen prosessointiin käytettävät laitteistot ovat todella kalliita, jolloin on kannattavaa ulkoistaa nämä pois omasta tuotannosta. Tämä vähentää tarvetta investoida kalliisiin laitteisiin, jolloin prosessoinnin ulkoistaminen vapauttaa omaa pääomaa.

Ulkoistamisen syynä voi olla myös oman henkilöstön osaamattomuus tiettyyn erikoisalaan. Jos omasta yrityksestä ei löydy jonkin oman tuotteen kannalta tärkeän komponentin valmistamiseen, on usein ostaminen halvempaa, kuin ostaa ulkoa osaamista omaan yritykseen. Oman henkilöstön kouluttaminen vie huomattavan paljon aikaa, joten nopeasti vaadittavat erikoisosaamista vaativat osat tai prosessoinnit tulee teettää ulkopuolisella toimijalla.

Laatu missä tahansa toimialalla on erittäin tärkeä tekijä ja se voi olla myös syy tuotannolliselle ulkoistamiselle. Jos omasta tuotannosta ei saada tuotettua tarpeeksi laadukkaita tuotteita sen jonkun alikokoonpanon heikon laadun takia, on syytä ulkoistaa alikokoonpano. Ulkoinen toimittaja oikein valittuna toimittaa laadukkaita komponentteja ja saattaa tarjota jopa takuun omien komponenttiansa toimivuudesta.

Usein syyn tuotannon ulkoistamiseen laukaisee yrityksen ulkopuolelta vaikutta tekijä. Laukaisevana tekijänä saattaa olla hintakilpailu kilpailevan yrityksen kanssa, jolloin yrityksen on saatava omia kustannuksiaan laskettua. Usein nykyään asiakkaat vaativat nopeaa toimitusaikaa, jolloin oman yrityksen kapasiteetti ei mahdollista kaikkien osakokoonpanojen kokoamista itse, jolloin osakokoonpanoja on syytä ulkoistaa. Myös oman tuotannon valmistusprosessien ja teknologioiden puutteet saattavat olla syy tuotannon ulkoistamiseen.

Ulkoistamiseen vaikuttaa myös jo käytössä oleva alihankintaverkosto, sekä yrityksen logistiikka. Joskus alihankintaverkoston kasvattaminen on tarpeen, jotta yritys ei ole liian riippuvainen yhdestä alihankkijasta. Toisaalta liian suuri alihankkijaverkosto on todella vaikea hallita ja yrityksen logistiikkakustannukset nousevat useiden alihankkijoiden takia.

Tuotannon ulkoistamisen tarpeet muuttuvat usein ajan kuluessa ja yritykselle olisikin tärkeää tarkastella omien alihankkijoiden tehokkuutta ja tarpeellisuutta tietyin väliajoin.

Tarpeet yrityksellä saattavat muuttua, jolloin muutokseen kykenemättömästä alihankkijasta on hankkiuduttava eroon. Tasaisin väliajoin tarkasteltaessa omia ulkoistuksiaan, tulee varmistuttua, jos uudet alalle tulleet toimijat voisivat tehdä saman paremmin, nopeammin tai halvemmalla. Toisaalta pitkällä kumppanuudella on omat hyötynsä, kun alihankkija tuntee yrityksen toimintatavat ja yritys alihankkijan.

## 2.3 Ydinosaaminen

Ydinosaaminen on jotakin, joka erottaa yrityksen kilpailijoistaan. Ydinosaaminen voi olla prosessi, tuotteen laatu, ominaisuus tai muu yrityksen muista erottava tekijä. Chashberah, Makui ja Seyedhoseini (2010) listasivat ydinosaamisen piirteiksi:

- Erottaa oman yrityksen kilpailijoista
- Kilpailijoiden on mahdoton kopioida ajan myötä
- Käy useaan käyttötarkoitukseen

Yleisesti on huomattu, että ydinosaaminen on tärkeä lähde ja perusta yrityksen tavoittellessa kestäväää kilpailuetua (Mappigau & Hastan 2012). Yrityksen olisi tärkeää tiedostaa oman toimintansa kannalta oleellinen ydinosaaminen, jotta yritys voi hyödyntää sitä tuotteissaan.

Ydinosaamiseksi voidaan lukea tuotteet tai palvelut, joita asiakkaalle tarjotaan. Ongelmaksi usein arvioidessa yrityksen ydinosaamista, on tunnistaa ja siten hyödyntää yrityksen ydinosaamista. Usein tuotteita valmistetaan ja saadaan myydyksi, mutta ilman kunnollista tutkimusta ei välttämättä tiedosteta omaa ydinosaamista.

Yrityksen resurssit voidaan jakaa neljään kategoriaan, jotka ovat fyysiset, henkilölliset, taloudelliset ja älylliset resurssit. Nämä resurssit perustavat yrityksen pohjan, jolla erityis- ja ydinosaaminen saavutetaan. Fyysisillä resursseilla tarkoitetaan yrityksen rakennuksia, koneistoa, laitteistoa ja muita resursseja, jotka vaikuttavat tuotannon kapasiteettiin. Henkilölliset resurssit muodostuvat henkilöstön kokemuksesta, ammattitaidosta ja kontakteista. Henkilölliset resurssit on erittäin vaikeata saada kopioitua toiseen yrityseseen, sillä ne ovat uniikit jokaiselle yritykselle. Taloudelliset resurssit muodostuvat yrityksen talouteen liittyvistä resursseista, kuten käytettävästä rahasta, luotonantajista ja velkojista. Taloudelliset resurssit on myös vaikea kopioida, sillä samoilla ehdoilla saatavat sijoitukset yrityksen toimintaan ovat harvinaisia. Lisäksi käytettävän pääoman määrä on vaikeasti kopioitavissa. Älylliset resurssit ovat yrityksen kyky sopeuttaa edellä mainittuja resursseja omaan toimintaansa. Älylliset resurssit muodostuvat vuosien saatossa ja ovat tiiviinä osana yrityksen toimintaa, joka erottaa kaksi näennäisesti samantyyppisillä resursseilla toimivaa yritystä. (Johnson & Scholes 2002).

Yrityksen ydinosaaminen muodostuu yrityksen resursseista, sekä vaikeasti kopioitavissa olevista prosesseista, tiedoista, teknologioista ja tavoista harjoittaa liiketoimintaa. Yri-

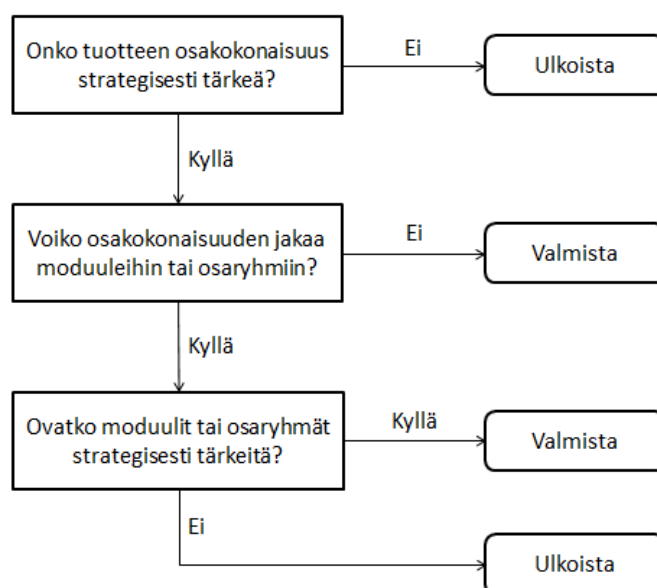
tyksen ydinosaaminen mahdollistaa yrityksen erottumisen muista samalla alalla toimivista yrityksistä, jolloin asiakkaat ovat valmiita maksamaan saadakseen käyttöönsä yrityksen ydinosaamisen tuotoksen. Yrityksen olisi syytä tiedostaa oma ydinosaaminen, jotta sitä osattaisiin hyödyntää oikein.

## 2.4 Päätöksenteko tuotannollisessa ulkoistuksessa

Päätöksenteon tulee aina lähteä tilanteesta, jossa yritys tavoittelee jotakin saavutettua hyötyä tuotannollisella ulkoistamisella. Ulkoistamisesta saatavat hyödyt tulee olla siitä koituvia kustannuksia suuremmat. Tuotannollinen ulkoistamiseen menevät kustannukset voidaan helposti laskea ulkoistuksesta tulevista kustannuksista, mutta tähänkin on muistettava lisätä myös lisääntyneet logistiikkakustannukset ja muut epäsuorat kustannukset. Yrityksen säästämät kustannukset on todella vaikea laskea, sillä sisäiset kustannukset muodostuvat työvoimakustannuksista, kapasiteetista ja muista kustannuksista, jotka eivät välttämättä ole yksinkertaisesti mitattavissa.

Tuotantoa ulkoistettaessa on tärkeätä pohtia, onko ulkoistaminen linjassa yrityksen strategian kanssa. Strategisesti tärkeitä osia omasta tuotannosta ei kannata ulkoistaa, sillä siinä saatetaan menettää yrityksen ydinosaamista ulkoiselle toimijalle. Ulkoistuksessa on aina riski alihankkijan luotettavuuden kanssa, jota voidaan pienentää sopimuksilla. Kuitenkin yrityksen ydinosaamista ei ole syytä ulkoistaa, sillä sopimusten mukaiset korvaukset harvoin kattavat pitkällä aikavälillä menetettyä kilpailuetua alihankkijan vuodettua ydinosaamista yrityksen ulkopuolelle.

Kuvassa 2 on esiteltyä yksinkertainen tapa varmistaa ulkoistettavan tuotteen tai palvelun ulkoistamiskelpoisuus.



*Kuva 2. Ulkoistettavien nimikkeiden valinta (Karjalainen & muut 1999)*



Kuten kuvasta 2 nähdään, ei ole kannattavaa ulkoistaa strategisesti tärkeitä tuotteita. Kuitenkin suuri osa yrityksistä pitää ydinosaamisenaan vain hyvin pientä osaa tuotteesta, jolloin muu osa tuotteesta on samaa tasoa kuin kilpailevilla yrityksillä. Näissä tapauksissa on erittäin tärkeää pitää yrityksen ydinosaaminen omassa tuotannossa ja tuotteen pienempien osakokonaisuuksien kohdalla voidaan tehdä make or buy –analyysiä.

Usein yrityksen volyymin noustessa yrityksen tulee joko laajentaa tilojaan, tai ulkoistaa tuotantoa. Oman kapasiteetin riittämättömyys korjataan usein ulkoistamalla lopputuotteen standardiosien kokoonpano tai prosessointi, jolloin yrityksen omaa kapasiteettia voidaan hyödyntää yrityksen ydinosaamisen tuottamiseen. Täten yritys pystyy turvallisesti kasvattamaan oman tuotantonsa volyymia, ilman että sen tarvitsee tehdä suuria investointeja uusiin tiloihin ja laitteisiin.

## 3. LEAN FILOSOFIAN SOVELTAMINEN

Lean filosofian ydin idea on maksimoida tuotteesta asiakkaan kokemaa arvoa ja samalla minimoida hukkaa läpi prosessin. Yksinkertaisesti, lean tuotannolla voidaan saavuttaa parempaa operationaalista toimintaa ja vähentää kustannuksia (Ohno 1988). Leanin mukaan tehdään vain mitä tarvitaan, milloin tarvitaan ja vain tilatun kokoisissa erissä (Singh & muut 2013). Leanin myötä yrityksen tulisi tunnistaa työn vaiheet, joissa tuotteelle tehdään jotakin konkreettista, josta asiakas on valmis maksamaan. Asiakkaalle tuotettu arvo voi olla kokoonpanoa tai tuotteen viimeistelyä, mutta kaikki arvoa lisäämättömät vaiheet ovat hukkaa.

Tuottaakseen lisäarvoa asiakkaalle tulisikin keskittää yrityksen resurssit tunnistamaan omassa tuotannossa arvoa lisäävät vaiheet, ja tunnistamaan hukka. Yleensä tuotantoa optimoidaan paloittain, mutta leanin mukaan ei pitäisi keskittyä eri osien optimointiin, vaan optimoida tuotteiden virtausta läpi tuotannon. Virtausta kutsutaan leanissa yleisesti nimityksellä flow, ja sen optimointi ei rajoitu vain yrityksen sisäiseen optimointiin, vaan se tulisi ulottaa koskemaan koko arvoa tuottavaa verkostoa.

Tässä luvussa käydään läpi leanin osa-alueita, joita on käytetty hyväksi tätä diplomityötä tehdessä. Kappaleessa 3.1 käydään läpi leanin kahdeksan hukkaa, ja niistä paneudutaan enemmän niihin, joita työssä on ratkottu. Kappale 3.2 esittelee 5S-työkalun, jota on hyödynnetty pohdittaessa layoutin lopullista versiota. Kappaleessa 3.3 esitellään leanin Just In Time –periaate, jota on myös käytetty solun logistiikkaa ja materiaalivirtoja mietittäessä. Lopuksi kappaleessa 3.4 esitellään vielä kaizen, jolla tarkoitetaan jatkuvaa parantamista.

### 3.1 Hukat

Leanin mukaan kaikki mikä ei lisää tuotteen asiakkaan kokemaa arvoa, on hukkaa. Alkuperäisesti leanissa hukka on esitelty nimellä Muda. Koko leanin perusajatus on poistaa hukka koko arvoa tuottavasta verkostosta ja kaikki leanin työkalut on luotu poistamaan hukkaa tuotteen tekemisestä. Hukkaa leanissa tunnistetaan seitsemän eri hukan tyyppiä, jotka ovat:

- Kuljetukset
- Varastot
- Liike
- Odotus
- Ylituotanto

- Yliprosessointi
- Laatu

Kuljetukset tarkoittavat materiaalin kuljettamista työlle, tai työn kuljettamista toiselle tekopaikalle. Materiaalin kuljettaminen ja työn liikuttaminen uusille työvaiheille on välttämättömiä vaiheita tuotteen valmistumiseen, mutta nämä itsessään eivät lisää asiakkaan kokemaa arvoa. Tästä syystä kuljetukset tulisi minimoida ja kuljetusten tulisi olla virtautettuna siten, että tuotannossa toteutuu leanin esittelemä flow, eli virtaus.

Varastot nähdään lean-filosofiassa hukkana, sillä asiakas ei ole valmis maksamaan yrityksen varastojen kasvattamisesta. Vaikka käytännön syistä usein materiaalia ostetaan varastoon, on tavaran varastointi lean filosofian mukaan hukkaa. Varastointiin kuluu aina aikaa ja materiaalin turhaa liikuttamista, joka ei lisää tuotteen arvoa. Varastoinnin hukkaa pystytään vähentämään käyttämällä varastojen sijaan materiaalille imuohjausta, jolloin materiaali tulee suoraan työlle, eikä näin ollen vaadi väliavarastointia.

Seuraavana hukkana esitetään liike. Tämä hukan laji pitää sisällään kaikki työntöön kannalta tarpeettomat liikkeet, kuten työkalun etsiminen, kävely, kurkottelu sekä muut liikkeet joilla kokoonpano ei etene. Liikkeiden määrän vähentäminen on hankalaa, mutta turhaa liikkeistä muodostuvaa hukkaa saa poistettua vakioimalla materiaalien paikat, jolloin tavaroiden etsiminen vähenee huomattavasti.

Odotus-hukka muodostuu kahdesta osasta: Joko työntekijä odottaa materiaalia, tai materiaali odottaa työntekijää. Usein prosessin aikana työt valmistuvat odottamaan pääsyään seuraavalle työvaiheelle, jolloin materiaali odottaa, eikä sen arvo kasva. Tämä on selvästi prosessissa esiintyvää hukkaa, joka leanin mukaan tulee poistaa. Mikäli työ ei odota, tai työntekijät eivät odota työtä, toimii tuotanto huomattavasti tehokkaammin ja keskenräiseen tuotantoon sitoutunut raha pienenee.

Ylituotanto tarkoittaa sitä, että tehdään enemmän tuotteita kun seuraava työvaihe tai tilaus vaatisi. Kun tuotteita tehdään isommissa erissä, joutuu seuraava työvaihe odottamaan koko erän tuotannon, jonka jälkeen muodostuu vielä enemmän hukkaa tuotteiden varastoinnista. Lean filosofiassa kaikki työt tulisikin tehdä vain tilauksesta, jolloin tuotteita tehdään juuri oikea määrä ja oikeaan aikaan. Näin seuraava työvaihe ei joudu odottamaan ylimääräisten tuotteiden valmistukseen kuluvaa aikaa, vaan se voidaan aloittaa heti kun vaadittavat tuotteet ovat valmiina.

Yliprosessointi tarkoittaa hukkana tuotteen valmistamista käyttötarkoitustaan paremmaksi. Jos tuote työestetään tarkempiin toleransseihin kun seuraava työvaihe vaatii, seuraa siitä lisää kustannuksia, joista asiakas ei hyödy, eikä ole valmis maksamaan. Usein myös prosessi itsessään vaatii joitain työvaiheita, jotka voidaan poistaa kokonaan. Yliprosessointi on yritykselle kallista, sillä tuotteen prosessointi vaatii aina rahaa, eikä asiakas hyödy tuotteen yliprosessoinnista ja näin ollen ei suostu siitä maksamaan.

Huonolaatuisten tuotteiden tekeminen on erittäin huomattava hukka. Riippumatta tuotteen valmistusajasta ja kustannuksista, aiheuttaa huonon laadun tuottaminen aina työvoima- ja materiaalikustannuksia, sekä kustannuksia huonolaatuisen tuotteen korjaamisesta tai hävittämisestä. Lisäksi toistuvan huonon laadun tuottaminen aiheuttaa tuotteiden tarkastamista, johon kuluu sekä aikaa, että rahaa. Tuotteet tulisi tuottaa kerralla kuntoon, jolloin välitarkastuksista voidaan luopua ja tuotantoon ei tule häiriötä huonon laadun takia. Lean filosofian mukaisesti laatu tulisi ulottaa koko verkostoon, joka toimii yrityksen sidosryhminä. Laadun hukkaa saadaan vähennettyä reklamoimalla pienimmätkin laatu puutteet toimittajille, jolloin samaa ongelmaa ei tule uudelleen vastaan.

Näiden seitsemän hukan lisäksi esitellään myös kahdeksas hukan tyyppi, eli työntekijöiden ideoiden ja luovuuden käyttämättä jättäminen (Womack & muut 1990). Usein työntekijät tietävät keinoja, joilla heidän työtään voisi parantaa, jolloin on hukkaa siivuttaa heidän luovuutensa. Lean pyrkiikin osallistuttamaan kaikki mahdolliset tahot prosessien kehittämiseen, jolloin hukkaa saadaan vähentymään prosessin eri vaiheista tehokkaasti.

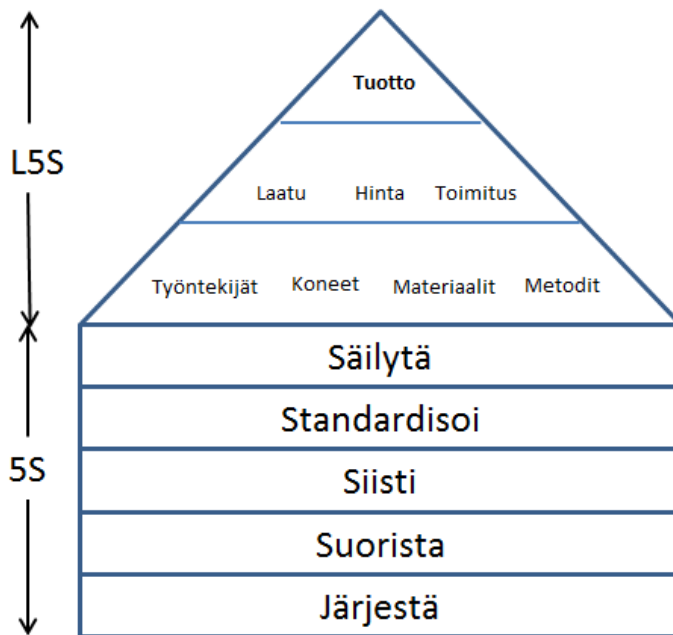
Edellä mainitut hukat luovat pohjan koko lean filosofialle, jossa koko yrityksen arvovirrasta pyritään poistamaan kaikki ylimääräinen hukka. Osa hukasta on pakollista, kuten materiaalin kuljettaminen työstöpisteelle, jolloin kuljetuksesta aiheutuva hukka pyritään minimoimaan. Hukat minimoimalla saadaan yrityksen toiminnasta nopeaa ja tuottavaa, sillä silloin suuri osa tekemisestä kasvattaa tuotteen arvoa.

## 3.2 5S

5S toimii työkaluna tuotantoympäristön suunnittelussa ja sen perimmäinen tarkoitus on luoda ympäristöstä mahdollisimman tehokas. Usein 5S nähdään siivoamisena, joka kuitenkin on vain yksi viidestä s-kirjaimella alkavasta sanasta. Lean jakaa 5S:n viiteen s-kirjaimella alkavaan sanaan, jotka ovat:

- sort (järjestä)
- straighten (suorista)
- shine (siisti)
- standardize (standardisoi)
- sustain (säilytä)

Nämä viisi kohtaa läpi käymällä, saadaan alueelle jäämään vain työvaiheen kannalta tarpeelliset tavarat, jolloin työnteko tehostuu. Työkalua ei ole tarkoitettu käytettäväksi vain kerran, vaan se palaa takaisin alkuunsa ja alkaa uudelleen. Kuvassa 3 on esiteltynä, miten 5S toimii perustana tuottavalle toiminnalle.



**Kuva 3. 5S (Mukaiillen Ho 2012)**

Ensimmäinen kohta 5S-työkalussa on sort (järjestä), jolla tarkoitetaan alueelle tärkeiden tavaroiden eriyttämistä kaikesta ylimääräisestä. Tässä vaiheessa alueelta poistetaan kaikki ylimääräinen tavara, joita alueelle on aikojen saatossa kertynyt ja jätetään vain sellaiset tavarat, joita työnteko edellyttää. Usein tässä vaiheessa joidenkin tavaroiden tarpeellisuutta joudutaan pohtimaan, jolloin ne voidaan laittaa erilliselle 5S-alueelle, josta ne voidaan ottaa takaisin alueelle tarpeen ilmaantuessa. Jos tarvetta 5S-alueen tavaroille ei ilmaannu määräaikaan mennessä (noin kuukausi), luovutaan kaikista 5S-alueen tavaroista.

Tämän kohdan tarkoitus on saada alueelle jäämään vain työnteon edellyttämät tavarat, ja kaikki roskat, ylimääräiset tavarat ja rikkoutuneet työkalut saadaan alueelta pois. Ylimääräisen tavaran poistamisen jälkeen alueelta löytyy huomattavasti helpommin tarvittavat työkalut sekä muut työnteokoon tarvittavat tavarat.

Toinen vaihe on straighten (suorista), joka tarkoittaa kaikille alueelle määritellyille tavaroille tarkkojen paikkojen määrittelyä. Alueelle määritellään tarkat paikat, missä työpöydät, roskakorit ja käytävät sijaitsevat. Usein eri alueiden merkkäamiseen käytetään lattian maalaamista tai teippaamista, jolloin eri alueet erottuvat visuaalisesti.

Tämän vaiheen jälkeen on selvää missä ovat työpisteet, varastoalueet, kulkureitit sekä muut tarvittavat alueet. Selkeä layout helpottaa työtekoa ja samalla voidaan määrittellä alueen erilaisille töille omat työpisteet sekä muut selkeästi erottuvat alueen osat. Selkeästi määritellyt kulkuväylät mahdollistavat materiaalin tai osien tuomisen työpisteille, ja helpottavat muutenkin päivittäistä työskentelyä.

Seuraavana vaiheena on shine (siivoa), jolla haetaan alueelle siistiä ilmettä. Alueen hyvä siisteys edesauttaa alueen pysymistä siistinä ja myös alueen ongelmat tulevat siistin ympäristön avulla helpommin esiin. Esimerkiksi puhtaalta lattialta näkee suoraan jos kokoonpanosta vuotaa nesteitä, tai jos alue on jäänyt lakaisematta päivän päätteeksi. Siivoamisella tarkoitetaan kaikkien pintojen puunaamista puhtaaksi, eikä vain näkyvän lian poistamista. Lattiat pestään, pinnat maalataan ja työkalut uusitaan ehjiin, joka parantaa alueella työskentelevien työtehoa. Siistissä ympäristössä usein työntekijät ovat tehokkaampia ja he eivät kuormitu henkisesti niin paljoa.

Standardize (standardisoi) kohdassa määritellään alueen yhteiset pelisäännöt ja vakiinutetaan hyväksi havaitut käytännöt. Tämän vaiheen tarkoitus on yhtenäistää alueen toimintaa, jolloin työnteko on samanlaista eri paikoissa. Hyvänä esimerkkinä on työkalujen tarkkojen paikkojen merkkaukset työkaluseinään, ja eri työpisteillä olevien työkalujen yhtenäistäminen. Myös siisteyteen liittyvät standardit pyritään luomaan, joka voi tarkoittaa jokaisen työvuoron päätteeksi oman pisteen siivousta ja kerran viikossa koko alueen kunnollista siivousta.

Standardisoinnilla alue saadaan vakioitua haluttuun tilaan, ja tavoitteena on saada alue pysymään näillä toimilla halutulla siisteystasolla. Usein standardisoinnissa varastopaikat merkataan tarkasti ja esimerkiksi nippahyllyyn merkataan jokaisen pultin ja mutterin koko sekä tyyppi. Jokaisen tavaran paikan merkkaukset ehkäisee väärän tavaran päättymistä väärään paikkaan, jolloin kaikkien tavaroiden tulisi löytyä nopeasti. Työkaluseiniin voidaan piirtää jokaisesta työkalusta varjokuva, jolloin jo kaukaa näkee ovatko kaikki työkalut oikeilla paikoillaan.

Viimeisenä kohtana on sustain (säilytä), joka usein on kaikista vaikein vaihe. Alueen järjestyksen valvontaan tulee kehittää työkaluja, joilla pystytään helposti tarkastamaan onko halutussa järjestyksessä pysytty. Työkaluna voi käyttää esimerkiksi kysymyslistaa, jonka avulla saadaan sen hetkisestä tilanteesta tarkka kuva. Haasteeksi muodostuu oikeiden kysymysten löytäminen ja sovittaminen siten, ettei alueella pyritä vain saamaan tarkastuksista hyviä tuloksia, vaan kysymykset auttaisivat halutun tilan ylläpidon.

Ajan kuluessa alueen yleinen siisteys saattaa laskea, tai yrityksen siisteys standardi tiukentua, jolloin on jälleen aika aloittaa 5S uudelleen. Jos alueen 5S on pysynyt hyvällä tasolla, ei seuraava 5S-kierros ole yhtä suuri prosessi kuin ensimmäinen kerta, sillä alueelta poistettavien ylimääräisten tavaroiden määrä on usein huomattavasti pienempi. Kuitenkin usein alueelle ajautuu erikoistyökaluja, joita siellä ei tarvita, tai vanhoja dokumentteja on arkistoitu alueelle turhaan. Tietyin väliajoin tehtävä 5S-muutos mahdollistaa alueen pysymisen siistinä ja tehokkaana.

### 3.3 Just in time ja imuohjaus

Usein materiaali toimitetaan yritykseen kuorma-autolla, josta se puretaan vastaanotto-tarkastukseen. Tämän jälkeen materiaali paikoitetaan varastoon, jossa se odottaa seuraavaa työtä joka tarvitsee kyseistä materiaalia. Seuraavaksi materiaalit keräillään työlle valmiiksi odottamaan työn aloitusta, jolloin materiaali odottaa työn alkamista. Edellä mainitussa esimerkissä on erittäin paljon hukkaa ja sitä vastaan on kehitetty Just in time (JIT).

JIT tarkoittaa juuri oikean materiaalin toimitusta juuri oikeaan aikaan. Tämä kuulostaa helpolta, mutta on haastavaa toteuttaa. Edellä mainittu esimerkki JIT-periaatteen mukaisesti olisi huomattavasti kannattavampi yritykselle. Kuorma-auto tuo materiaalin yritykseen, josta se viedään suoraan työpisteelle, jossa se tarvitaan juuri sillä hetkellä. JIT periaatteen mukaisesti kaikki varastot yrityksessä ovat huonoja ja aiheuttavat hukkaa. Varastoihin sitoutuu pääomaa ja lisäksi materiaalien paikoittaminen ja keräily varastoista aiheuttaa huomattavan määrän työntekijäkustannuksia.

JIT liittyy vahvasti imuohjaukseen, jolloin kaikkeen tekemiseen pitää tulla seuraavalta vaiheelta pyyntö. Tämä tarkoittaa että yhtäkään työtä ei aloiteta, jos sille ei ole asiakasta. Imuohjauksen nimi tulee tavasta, jolla seuraava työvaihe ikään kuin imee edellisiltä työvaiheilta tarvittavat osat tai materiaalin.

Imuohjauksen etuna on vähentynyt keskeneräiseen tuotantoon sitoutunut pääoma, sillä tuotannossa ei ole yhtään osaa, jolle ei ole tarvetta. Imuohjauksen impulssit tulee sovittaa siten, että materiaali virroissa toteutuu JIT, jolloin yksikään työ ei odota osaa, eikä osa odota kokoonpanoa.

Imuohjausta voidaan ohjata esimerkiksi kanban-korteilla, joista selviää mitä nimikettä seuraava vaihe pyytää, ja montako kappaletta. Kortti toimitetaan ennalta sovittuun lokeeroon, josta se otetaan työlle ja toimitetaan ennalta sovittuun paikkaan kortissa pyydettyssä aikataulussa.

### 3.4 Kaizen

Kaizen tarkoittaa jatkuvaa kehitystä, ja on yksi kantavista ideoista leanissa. Lean filosofiassa ei ole tarkoitus muuttaa kerralla koko tuotantoa ja arvoketjua täysin hukattomaksi, vaan hukasta tulisi päästä eroon vähän kerrallaan. Kaizen vaatii koko yrityksen osallistumista ja mahdollistaa yrityksen parantuvan hieman koko ajan, jolloin suurta kertamuutosta ei tarvita.

Kaizen toimii enemmän filosofiana yrityksen toimintaan kuin työkaluna, jota voi käyttää tarpeen tullen. Kaizenin tarkoituksena on pienentää yksittäisiä hukkia läpi koko ar-

vovirran. Kun riittävästi hukkia on poistunut, hyötyy koko yritys parantuneesta prosessista.

Kaizenin ajaminen yrityksen kulttuuriin on usein työlästä, mutta siitä saadut edut ovat huomattavat. Parannuksia ei ole tarkoitus tehdä vain jonkun tietyn organisaation osan toimesta, vaan jokainen työntekijä osallistuu parantamaan omia tehtäviään. Jokaisen osallistuttaminen kehitykseen poistaa leanin kahdeksatta hukkaa, jossa jätetään hyödyntämättä työntekijöiden osaaminen.

### 3.5 Team leader

Leanissa esitellään team leader malli, jossa yksi työntekijä nostetaan muiden työntekijöiden johtajaksi. Team leader vastaa noin viiden asentajan tekemisestä ja toimii esimiehen apuna päivittäisissä ongelmissa.

Team leaderin vastuualueet ovat (Lane, 2007, p. 78-88):

- Auttaa pääasiallisia työntekijöitä päivittäisissä ongelmissa
- Auttaa työnteossa, jos tilanne vaatii
- Seuraa materiaalitulannetta
- Seuraa ylitöitä oman tiimin osalta
- Auttaa alueen työnjohtajaa asentajien työnkierron kanssa
- Kouluttaa asentajia, huolehtia dokumentaatiosta ja vastaa alueen visuaalisista tauluista
- Seuraa prosesseja ja oman tiiminsä toimintaa
- Suorittaa laadunvalvontaa
- Auttaa alueen työnjohtajaa töiden aikataulutuksessa, sekä lomasuunnittelussa
- Auttaa työnjohtajaa materiaalien keräilyiden tilaamisesta alueen ulkopuolelta

Team leader helpottaa kommunikaatiota alueen työnjohdon ja työntekijöiden välillä, sekä helpottaa asentamisen päivittäisissä ongelmissa. Team leaderillä ei ole vastuuta alueen suorituskyvystä, vaan hän toimii oman tiiminsä ja työnjohdon välissä.

Team leaderin toimenkuva mahdollistaa työntekijöiden työskentelemisen tehokkaasti, sillä tiimillä on yksi henkilö joka ratkoo heidän päivittäisiä ongelmiaan. Täten työntekijöiden ei tarvitse kaikkien ratkoa samoja ongelmia, vaan team leader ratkaisee oman tiiminsä ongelmia keskitetysti. Monissa maailman tehokkaimmissa yrityksissä käytetään team leadereita, ja on huomattu että mallin käyttöönotto helpottaa lean filosofian tuomista yritykseen (Lane, 2007, p. 89).



## 4. LAYOUT SUUNNITTELU

Layoutin suunnittelussa tulee ottaa huomioon suunniteltavalta alueelta vaadittava tuotto ja alueen asettamat rajoitteet. Tuotto voidaan laskea kapasiteetin kasvuna alueella, tai hukka-ajan vähentymisenä. Yksiselitteisesti tiettyyn prosessiin ei ole yhtä oikeaa layouttia, vaan usein joudutaan yrityksen ja erehdyksen kautta hakemaan oikeaa ratkaisua. (Stevenson 2009).

Erityyppisten layouttien valintaan vaikuttavat tuotteiden volyymi ja varioituvuus (De Carlo & muut 2013). Suuria eriä tuottaessa vaaditaan layoutilta eri asioita, kuin tehtäessä huomattavasti varioituvia, uniikkeja tuotteita.

Layoutin suunnittelu aloitetaan yleensä suunnittelemalla virtaus alueen läpi. Ensimmäisenä suunnitellaan materiaalivirta alueelle, materiaalin kulku alueen työpisteillä ja lopuksi alueella tehdyn tuotoksen lähteminen. Kun alueen materiaalivirta on suunniteltu, voidaan edetä suunnittelemaan kokoonpanoa. Kappaleessa 4.2 esitellään kokoonpanotyyppit, joita pohdittiin tämän työn yhteydessä.

### 4.1 Syitä muuttaa layouttia

Layoutin suunnittelu on erittäin tärkeää siihen panostetun ajan takia, sekä layoutmuutoksen yhteydessä syntyvien kustannusten vuoksi. Layoutmuutoksen yhteydessä usein muutetaan kokoonpanoa siten, että vanhoja laitteistoja, työpisteitä ja muita vanhassa layoutissa käytettyjä materiaaleja ei voida hyödyntää, vaan ne korvataan uusilla.

Layoutin suunnittelu määrittää hyvin paljon miten ja millaisia töitä tuotannossa tehdään. Kaikki layoutit eivät sovellu kaikenlaisien töiden tekoon ja usein tuotannon muuttuessa tulee ajankohtaiseksi tarkastella layoutin soveltuvuutta sen hetkiseen tekemiseen. Layoutin muuttaminen tulee myös usein tarpeelliseksi, kun tuotannosta pyritään poistamaan pullonkaula. Jos pullonkaulaa ei voida muuten purkaa, täytyy layoutin muuttua siten, että pullonkaula saadaan poistettua.

Layout määrittää myös tuotannon tahdin, ja tästä johtuen saattaa tulla tarve muutokselle. Tuotteilta vaaditaan jatkuvasti nopeampaa toimitusaikaa, jolloin tuotannon nopeuttaminen saattaa pakottaa yrityksen muuttamaan tuotannon layouttia. Myös tuotannon tapa tehdä töitä riippuu paljon käytettävästä layoutista, jolloin tuotantoon menevät kulut ja tuotot ovat sidottuja valittuun layouttiin. Kun yritykselle tulee paineita säästää tuotannon menoja, voidaan harkita layoutmuutoksella saatavien säästöjen mahdollisuutta.

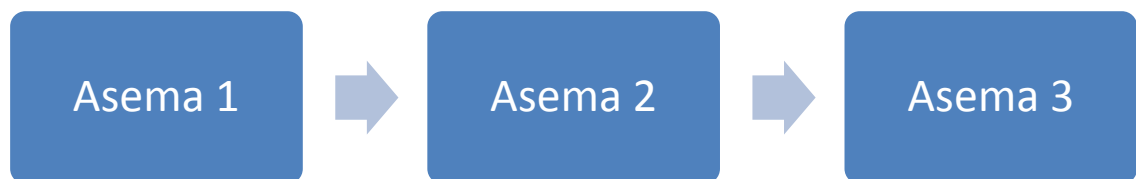
Muita syitä layoutmuutokseen saattavat tuoda uudet tuotteet, muutokset volyymissä tai tuotteiden muutokset, muutokset tuotantotavassa tai tuotantolaitteistossa, ympäristövaatimusten muutoksissa tai laillisissa vaatimuksissa ja moraalisisissa ongelmissa. (Steven-son 2010 s.249).

## 4.2 Eri tyyppiset layoutit

Kokoonpanon layout määrittää paljon alueelta saatavien tuotosten määrään, joten on mietittävä tarkkaan alueelta vaadittu tuotto. Tässä kappaleessa esitellään linjakokoonpano ja funktionaalinen layout. Molemmista layoutvaihtoehdosta käsitellään niiden hyvät ja huonot puolet.

### 4.2.1 Linja

Linjakokoonpanon nimi tulee asemien muodosta, jolloin työ etenee asemalta toiselle. Linjakokoonpanossa on erittäin tärkeitä määrittää jokaisen aseman työnsisältö siten, että linjan tahtiaika mahdollistaa kaikkien työvaiheiden teon, aiheuttamatta jonkin aseman odottamista. Linjan tahtiajalla tarkoitetaan aikaa, jonka välein linjalla olevat työt liikkuvat seuraavalle asemalle. Kuvassa 4 havainnollistetaan linjakokoonpanoa.



**Kuva 4. Linjakokoonpano**

Työ aloitetaan asemalla yksi, josta sen aseman työ tulisi olla tehtynä linjan tahtiaikaan mennessä. Työ jatkaa asemalle kaksi, kolme ja niin eteenpäin. Kun tuote on valmis viimeiseltä asemalta, on sen kokoonpano valmis. Usein linjakokoonpanon jälkeen on vielä tuotteen testaus tai tarkastaminen, sekä sen pakkaaminen ja lähettäminen asiakkaalle.

Linjakokoonpanon vaatimuksena on, että linjalla tehtävät tuotteet ovat riittävän samantyyppisiä, sillä muutoin linjan tahtiajan määrittäminen on haastavaa. Linjakokoonpanossa myös kaikkien töiden on kuljettava jokaisen aseman kautta, sillä kaikki edessä olevat asemat ovat jo täynnä, jolloin ohitus ei ole mahdollista. Tähän ongelmaan voidaan käyttää erillistä ruutua tai paikkaa, johon linjan muuten tukkiva tuote otetaan ongelmatilanteen ajaksi sivuun.

Positiivisena puolena linjakokoonpanosta on tuotteiden valmistuminen tasaisella tahdilla, jolloin läpimenoaikaa on helppo ennustaa. Linjakokoonpanossa työ myös nopeutuu, sillä toistoja asemilla tulee jatkuvalla tahdilla, jolloin asentajien työ tehostuu ajan myötä. Linjastotyöskentely pitää yhtä tuotetta kohden kustannukset pieninä, sillä linjaa käytetään tehokkaasti.

tetään yleisesti suuren volyymin tuotantoon. Täten erikoistyökaluista tai laitteistoista tuleva kustannus yhtä tuotetta kohden on pieni. Materiaalinkäsittelystä koituvat kustannukset pysyvät pieninä, sillä linjatuotannossa materiaalityökalut toistuvat tietyin määräjain, jolloin niiden ennakoiminen on helppoa. Tämä vähentää tarvetta selvittää eri asemille tuotavien materiaalien määrää, jos asemille on määritelty tietyt materiaalit aina.

Negatiivisina puolina linjakokoonpanossa on ongelmallisen tuotteen jumiutuminen asemalleen, jolloin koko linja pysähtyy. Riippuen linjakokoonpanosta, saattaa jokaisella asemalla olla tiettyjä erikoislaitteita, jolloin jumiutuneen tuotteen takana olevia tuotteita ei voida valmistaa tämän työvaiheen osalta. Linjakokoonpano on suunniteltu aina tietylle tahtiajalle, jolloin linjasta saatava volyymi on sidottu linjan tahtiaikaan. Suuret muutokset vaadittavalta volyymilta vaativat linjan tahtiajan kiristämistä, joka saattaa tarkoittaa koko linjan suunnittelemista uudelleen. Usein linjastotyöskentely on hyvin yksinkertaista ja itseään toistavaa, jolloin työntekijöiden moraali saattaa laskea ajan myötä. Moraalin laskeminen saattaa vaikuttaa haitallisesti linjan laatuun sekä työkalujen ja laitteiden kunnossapitoon.

Linjakokoonpanon materiaalien käsittely on myös työlästä (Wang & Chang 2015). Linjalla materiaalien on oltava sillä pisteellä, jossa se asennetaan tuotteeseen. Linjan viereen on tämän takia tehtävä välivarastot materiaaleille tai lisättävä huomattavasti logistiikan resursseja palvella linjaa.

## 4.2.2 Funktionaalinen layout

Funktionaalinen layout tarkoittaa toiminnallisten kokonaisuuksien mukaan jaettua layouttia. Hyvänä esimerkkinä voidaan pitää kauppa, jonka osastot on jaoteltu niissä myytävien tuotteiden käytön mukaan. Usein funktionaalista layouttia käytetään alueilla, joilla tehtävät työt eroavat toisistaan selkeiksi ryhmiksi. Tällöin jokaisen tuoteryhmän tekoon voidaan suunnitella juuri niiden tuotteiden tekemiseen soveltuvat työpisteet tai laitteistot.

Hyvänä puolena funktionaalisessa layoutissa voidaan nähdä sen joustavuus tehdä monenlaisia tuotteita. Usein tuotteet eivät vaadi erikoislaitteistoja, sillä työt varioituvat paljon, jolloin kokoonpano on kannattavaa toteuttaa yleisillä työkaluilla, jolloin vältetään suurilta investoinneilta. Samasta syystä myös funktionaalinen layout ei ole helposti vikaantuva, sillä sen tuotto ei ole kiinni yksittäisen laitteen suorituskyvystä.

Huonona puolena voidaan nähdä materiaalikustannukset, sillä töiden suuren varioitavuuden myötä tarvitaan paljon varastoa kattamaan kaikki seuraavat työt. Tämä hankaloittaa myös materiaalin keräilyä yksittäiselle työlle, sillä suuren nimikemäärän vuoksi varastosta keräily on hidasta. Huonona puolena voidaan nähdä jokaisen osaston itsenäinen työskenteleminen, jolloin yksittäisen työn läpimenoajan ennustaminen on vaikeata.

Funktionaalisen tuotannon johtamiseen on haastavaa, sillä työjono ei välttämättä ole itsestään selvä.

## 5. NYKYTILA ANALYYSI

Tässä kappaleessa kartoitetaan solun toimintaa työn alkaessa. Luvussa 5.1 esitellään solussa tehtävät työt, sekä selvitetään niiden vaikutusta solun työkuormaan. Luvussa 5.2 esitellään solun toimintaa, sekä mistä osista kokoonpanojen tekeminen koostuu. Luvussa 5.3 kerrotaan miten sähkösolun logistiikka kytkeytyy sen sisäisiin ja ulkoisiin asiakaisiin.

### 5.1 Solussa tehtävät työt sekä niiden ohjaus

Sähkösolussa tehtiin työn alkuvaiheessa itse kaikki sähkökokoonpanot, poisluettuna volyymituotannossa olevat sähkökeskukset sekä kaapelikokoonpanot. Työt koostuvat sähkökeskuksista ja sähköohjauksista, jotka ovat aina työlle ohjattuja ja tehdään laitteelle omien vaiheidensa alla. Lisäksi sähkösolussa tehdään varasto-ohjattuja töitä, jotka ovat pääsääntöisesti lyhytkestoisia töitä.

Työnjohtajan apuna töiden ohjaamisessa käytetään ERP:tä, joka Sandvikilla on Lean system. Leaniin on luotu erityyppisille töille solukohtaisesti eri kuormitusryhmiä, joista voidaan helposti nähdä lähitulevaisuuden kapasiteettitarve kyseisen tyyppisissä kokoonpanoissa. Sähkösolussa työt on jaettu töille ohjautuviin vaiheisiin 210 (sähkökeskukset) ja 220 (sähköohjaukset), sekä varasto-ohjautuviin töihin, jotka on nimetty Work1- ja Work2-kuormitusryhmäksi. Lisäksi varaosatoille on oma kuormitusryhmänsä VO. Eri kuormitusryhmissä tehtävät työt esitellään seuraavissa kappaleissa.

#### 5.1.1 Sähkökeskus (210-vaihe)

Sähkökeskuksen tehtävänä on toimia kaikkien laitteen sähkötoimintojen keskuksena. Sähkökeskukset varioituvat hyvin paljon laitteen tyyppin ja eri optioiden mukaan, ja lähes jokainen sähkökeskus on yksilöllinen. Sähkökeskukset suunnitellaan jokaiselle laitteelle, ja ne tehdään laitteen työnumeron alla olevalle vaiheelle.

Sähkösolussa tehtiin työn alkuvaiheessa vain isoimpien ja monimutkaisimpien laitteiden sähkökeskukset, ja yksinkertaisempien laitteiden sähkökeskusten kokoonpano oli ulkoistettu. Solussa tehtävien sähkökeskusten vaatima työkuorma on todella huomattava, ja sähkökeskusten vähäisen määrään takia osaaminen sähkökeskusten tekemiseen on valikoitunut vain osalle asentajista. Koska solussa tehdään vain vähän sähkökeskuksia ja niiden aiheuttama työkuorma on todella suuri, vaikuttaa sähkökeskuksen tekeminen huomattavasti soluun kohdistuvaan työkuormaan viikkotasolla.

### 5.1.2 Sähköohjaus (220-vaihe)

Sähköohjaus koostuu ohjauspaneelistä, logiikasta, sekä haaroitusrasioista. Sähköohjauksen tehtävänä poralaitteessa on huolehtia sen ohjaamiseen liittyvien käskyjen viemisestä laitteen ohjaaviin komponentteihin. Usein sähköohjauksen tekeminen jaetaan kolmen asentajan kesken, jolloin yksi tekee ohjauspaneelin, toinen ohjauskeskuksen ja kolmas tekee haaroitusrasiat tms.

Yhden sähköohjauksen tekemiseen kuluu huomattavasti aikaa, joten suuri osa sähkösolussa tehtävästä työstä on sähköohjauksen tekemistä. Sähköohjauksen osuus laitteen työkuormasta on lähes vakio riippumatta laitteen optioista, joten työn aiheuttama kuormitus soluun on helposti ennakoitavissa.

Sähköohjauksen suuren volyymin vuoksi solun kaikki asentajat osaavat tehdä sähköohjauksen kaikki eri komponentit, joka helpottaa työn jakamista asentajien kesken.

### 5.1.3 Palautusautomaatiikka

Palautusautomaatiikka huolehtii hydraulisesti ohjattujen poralaitteiden ohjauskeskuksen ja ohjaamon toiminnoista. Palautusautomaatiikkaan kuuluu mittaripaneelit, jotka toimitetaan sähkösolusta hydraulikkasoluun ohjauskeskukselle, joka ohjaa poralaitteen puomien liikkeitä. Lisäksi palautusautomaatiikkaan kuuluu haaroitusrasia, joka kytketään laitteeseen loppukokoonpanossa.

Palautusautomaatiikat tehdään usein pareittain, sillä niitä tarvitaan yksi jokaista poralaitteen puomia varten. Palautusautomaatiikat aiheuttavat paljon työkuormaa soluun, sillä niiden volyymi on suuri. Sähkösolun kaikilla asentajilla on osaaminen tehdä palautusautomaatiikat, joka helpottaa työn jakamista asentajien kesken.

### 5.1.4 Vika- ja ylivirtasuojakeskus

Toisinaan laitteen mukana toimitetaan vika- ja ylivirtasuojakeskus (VYK), jonka tehtävänä on toimia muuntajana poraustunnelin sähköverkon ja poralaitteen välillä. VYK jakaa laitteelle tulevan virran suurjännitteeseen ja käyttöjännitteeseen, sekä estää oikosulun tai muun jännitepiikin pääsyä itse poralaitteen sähkökeskukseen.

VYK toimitetaan laitteen mukana, mutta sitä ei sisällytetä jokaiseen tilaukseen. Volyymi on verraten pieni, joten VYK:ien kokoonpano ei aiheuta solun työkuormaan suurta heittelyä.

### 5.1.5 Muut työt

Loppuosa solun työkuormasta koostuu pienemmistä kokoonpanoista, kuten kaapelikokoonpanoista, haaroitusrasioista, painonapeista ja antureista. Töiden sisältö vaihtelee huomattavan paljon, ja kokoonpanojen määrässä eri laitetyyppien välillä on huomattavaa vaihtelua.

Laitteen optioista riippuen sen kokoonpanoon saatetaan tarvita edellä mainittuja kokoonpanoja. Näiden kokoonpanojen määrä muuttuu todella paljon laitetyyppistä riippuen, ja niiden aiheuttamaa työkuormaa soluun on todella vaikea ennustaa.

Työt ovat yksinkertaisia kokoonpanna ja niiden työkuormasta huomattava osa koostuu osien keräilemisestä ja työpapereiden tulostamisesta, sekä muusta arvoa lisäämättömästä toiminnasta. Koska tarpeet tulevat laitekohtaisesti ja nimikkeissä on huomattava määrä varioituvuuksia, niitä ei tehdä varastoon kuin muutamissa tapauksissa.

### 5.1.6 Kittitoimitukset ja varaosatyöt

Kittitoimitukset sisältävät muille Sandvikin tehtaille tai suoraan asiakkaille toimitettavia komponentteja, ja/tai kokoonpanoja. Ennustaminen kittitoimitusten määrään on erittäin vaikeaa, ja niiden sisältö saattaa vaihdella muutaman komponentin keräämisestä suuriin kokoonpanoihin. Suuri osa kittitoimituksiin käytettävästä ajasta menee selvitetäessä sisältöä, sillä niitä ei ole määritelty yksiselitteisesti. Usein kittien kanssa joudutaan tekemään tiivistä yhteistyötä töiden avaajan ja suunnittelun kanssa. Kittitoimitukset saattavat sisältää myös muista modulikokoonpanoista tulevia osakokoonpanoja, joten niiden aikataulussa ei ole joustavuutta, sillä valmistumispäivän määrittää sovittu toimitus asiakkaalle.

Varaosat koostuvat jo toimitetuille laitteille lähetettävistä varaosista, jotka saattavat sisältää lähes kaikkea mahdollista. Usein varaosien mukana lähetetään vanhoille poralaitteille päivitettyjä komponentteja. Varaosiksi saatetaan pyytää kaikkea kaapelista kokonaiseen sähkökeskukseen, joten varaosista aiheutuvaa työkuormaa on erittäin vaikea ennustaa.

## 5.2 Työnvaiheet

Solussa tehtävät työt voidaan jakaa osiin niiden tekemisen mukaan työn esiselvittämiseen, keräilyyn, kokoonpanoon. Riippuen työstä, se saattaa vaatia kokoonpanon jälkeen myös ohjelmointia ja/tai tarkastamisen. Kuvassa 5 on kuvattu kokoonpanoprosessin edistyminen, jonka jälkeen jokainen vaihe selitetään tarkemmin.



### ***Kuva 5. Työn eteneminen***

Työnjohtaja seuraa tehtäviä töitä ERP:n avulla ja usein määrää seuraavaksi aloitettavat työt sen mukaan, minkä kokoonpanon valmistuminen on kriittisintä tuotannon etenemisen kannalta. Usein työ aloitusvaiheessa solun kapasiteettia jouduttiin jakamaan siten, että lähes kaikki tekivät ensin vaihetöitä, jotka pitävät sisällään sähköseskukset, sähköohjaukset ja palautusautomaatiikat, ja näiden valmistuttua kapasiteettia jouduttiin ohjaamaan muiden töiden tekemiseen. ERP antaa omat päivämääränsä töiden toivottuille valmistuspäiville, mutta käytännössä näitä päiviä on ollut vaikea noudattaa solussa olevasta jättämästä johtuen.

Kun asentaja aloittaa työn ja valitsee sen kuormitusryhmältä, on ensimmäisenä tehtävänä selvittää onko työ aloituskelpoinen. Käytännössä tämä tarkoittaa työkuvioiden ja BOM:in (Bill of materials) tulostamista, jonka jälkeen tarkastetaan ERP:stä onko aloitettavaan kokoonpanoon kaikki tarvittavat materiaalit valmiina. Välillä ERP:n varastosaldossa on heittoa, ja täten osat käydään laskemassa varastosta, jotta voidaan olla varmoja voidaanko työ aloittaa.

Toisinaan kokoonpanojen kuvat ja BOM:it eivät ole ajan tasalla, jolloin asentaja ilmoittaa asiasta sähkösuunnitteluun, joka pyrkii selvittämään ovatko kuvat ajan tasalla, tai vaativatko ne päivitystä. Sähkökokoonpanojen mahdolliset muutokset täytyy sähkösuunnittelun toimesta muuttaa dokumentteihin, jotta asiakkaalle toimitettavat sähkökuvat pitävät paikkansa. Jos kaikki tarvittava materiaali työhön löytyy, voidaan siirtyä keräilemään osia.

Töiden keräilyt tulevat useasta eri varastopaikasta solun ulkopuolelta, ja näiden keräilemisen hoitaa logistiikka. Nämä keräilyt pyytää soluun usein työnjohtaja, ja ne toimitetaan eurolavalle keräiltynä. Loput materiaalit kuten kotelot, kaapelit, liittimet ja logiikan osat ovat pääasiassa sijoitettuna solun kuormalavahyllyihin, patereihin tai kaksilaatikohyllyihin. Näiden osien keräilemisen hoitaa asentaja itse, kun aloittaa työn. Jos keräilyvaiheessa ilmenee ongelmia, tulee asentajan kommunikoida puutteet nimikkeiden vastuostajalle.

Keräilyn jälkeen päästään itse kokoonpanoon, joka työstä riippuen saattaa olla monen päivän työ, tai vain tunnin kokoonpano. Usein suuremmat kokoonpanot voidaan jakaa



kahteen osaan, jotka ovat kalustaminen ja johdotus. Kalustaminen tarkoittaa rasian sisään tulevien komponenttien kiinnitystä joko taustalevyyn tai muuhun vastaavaan runkoon. Nämä ovat yleensä hyvin dokumentoituja ja siten helppoja ja nopeita työvaiheita. Johdotuksessa asentaja lukee vetolistasta minne johdot kokoonpanon sisällä tai kokoonpanosta pihalle vedetään ja samalla merkitsee johdot, jotta ne eivät mene sekaisin keskenään. Toisinaan optioiden muuttuessa saattaa muuttua myös kokoonpanolta ulos tulevien johdotusten pituus, jotka on kuitenkin usein dokumentoitu puutteellisesti. Johdotuksissa käytetään paljon hiljaista tietoa asentajien kesken ja suurempiin ongelmiin kysytään apua loppukokoonpanosta, laadunohjauksesta tai sähkösuunnittelusta.

Osassa kokoonpanoista logiikka, näyttö tms. kokoonpanon osa joudutaan ohjelmoimaan kokoonpanon jälkeen. Usein ohjelmointi suoritetaan vasta kokoonpanon valmistuttua tarkastuspisteellä. Ohjelman toimittaa sähkösuunnittelu ja usein jokainen ohjelma on laitekohtainen, johtuen laitteiden suuresta varioituvuudesta asiakastilauksen mukaan.

Tarkastaminen kuuluu oleellisena osana sähkökokoonpanoihin, joilla on vaikutusta poralaitteen käyttöturvallisuuteen. Tarkastettavat komponentit liikuttavat joko poralaitetta, vaikuttavat puomien liikkeisiin, tai niissä on suuria jännitteitä sisällä. Tarkastusta tekee sähkösolussa sähkö tarkastukseen erikseen koulutetut asentajat, joiden osallistuminen normaaliin kokoonpanotyöhön on vähäistä.

Sähkö tarkastuksessa käytetään jokaiseen kokoonpanoon suunniteltuja laitteita, joilla pystytään testaamaan sähkökokoonpanon toimivuus ennen sen kytkemistä poralaitteeseen. Tarkastuslaitteistot on tehty sähkösuunnittelun ja sähkö tarkastajien yhteistyönä, eikä niitä voi korvata valmiiksi saatavilla tuotteilla. Sähkö tarkastuksessa ilmenee viimeistään kokoonpanoissa tulleet virheet ja usein tarkastuspiste ruuhkautuu, jos kokoonpanoissa on vaikeasti löydettäviä vikoja. Usein pienet kokoonpanoissa tulleet virheet saattavat isompien kokoonpanojen kohdalla aiheuttaa jopa muutaman päivän vian etsimisen tarkastamisen yhteydessä.

### **5.3 Solun ulkoinen logistiikka**

Tässä kappaleessa käydään läpi miten sähkösolun ulkoinen logistiikka toimii työn alussa, ja käydään läpi sähkösolun sisäiset ja ulkoiset asiakkaat. Ensin käsitellään soluun saapuvan materiaalin logistiikka, ja sen jälkeen solusta valmistuvien töiden logistiikka.

#### **5.3.1 Soluun saapuva materiaali**

Suuri määrä sähkösolussa käytettävistä materiaaleista varastoidaan sähkösolun sisällä oleviin patereihin, kuormalavahyllyihin tai kevythylyihin. Sandvikille ostettavat nimikkeet tulevat tavaran vastaanoton kautta ja vastaanoton jälkeen logistiikka toimittaa nimikkeet soluun kuormalavalla. Tarkempaa paikkaa ei sisään tulevalle materiaalille ole määriteltä, joten usein kuormalava jätetään paterin ja kuormalavahyllyn väliseen tilaan

siihen kohtaan, johon kuormalava mahtuu. Soluun saapuvan materiaalin saapumista soluun ei juurikaan kommunikoida, vaan materiaalin saapuminen huomataan vasta kun kuormalava huomataan sähkösolun asentajien toimesta. Materiaalin paikoittamisen soluun suorittavat sähkösolun asentajat, sillä logistiikan työntekijöillä samannäköiset sähkökomponentit saattavat helposti mennä keskenään sekaisin. Paikoittamiseen ei ole nimettyä asentajaa, vaan sen suorittaa se asentaja, jolla paikoittamiseen on aikaa.

Soluun työlle tulevat keräilyt toimitetaan joko kuormalavalla tai kovamuovisissa keräilylaatikoissa, riippuen keräiltävien nimikkeiden vaatimasta tilasta. Keräiltävät työt tuodaan samalle alueelle kuin soluun paikoitusta odottava materiaali. Asentajat pyrkivät tilanteen mukaan löytämään kuormalavahyllystä paikan keräilyille, jos työtä ei heti keräilyn saapuessa päästä aloittamaan. Keräilyiden tilaaminen on työnjohtajan vastuulla, ja ne pyritään ajoittamaan mahdollisimman lähelle niiden todellista tarvetta.

Palautusautomaattien keräilyminen hoidetaan toimittamalla työkortilla varustettu keräilylaatikko sähkösolun asentajien toimesta logistiikkaan. Keräilylaatikko toimii kanban-korttina keräilyilijöille, ja he toimittavat laatikossa kerätyt työt sähkösolusta osoitetulle hyllypaikalle. Palautusautomaattia tekevä asentaja hakee laatikon hyllystä, kun ottaa sen työlle. Töille saapuvat suuremmat materiaalit, kuten sähkökeskusten kotelot varastoidaan logistiikan kuormalavahyllyissä, joista yleensä sähkösolun asentajat hakevat tarvittavat kotelot töitä aloitettaessa. Suuren kokonsa vuoksi koteloita ei haluta soluun ennen työn aloittamista.

Sähkösolussa on myös suuri määrä 2-laatikkonimikkeinä olevia pultteja, muttereita, sulakkeita ja muita varastoylläpidon ulkopuolisia nimikkeitä. Nämä nimikkeet tulevat kahdelta eri toimittajalta ja niiden paikoituksen hoitavat näiden yritysten paikoittajat. 2-Laatikkonimikkeiden tilaamisen hoitavat asentajat, jotka viestittävät nimikkeen loppumisesta laatikoissa olevilla kanban-korteilla, jotka toimitetaan solusta löytyvään tilauslaatikkoon. Toimittajien edustajat käyvät hakemassa hyllyistä kortit ja toimittavat itse hyllykohtaisesti lisää 2-laatikkonimikkeitä hyllyyn.

### **5.3.2 Solusta valmistuvien töiden logistiikka**

Solusta valmistuu suuri määrä töitä ulkoisille ja sisäisille asiakkaille. Niiden logistiikka solusta ulos oli hieman vaihtelevaa. Sandvik on ulkoistanut osan laitteiden loppukoonpanoista ulkoisille yrityksille, joita kutsutaan satelliittikokoonpanoiksi (lyhennetään SAT). Satelliittikokoonpanon-, varaosa- ja kittitoimitusten töille on varattu muutama lavapaikka solun kuormalavahyllyistä, joista logistiikka hoitaa valmiiden töiden kuljetuksen pakkaamoon tai lastausalueen näille töille varattuihin ruutuihin. Usein töillä on solun alikapasiteetin tai osapuutteiden takia kiire toimitukseen, jolloin asentajat hoitavat itse valmistuvan työn kuljetuksen solusta lastausalueelle. Riippuen valmistuvan työn koosta, hoidetaan kuljetus joko käsissä kantamalla, trukilla tai sähköpinontatrukilla.

Sisäisiä asiakkaita sähkösolulla on pakkaamo, ohjaamosolu, hydraulikkasolu, poralaitteiden lopputestaus, sekä loppukokoonpanopaikat. Näille sisäisille asiakkaille valmistuvien töiden kuljetuksen hoitavat pääsääntöisesti asentajat itse, sillä sähkösolussa tehtävät työt vaaditaan sisäisillä asiakkailla heti työn alkuvaiheessa, jolloin niillä usein on kiire solusta seuraavalle kokoonpanopaikalle. Poikkeuksena tähän on toisessa rakennuksessa sijaitseva pakkaamo, johon menevien töiden toimituksen hoitaa logistiikka.

Osa sähkösolussa tehtävistä töistä tehdään varasto-ohjautuvasti, sillä lyhytkestoisia ja standardimallisia nimikkeitä kannattaa tehdä useampi kappale kerrallaan, eivätkä ne varioidu laitekohtaisesti. Näille töille on kuormalavahyllyssä varattu paikka, josta logistiikka hoitaa niiden kuljetuksen niiden varastopaikoille.

Solun ulkoinen logistiikka oli hyvin sekava ja suuri vastuu töiden kuljetuksista oli logistiikan sijasta jätetty sähkösolun asentajille. Osittain tämä johtuu sähkösolun sijainnista, joka on fyysisesti kaukana muista maanalaisen puolen (UG:n) osastoista. Syrjäisestä sijainnista johtuen logistiikka ei aktiivisesti liiku solun alueella, jolloin töiden valmistumista ei huomata heti.

## 6. ULKOISTETTAVIEN NIMIKKEIDEN VALINTA

Tämä luku sisältää työn ensimmäisen osan, jossa selvitettiin kokoonpanot, joita jatkossa solussa tullaan tekemään. Selvitystyö tehtiin seuraamalla toteutuneita tunteja vuodelta 2014, sekä käymällä läpi eri laitetyyppien aiheuttamaa kuormitusta sähkösoluun. Soluun pyrittiin jättämään sellaisia töitä, joiden aiheuttama työkuorma ei muutu radikaalisti laitetyyppien muuttuessa.

### 6.1 Aloituspalaveri

Aloituspalaveri pidettiin sähkösolun työntekijöille, joille esiteltiin projektin taustoja, sekä tavoitteita. Työntekijöille esiteltiin diplomityön tarkoitus ja tavoitteet, sekä ilmoitettiin miten tiedotus sen etenemisestä esitellään. Lisäksi työntekijöille painotettiin heidän osuuttaan suunnittelussa, jotta leanin kahdeksas hukka saadaan poistettua. Palaverin aikana ja jälkeen käytiin vapaata keskustelua työntekijöiden, sekä luottamushenkilöiden kanssa.

Taustoissa selitettiin sähkösolun ajautuneen nykyiseen tilaan ajan saatossa, josta johtuen siellä tehtävien nimikkeiden määrä on todella suuri. Tällä hetkellä tehdään itse kaikkea yhden katkaisijan rasioista aina porausjumbon sähkökeskukseen. Layouttia ei ole suunniteltu tukemaan nykyistä tuotantoa ja solussa töiden teosta suuri aika kuluu arvoa lisäämättömään työhön, kuten keräilylistojen ja vetolistojen tulostamiseen, materiaalien keräilyyn ympäri tehdasta, sekä kokoonpanodokumenttien virheiden selvittämiseen.

Tavoitteena työlle on solussa tehtävien töiden valitseminen siten, että se vastaa parhaalla mahdollisella tavalla tuotannon vaatimukseen. Tämä tarkoittaa että kokoonpanot valmistuvat JIT:in mukaisesti ajallaan, sekä kokoonpanojen laatu olisi hyvää. Samalla töiden määrä tulisi sovittaa solun kapasiteetin mukaan siten, ettei eri viikkojen välillä olisi suuria heittelyitä solun työkuormassa. Työntekijöillä oli toiveena että solussa tehtäisiin itse vaativampia töitä kuten sähkökeskuksia, yksinkertaisten kokoonpanojen sijasta. Työntekijöillä oli pelko, että vaativampien töiden vaatima ammattitaito katoaa solusta, jos niitä tehdään todella harvoin. Tällä hetkellä yksinkertaisimmat sähkökeskukset on ulkoistettu, ja solussa tehdään vain DTi-laitteiden keskukset.

Lopuksi käytiin läpi, mitä työssä halutaan työntekijöiltä. Tässä korostui avoin mieli, sekä työntekijöiden mahdollisuus vaikuttaa omaan työhönsä. Työntekijöille painotettiin, että kaikki kehitysideat otetaan vastaan ja että heidän apuaan tarvitaan solun muutoksissa.

Lopuksi oli vapaata keskustelua ja seuraavaksi on esiteltynä esiin nousseita kehitysehdotuksia:

- Töistä tulostettavissa osaluetteloissa on kuulemma huomattavasti virheitä, varsinkin prikoissa sekä ruuveissa. Usein kuvien mukaisia kokoonpanoja ei ole mahdollista tehdä, sillä kuvissa reikien paikat on sijoitettu siten, ettei ruuvia pääse kiristämään, tai rasian takalevy ei muuten mahdu paikalleen.
- Soluun toivottiin omaa ”varastomiestä”, jonka tehtävänä olisi materiaalien kerääminen tölle valmiiksi, jolloin asentajien aika voitaisiin käyttää enemmän arvoa lisäävään työhön.
- Lisäksi kitti-keräilyt herättivät keskustelua, sillä usein niissä ei ole kokoonpanoa vaativaa työtä ollenkaan, vaan ainoastaan sähköosien keräily pussiin ja toimitus pakkaamoon. Tämä kuitenkin on huomattavan tilauskohtaista ja esiin nousi tilauksia tekevän organisaation puute käydä näitä tarkemmin läpi. Tästä näkökulmasta näiden jatkototeuttaminen nähtiin välttämättömänä, joskin nykyiseen toimintatapaan toivottiin muutosta.
- Lisäksi nostettiin esiin mahdollisuus kotiuttaa sähkökeskusten kokoonpanoa ulkoiselta toimittajalta, jolloin solussa voitaisiin keskittyä haastavampiin töihin. Tämä myös pitäisi yllä asentajien ammattitaitoa. Esiin nousi myös samojen kokoonpanojen teko itsellä ja ulkoisella toimittajalla, jolloin työn määrää voisi jakaa kapasiteetin mukaan. Tällä päästäisiin eroon suurista kapasiteettitarpeen vaihteluista eri viikkojen välillä.

Kaiken kaikkiaan aloituspalaveri saatiin vietyä läpi suunnitellusti, eikä suurta muutosvastarintaa ollut havaittavissa. Epävarmuutta asentajissa aiheutti heidän ammattitaidon katoaminen ulkoistettavien nimikkeiden osalta, mutta silti he näkivät tarpeelliseksi toiminnan järjestyttämisen. Yleisesti oltiin myös yhtä mieltä siitä, että nykyinen järjestelmä ei ole halutun kaltainen, ja muutosta tarvittaisiin.

Palaverin jälkeen kävimme myös niin osaston- kuin pääluottamusmiehen kanssa keskustelua työn tekemisestä siten, että yksittäisten työntekijän työpanosta ei seurata, vaan solussa tehtävien töiden etenemistä seurataan.

## 6.2 Haastattelut

Työtä varten haastateltiin eri henkilöitä, joiden työkuva vaikuttaa sähkösolun päivittäiseen työskentelyyn. Haastateltavia henkilöitä olivat työnjohtaja, töiden avaaja, valmistuspäällikkö, sähkösuunnittelija sekä hankintainsinööri.

Haastatteluihin käytettiin aikaa noin tunti, ja kysymysten runko toimitettiin haastateltaville muutamaa päivää ennen haastattelua, jotta heillä on tiedossa minkä tyyppisiä kysymyksiä tulee. Haastattelut saatiin toteutettua hyvin ja niistä saatiin paljon tietoa solun toimintaa koskien. Kaikki haastattelut nauhoitettiin, joten haastatteluiden lopullinen

yhteenveto oli helppoa, eikä aikaa mennyt muistiinpanojen tekemiseen itse haastattelun aikana.

Yhteenveto tehtiin summaamalla eri tahoilta tulleita ajatuksia, jolloin monelta taholta mainittujen ongelmien uskottiin olevan oikeita ongelmia solussa. Haastatteluista myös tietyt asiat olivat vain yhden haastatteluun osallistuvan mielestä ongelma ja muut eivät nähneet sitä ongelmana, jolloin ongelma otettiin huomioon, muttei nostettu sen prioriteettia ulkoistuksia mietittäessä.

Yhteenvetona haastatteluista saatiin seuraavia huomioita:

- Yksinkertaiset työt ovat hyvin määriteltyjä, ja niiden tekemiseen on paremmin aikaa kuin monimutkaisiin kokoonpanoihin, kuten sähköohjaukset ja sähkökeskukset.
- Osapuutteen ovat pieni ongelma, mutta ne eivät vaikuta päivittäiseen työskentelyyn osin jättämästä johtuen.
- Työn alkuselvitykseen menee huomattavasti aikaa, jolloin dokumenttien tulostaminen ja osien keräily vievät huomattavan ajan pienissä kokoonpanoissa.
- Omilla asentajilla on tärkeää saada pysymään taito isoihin kokoonpanoihin, sillä ongelmanratkaisukyky on huomattava kilpailuetu. Ongelmanratkaisukyky on erittäin tärkeää pitää yllä, jotta laitteiden lopputestauksessa esiintyvien vikojen paikantaminen ja korjaaminen olisi nopeaa. Vaativat kokoonpanot myös pitävät yllä ammatillista osaamista.
- Kittityöt ja varaosiin menevät työt ovat vaikeita ja aikaa vieviä, sillä niiden sisältö ei ole yksiselitteinen. Näiden tekemiseen tarvitaan sähkösuunnittelulta aktiivista osallistumista.

Ratkaisuina esiin nostettuihin huomioihin saatiin seuraavia huomioita. Pieniä töitä on helppo ulkoistaa, sillä niiden tekeminen on yksinkertaista ja ne eivät vaadi tukea sähkösuunnittelulta. Nimikkeitä joiden kanssa on itsellä suuria haasteita tehdä ja joissa kuvat tms. eivät ole ajan tasalla, ovat vaikeita ulkoistaa ja nämä olisi siitä syystä jätettävä ulkoistettavien nimikkeiden ulkopuolelle.

Osapuutteen saataisiin paremmin hallintaan, kun solun sisäistä varastoa ja logistiikkaa hoitaisi yksi valikoitu henkilö. Tähän rooliin esitettiin käytettäväksi solukoordinaattoria, jota on testattu muissa kokoonpanosoluissa. Solukoordinaattorin töihin lukeutuu myös töiden aloituskelpoisuuden tarkastelu, dokumenttien tulostaminen ja töiden valmiiksi kerääminen solusta. Solukoordinaattoria päätettiin kokeilla solussa ja räätälöidä tehtävä siten, että se on mahdollisimman toimiva juuri sähkösolun kokoonpanoja ajatellen. Solukoordinaattorin työnkuva esitellään kappaleessa 7.2.

Sähköohjaukset ja palautusautomaatit luovat yhdessä pääosan sähkösolun työkuormasta ja ovat ammattitaitoa ylläpitäviä töitä. Lisäksi molemmissa töissä kokoonpanon jälkeen on vielä työn sähkö tarkastaminen, joka varmistaa töiden toimivuuden. Sähkö-

tarkastaminen ylläpitää asentajien ongelman ratkaisukykyä, joka nähdään erittäin tärkeänä osana asentajien osaamista. Tämän takia tarkastettavia kokoonpanoja ei haluttu mielellään ulkoistaa. Lisäksi kaikkia töitä joissa on Sandvikin oma ohjelma sisällä, voidaan pitää solun ydinosaamisena, eikä ohjelmointia haluta ulkoistaa. Tämän takia myös ohjelmoitavat kokoonpanot haluttiin pitää omassa tuotannossa.

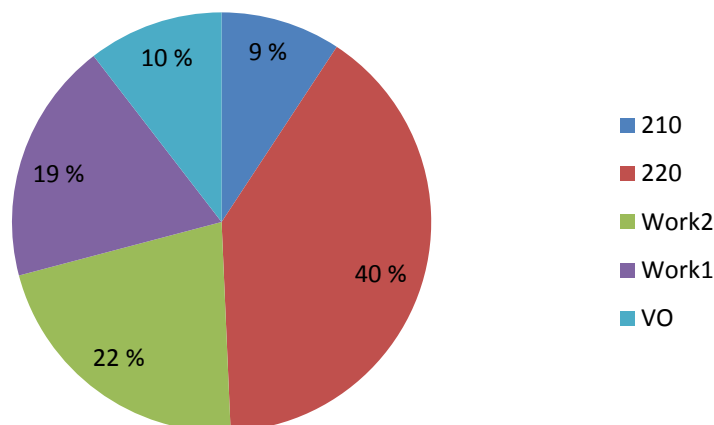
### 6.3 Työkuorman jakautuminen

Seuraavaksi tarkasteltiin työkuorman jakautumista eri kuormitusryhmien kesken. Tällä tarkastelulla pyrittiin selvittämään kuinka paljon sähkösolussa tehtäviä tunteja käytetään erityyppisiin töihin, jotta ulkoistettavien nimikkeiden vaikutuksia työkuormaan voidaan ennustaa.

Tarkasteluun otettiin vuoden 2014 työt, pois lukien Joulukuun työt, joista osa oli vielä kesken tarkastelua tehtäessä. Töistä käytiin läpi miten ne jakautuivat eri kuukausien välillä ja miten tunnit jakautuvat 11kk ajanjaksolla. Ulkoistettavia nimikkeitä valittaessa ei ollut tarkoitus vähentää solun kapasiteettia, jolloin ulkoistuksen vaikutus kokonaiskuormitukseen ei saanut olla liian suuri.

Kuormituksista verrattiin olivatko suunnitellut tunnit ja toteutuneet tunnit yhteneviä, jolloin tietoa saatiin myös ERP-datan paikkansapitävyydestä. Ongelmana kuormituksia tarkastellessa aiheutti paljon työntekijöiden väärät leimaukset töille, sillä toisinaan toteutuneet tunnit saattoivat heittää huomattavasti suunnitelluista tunneista. Leimauksissa ei ollut kuitenkaan systemaattista heittoa eri töiden välillä, jolloin virheiden uskottiin tasoittuvan pitkällä aikavälillä.

Työt jaettiin eri kuormitusryhmiin ja niiden suhteita vertailtiin toisiinsa. Eri kuormitusryhmät on esitelty kappaleessa 5.1. Kuvasta 6 näkyy toteutuneiden tuntien suhteet eri kuormitusryhmien välillä.



### ***Kuva 6. Toteutuneet kuormat eri kuormitusryhmillä***

Kuvasta 2 nähdään että valtaosa sähkösolun työstä jakautuu 220-vaiheelle (sähköohjaukset) ja Work2-kuormitusryhmälle, johon kuuluvat palautusautomaatiikat sekä vika- ja ylivirtasuodattimet. Sähkökeskusten (210-vaihe) kokoonpanotunnit ovat todella pieni osa kokonaisajasta, sillä solussa tehdään enää DTi-laitteiden sähkökeskukset. Pienet työt (Work1-kuormitusryhmä) ovat lähes viidenneksen solun töistä, ja nämä ovat haastatteluiden pohjalta helposti ulkoistettavia töitä.

Kun tuntien jakautumista tutkittiin eri kuukausien välillä, huomattiin että kokonaistunneista riippumatta suhde eri kuormitusryhmien välillä pysyi lähes vakiona. Tämä oli tärkeä huomio, sillä jos eri kuukausina tekeminen olisi jakautunut huomattavan erilaisilla eri kuormitusryhmien välille, olisi vain yhdestä kuormitusryhmästä ulkoistaminen vaikuttanut vain osaan kuukausista, eikä kokonaiskuorma olisi helpottanut.

## **6.4 Laitetyypin vaikutus työkuormaan**

Ongelmaksi sähkösolussa muodostuu työkuorman vaihtelu eri viikkojen välillä, joka johtuu eri laitetyyppien erilaisesta kuormasta. Koska ERP ei suoraan pysty antamaan dataa eri laitetyyppien työkuormasta, oli tämä selvitettävä.

Tuotanto suunnitellaan siten, että jokaista viikkoa kohden on tietty määrä laitteiden loppukokoonpanojen aloituksia. Suunnittelussa erityyppisten laitteiden aloituksia ei pystytä jakamaan eri viikoille, sillä lähes jokainen laite tehdään asiakkaalle tilausta vastaan. Sähkösolun kokoonpanot on aloitettava huomattavasti ennen loppukokoonpanon aloitusta, sillä niitä tarvitaan heti loppukokoonpanon ensimmäisinä päivinä. Jos aloitettava laite sisältää paljon optioita, on sen vaikutus sähkösoluun huomattavasti suurempi, kuin perusmallisen poralaitteen. Monta optiorikasta laitetta samalle viikolle nostaa sähkösoluun kohdistuvaa työkuormaa, jolloin kokoonpanot saattavat jäädä jälkeen tuotannon aikataulusta.

Laitetyypeistä pyrittiin selvittämään erityyppisten laitteiden keskimääräiset kuormat sähkösoluun, sekä mistä eri töistä kokonaiskuormitus koostuu. Ennen selvitystä oli tiedossa laitetyyppejä joista aiheutuu paljon kuormitusta sähkösoluun, mutta kukaan ei osannut tarkkaan sanoa mihin kokoonpanoihin aika solussa käytetään.

Tarkastelua tehtiin jakamalla ensin laitetypit viiteen eri kategoriaan, niiden erilaisen rakenteen mukaan. Laitetyypeiksi valittiin DD-laitteet (tunnelinporauslaitteet), DL-laitteet (pitkäreiän porauslaitteet), DS-laitteet (pultituslaitteet), DTi-laitteet (tunnelijumbot) sekä uuden Bedrock tuoteperheen laitteet. Jokaisesta kategoriasta valittiin neljä laitetta, jotka edustivat eniten tehtäviä laitetyyppejä. Laitteista pyrittiin huomioimaan yleisimmät optiot, joiden avulla päästiin käsiksi laitteisiin tehtäviin nimikkeisiin. Nimikkeistä tutkittiin ERP:stä historiasta toteutuneet tunnit jokaiselle tehtävälle nimik-



keelle, ja näiden tuntien keskiarvoilla laskettiin jokaiseen laitetyyppiin kohdistuva keskimääräinen työkuorma.

Laitekohtaisessa tutkimuksessa jokainen laitteeseen tehtävä nimike summattiin vielä oman kuormitusryhmänsä alle, jolloin saatiin selville mihin laitteen kokoonpanosta aiheutuvat tunnit kohdistuvat. Näin jokaiselle laitteelle saatiin selvitettyä niiden kokoonpanoon vaadittavat tunnit, sekä niiden jakautuminen aina nimikkeen tarkkuudella. Kuvassa 7 on havainnollistettuna yhden DL421-15C-laitteen kuormitus sähkösoluun.

210-vaihe	0%	h
220-vaihe	68%	h
W1	32%	h
W2	0%	h
<b>Total:</b>	<b>100%</b>	<b>h</b>

**Kuva 7. DL421-15C tuntien jakautuminen**

Kuvasta huomataan kuinka kyseisen laitteen kuormasta huomattavan suuri osa tulee sähköohjauksesta (220-vaihe). Loput tunnit kohdistuvat W1-kuormitusryhmän kokoonpanoihin, jotka ovat tarkemmin eriteltynä kuvassa 8.

Nimi	Määrä	Kuorma
OHJAUSKESKUSKOKOONPANO	1	69%
HAAROITUSRASIAKOKOONPANO	1	10%
HAAROITUSRASIAKOKOONPANO	1	14%
HAAROITUSRASIAKOKOONPANO	1	7%
<b>YHT:</b>		<b>100%</b>

**Kuva 8. DL421-15C W1 kuormitusryhmän sisältö**

Kuvasta 8 huomataan kuinka laitteelle tehdään 3kpl haaroitusrasioita ja yksi ohjauskeskuskokoonpano. Useasta kokoonpanosta huolimatta haaroitusrasioihin ja ohjauskokoonpanoon menee alle puolet sähköohjaukseen kuluva ajasta. Tunteja laskettaessa on pyritty valitsemaan yleisimpiä laitevariaatioita, joiden kokoonpanoihin käytettävistä tunneista on laskettu keskiarvotunnit.

Työssä ei ollut tarkoitus saada sähkösoluun kohdistuvaa kuormitusta mahdollisimman pieneksi, vaan enemmänkin tasattua työkuorma eri laitteiden välillä, oli tuntien selvittäminen todella tärkeää. Tunteja pyrittiin vertailemaan keskenään ja niiden väliltä pyrittiin löytämään yhteisiä tekijöitä, joiden takia toiset laitteet olivat enemmän solua kuormittavia kuin toiset.

Suurimpia töihin vaikuttavia tekijöitä olivat DTi-laitteisiin tehtävät sähkökeskukset, sekä lähes kaikkiin laitetyyppeihin tehtävät Work1-kuormitusryhmän työt. Kun laskettiin miten näiden ulkoistaminen vaikuttaisi soluun kohdistuvaan työkuormaan, saatiin selville että nämä ulkoistamalla saadaan laitetyypistä aiheutuva muutos työkuormaan

pienenemään huomattavasti. Kuvassa 9 esiteltynä miten nämä muutokset tasaavat so-  
luun kohdistuvaa kuormitusta.

Ryhmät:	DD	DS	DL	DTi	BR
Keskiarvot:	39%	65%	39%	100%	43%
K-A ilman W1:	62%	72%	57%	100%	42%

**Kuva 9. Kuormat laitetyypeittäin**

DTi-laitteiden vaatima kuorma pysyy sähkökeskuksen ja W1-nimikkeiden ulkoistami-  
sen jälkeenkin suurimpana, mutta se ei enää poikkea aivan yhtä dramaattisesti muista  
laitteista. Huomattavaa kuitenkin on että laitetyyppien sisällä tunnit tasaantuivat huo-  
mattavasti.

Työssä ehdotettiin että laitteille tehtävät Work1-nimikkeet ulkoistettaisiin ja sähkökes-  
kusten kokoonpanosta luovuttaisiin kokonaan. Näillä toimenpiteillä peruslaitteiden  
(DD, DL, DS) vaihtelu työkuormaan saatiin pienentymään n. 40%:iin alkuperäisestä,  
DTi-laitteiden vaihtelu pieneni myös n. 40%:iin alkuperäisestä ja uusien Bedrock tuote-  
perheen laitteiden vaihtelu saatiin lähes vakioksi. Lisäksi vaihtelua laitteelta aiheutu-  
vaan kuormaan tuo VYK, sillä sitä ei toimiteta kuin vain osan laitteista mukana, jolloin  
myös sen kokoonpanon ulkoistusta pohdittiin.

## 6.5 Nimikkeiden valinta

Haastatteluiden ja ERP-datan pohjalta päädyttiin ratkaisuun, että ulkoistetaan pieniä  
töitä kuten haaroitusrasioita, antureita, kaapelikokoonpanoja ja painonappeja, jotka vai-  
kuttivat eniten laitetyyppien sisällä oleviin eroihin. Näillä saatiin tasoittumaan huomattavasti  
aikaa eri laitetyypeistä aiheutuviin työkuormiin, sekä poistettua solusta yksinker-  
taista kokoonpanotyötä joka ei kasvata asentajien taitoa. Näiden kokoonpanojen yhtey-  
teen otettiin myös muita Work1- ja VO-kuormituryhmien nimikkeitä, jotka ovat helppo-  
ja kokoonpanna ja täten myös helppoja ulkoistaa.

Näiden lisäksi päätettiin ulkoistaa isojen tunnelijumbojen sähkökeskukset, sillä pienem-  
pien sähkökeskusten ulkoistuksesta oli positiivisia kokemuksia. Sähkökeskukset olivat  
tulleet ajallaan ja hyvällä laadulla, joten suurempien keskusten ulkoistamisessa ei nähty  
suurta lisähaastetta toimittajalle. Lisäksi sähkökeskusten pienen volyymin takia ne se-  
koittivat liikaa solun sisäistä tekemistä ja asentajista vain tietyt henkilöt olivat tehneet  
sähkökeskuksia, jolloin niiden tekemiseen oli aina varattava tietyt henkilöt solusta. Säh-  
kökeskukset olivat lisäksi suuritöisiä ja aiheuttivat huomattavan suuren työkuorman  
laitteisiin, joihin tehtiin vielä itse sähkökeskukset.

Kolmanneksi ulkoistettavaksi ryhmäksi valittiin VYK:it, sillä ne ovat suhteellisen help-  
poja tehdä eikä niitä mene jokaisen laitteen mukaan. Tällä ulkoistuksella oli tarkoitus  
saada lisää tasattua eri laitteiden kokoonpanosta aiheutuvia työkuormia. Kuvasta 10  
nähdään kootusti määrät ulkoistetuista nimikkeistä.

Tyyppi	Lukumäärä
VYK:it	8,7%
Kaapelit	14,1%
Haaroitusasiat	48,9%
Painonapit	13,1%
Anturit	10,9%
Muut	4,3%

*Kuva 10. Ulkoistettavien nimikkeiden suhde*

Asentajille ilmoitettiin soluun tulevista muutoksista ja he olivat yhtä mieltä että kyseisten nimikkeiden ulkoistus oli varsin hyvä ratkaisu. Asentajille esitettiin miten laitteiden tunnit tulisivat jatkossa tasaantumaan ja työkuorma pysymään enemmän vakiona. Asentajien mielestä ulkoistukset olivat onnistuneet.

## 6.6 Yhteenveto ulkoistettavista nimikkeistä

Nimikkeiden ulkoistuksella pyrittiin tasaamaan eri laitetyyppien välisiä kuormituksia sähkösoluun, ja kuormien vaihtelut tasaantuivat noin 40%:iin alkuperäisistä. Solun kokonaiskuormasta vuositason saatiin leikattua soluun kohdistuvaa ylikuormaa, eikä ulkoistusten jälkeen ollut tarkoitus säästää työvoimakuluissa. Ulkoistuksilla saatiin myös saman laitetyyppien optioiden vaikutus solun työkuormaan vähentymään merkittävästi.

Ulkoistettujen nimikkeiden aiheuttamaa vaikutusta solun toimintaan ei ehditä kunnolla työn puitteissa tarkastelemaan, sillä nimikkeiden ulkoistamisprosessi vei huomattavasti enemmän aikaa, kuin luultiin.

Ulkoistettavien nimikkeiden listaa käytiin läpi sähkösuunnittelun kanssa ennen sen toimittamista hankintaan, jolloin siitä jouduttiin muutama kokoonpanot poistamaan niiden puutteellisen dokumentaation tai liian vaikean kokoonpanon takia. Osa kokoonpanoista oli uusia nimikkeitä, jolloin on oletettavaa että niihin tulee muutoksia lähiaikoina. Nämä nimikkeet jouduttiin myös karsimaan listoilta.

Ulkoistusta varten työssä jouduttiin laskemaan vuositason volyymit jokaiselle ulkoistettavalle nimikkeelle, joka oli hyvin haastavaa. ERP:stä saatiin historiatietoihin perustuvaa dataa nimikkeiden volyymeistä, mutta esimerkiksi varaosatilauksen vaikutusta kapalemääriin on hyvin vaikea ennustaa. Koska poralaitteet ovat suuresti varioituvia asiakastarpeen mukaan, on myös tiettyjen kokoonpanojen osuus vuositason erittäin vaikeaa hahmottaa.

Ohjausryhmän mielestä nimikkeiden ulkoistuksella päästiin kuitenkin erittäin hyvin tuloksiin, ja ne saatiin vietyä eteenpäin lähes alkuperäisessä aikataulussa. Seuraavassa vaiheessa oli tarkoitus mieltä jäljelle jääviin kokoonpanoihin soveltuvan layoutin suunnitella.

nittelua sekä käyttöönottoa. Lisäksi layoutti tuli suunnitella siten, että tekemistä saataisiin muutettua tuottavammaksi. Nimikkeiden ulkoistamisella saatiin leikattua soluun kohdistuvasta ylikuormasta 50%, ja loppuosa ylikuormasta piti saada leikattua kokoonpanoa järkeistämällä, sillä soluun ei mahtunut lisää asentajia.

## 6.7 Tulosten esittely asentajille

Asentajille esiteltiin työn etenemistä ja käytiin myös läpi mistä lähtökohdasta työtä on lähdetty tekemään. Esitys pidettiin neuvotteluhuoneessa ja toteutettiin esittelemällä Powerpoint-esitys asentajille. Esitystä tukemaan ja kysymyksiin vastailemaan saatiin myös valmistuspäällikkö, tuotannonkehityspäällikkö ja sähkösolun esimies, jotka ovat olleet myös mukana diplomityön ohjausryhmässä. Lisäksi esitystä seuraamaan kutsuttiin osaston luottamusmies ja pääluottamusmies.

Aluksi esiteltiin diplomityön alkutilanne, sekä haluttu tavoitetila, jotka on esitelty projektisuunnitelmassa (Liite A). Lisäksi käytiin uudelleen läpi työhön varattu aikataulu ja todettiin että työ on edennyt lähes aikataulussa.

Asentajille selitettiin yksityiskohtaisesti miten soluun vaikuttavia tunteja on tutkittu ja mihin niillä on päädytty. Asiaa lähestyttiin selvittämällä millaisia muutoksia soluun olisi syytä toteuttaa, jotta solun kuormitus saataisiin tasautumaan. Asentajilla tuli huomattavasti kommentteja eri tunneista ja laskennan tarkkuudesta, mutta kaikkiaan he ymmärsivät mitä laskuilla pyrittiin saamaan aikaan. Lopuksi laitetyyppien kuormista huomautettiin mistä nimikkeistä vaihtelu aiheutuu.

Seuraavaksi käytiin haastatteluissa esiin tulleet asiat läpi. Asentajat olivat haastatteluista saaduista yhteenvedoista yhtä mieltä, eikä heillä ollut korjausehdotuksia yhteenvedoon. Kommentteja tuli haastatteluiden kohteista, mutta asentajien mielestä otannan laajuus ja siihen valitut henkilöt olivat hyvin valittu.

Kun esityksessä edettiin ratkaisuun, jossa päädyttiin työssä esiteltyihin ulkoistuksiin, aiheuttivat nimikkeiden valinnat suurta keskustelua. Ulkoistuksista saataviin tuloksiin oltiin tyytyväisiä, mutta suurta huolta aiheutti omien töiden ulkoistaminen. Kun vakuumme asentajille sekä luottamusmiehille, ettei ulkoistuksilla haettu henkilöstövähennyksiä vaan helpotusta ylikuormaan, saatiin keskustelua hieman tasaantumaan.

Lopuksi asentajille esiteltiin miten työ jatkuu, ja motivoitiin asentajia tuleviin muutoksiin. Työn tulosten esittely meni pääasiassa hyvin, vaikka tulevat muutokset omaan tuotantoympäristöön aiheuttivatkin hieman muutosvastarintaa.

## 7. TUOTANTOYMPÄRISTÖN SUUNNITTELU

Tässä kappaleessa käydään läpi miten uuteen tuotantoympäristön toteuttamiseen päädyttiin. Tuotantoympäristön suunnittelu aloitettiin tiedottamalla asentajille ulkoistettavista nimikkeistä ja niiden tuomista muutoksista soluun.

### 7.1 Palaveri asentajien kanssa

Samassa palaverissa kun esiteltiin asentajille nimikkeiden ulkoistuksia, käytiin läpi myös suunnitelmaa tuotantoympäristön muutoksista. Seuraavaksi esitellään mitä asioita käytiin läpi ja miten ne otettiin vastaan.

Ensimmäisenä otettiin esille solun tekeminen ja todettiin lyhyesti että sitä koitetaan saada sujuvammaksi. Tällä haettiin sitä, että asentajan työajasta olisi mahdollisimman paljon vain asentamista ja kaikki muu ylimääräinen saataisiin poistettua tai minimoitua.

Sandvikilla on ollut pilotti solukoordinaattorista, joka toimii solun asentajien ongelmien selvittäjänä. Tarkoituksena on helpottaa muiden asentajien työtä, jolloin osa- ja laatu-putteiden esiselvitys tehtäisiin vain valitun asentajan toimesta. Konseptista oli pilotissa tullut huomattavasti positiivista palautetta, joten sitä päätettiin kokeilla myös sähkösoluun hieman räätälöitynä versiona.

Sähkösoluun solukoordinattorille suunniteltiin tehtäviksi seuraavat:

- Töiden aloituskelpoisuuden tarkastelu
- Osien keräily
- Rakennevirheiden ja osapuutteiden selvitys
- Laatu-putteiden raportoiminen

Kyseisillä tehtävillä oli tarkoituksena poistaa asentajilta töiden esiselvitykseen ja keräilyyn kuluva aikaa. Kun tehtävät ohjataan nimetyille asentajalle, saadaan enemmän toistoja kyseiselle asentajalle, jolloin tehtävät nopeutuvat ja niiden suorittaminen tapahtuu jatkuvasti samalla tavalla.

Soluun esitettiin myös tarve uudelle layoutille, jonka on tarkoitus tukea jäljelle jäävien kokoonpanojen tehokkaampaa tekemistä. Layoutin toteuttamisen lähtökohtana oli että työkalut, osat ja piirustukset olisivat lähellä asentajaa. Lisäksi todettiin että asentajilta tullaan tarvitsemaan huomattavasti apua layoutin suunnitteluun, sillä heillä on parempi tietämys kokoonpanoista kuin toimihenkilöillä.

## 7.2 Solukoordinaattorin työnkuva

Soluun päätettiin valita solukoordinaattori helpottamaan muiden asentajien työtä. Solussa oli jo valmiina asentaja, joka oli muita aktiivisemmin omaksunut paikoittajan ja ongelmanratkojan roolit, joten hänet päätettiin nimetä tehtävään. Asentajat olivat tyytyväisiä valintaan ja olivat hyvillä mielin, että he voisivat keskittyä enemmän työntekoon kun muuhun arvoa lisäämättömään työhön.

Solukoordinaattorin työnkuva on muokattu leanissa esitellyn team leader -mallin pohjalta. Koska team leader malli on vieras käsite asentajille, on sen sijaan käytetty nimeä solukoordinaattori. Solukoordinaattorin työnkuvaa päätettiin hioa paremmin soluun sopivaksi, kun mitä käynnissä olevissa piloteissa oli kokeiltu. Sähkösolun solukoordinaattorin tehtäviksi päätettiin työn esiselvitys, osien keräily solusta, materiaalin paikoitus ja varastonhallinta sekä laatu puutteiden esiselvittäminen.

Työn esiselvitys pitää sisällään dokumenttien tulostamisen ja tehtävien vaiheiden läpikäymisen ennen työn aloitusta. Dokumentit tulostetaan muutamasta eri ohjelmasta, joista saadaan kokoonpanokuvat, vetolistat, osaluettelot sekä keräilylista. Koska sähkörakenteen suunnitellaan jokaiseen kokoonpanoon erikseen, saattaa niissä usein olla epäselvyyksiä työtä aloitettaessa. Solukoordinaattorin työhön sisällytettiin näiden läpikäymisen sähkösuunnittelun kanssa, mikäli työn dokumenteissa on jotakin puutteita.

Soluun saapuvan materiaalin paikoitus nähtiin tärkeänä tehtävänä, ja se haluttiin yhden asentajan tehtäväksi, joten se osoitettiin solukoordinaattorille. Paikoituksen yhteydessä saa myös käsityksen varastojen tilanteesta, joten työnkuvaan sisällytettiin myös varastonhallinta ja saldoylläpito. Aloitettavien töiden keräily haluttiin rajata vain ERP:stä saatavan keräilylistan mukaisiin nimikkeisiin, sillä eri nippon ja riviliittimien keräily asentajan toimesta vähentää sekaannusten määrää. Solukoordinaattorin tehdessä keräilyitä, todettiin hänelle myös tehtäväksi osapuutteiden raportoiminen nimikkeiden vastuostajille.

## 7.3 Alustavan layoutin valinta

Layouttia lähdettiin suunnittelemaan mahdollisimman erilaisilla lähtökohdilla. Aluksi sovittiin että materiaalin virtaus soluun tulisi saada selkeämmäksi ja kokoonpanotilojen tulisi olla selkeät. Liitteessä B esitellään sähkösolun layout ennen muutoksia.

Layouttien teko aloitettiin suunnitteleamalla mahdollisimman monta erilaista layouttia, joista eriteltiin niiden hyvät ja huonot puolet. Sähköohjausten kokoonpanosta oli suunnitteilla linja, mutta se jouduttiin hylkäämään sähköohjausten kokoonpanossa esiintyvien ongelmien takia. Useita optioita sisällään pitävät sähköohjaukset ovat huomattavasti työläämpiä kuin yksinkertaiset sähköohjaukset, joten linjalle ei pystytty laskemaan te-

hokasta tahtiaikaa. Linjasta päätettiin luopua, koska sen ei nähty soveltuvan sähkösolun nykyisten kokoonpanojen tekoon.

Eri layouttien vaihtoehtoissa pohdittiin myös kuormalavahyllyjen ja patereiden tarpeellisuutta solussa. Kun mahdolliset vaihtoehdot saatiin rajattua neljään eri vaihtoehtoon, esiteltiin vaihtoehdot ohjausryhmälle, joka antoi omat mielipiteensä jokaisesta. Samalla todettiin että patereiden siirto ei ole kannattavaa, sillä se vaatisi katossa olevien nostureiden siirtämistä tai purkamista.

Palaverissa todettiin että patereiden takaseinusta, jossa kulkee käytävä, tulisi tyhjentää yleisen siisteyden vuoksi. Kuormalavahyllyn poistamisella saatiin myös poistettua turha välivarasto, jolloin sähkösolun materiaalivirtaa oli pakko parantaa. Palaverissa otettiin esille myös kehitysryhmä, joka oli tarkoitus kerätä solun asentajista. Näiden asentajien kanssa olisi tarkoitus käydä läpi solun tämän hetkistä toimivuutta ja miettiä parannusehdotuksia heidän omien tarpeiden mukaan.

## 7.4 Kehitysryhmän valinta ja tulokset

Kehitysryhmä valittiin alustavasti ja asentajille tiedotettiin sen muodostamisesta. Ryhmä haluttiin pitää pienenä, jotta sen kanssa olisi helpompi saada muutokset sovittua. Ryhmään valikoitui kaksi asentajaa ja yksi sähkötarkastaja, jotta molemmista solussa työskentelevistä asentajaryhmistä olisi edustusta ja kaikkien kanta voitaisiin huomioida. Sähkösoluun luotiin kaizenin mukaista kehitysilmapiiriä, jotta jokaiselta asentajalta saataisiin heidän kehitysideansa solun tekemisen parantamiseksi.

Kehitysryhmän kanssa pidettiin viikoittain palavereja, joissa kävimme läpi sähkösolun toimintaa ja kehitysehdotuksia siihen. Ensimmäisenä toimenpiteenä päätettiin kehittää materiaalin kulkua soluun ja sieltä ulos. Koska lattiapinta-ala solussa on todella pieni, todettiin että ainoa keino saada materiaalivirta selkeämmäksi on siivota lisää tilaa kuormalavahyllyihin. Solun materiaalivirta pyrittiin saada mahdollisimman hyväksi ja materiaalialueille tehtiin pienimuotoinen 5S-muutos.

Kuormalavahyllyjen siistiminen aloitettiin kartoittamalla nimikkeet, joita hyllyt pitävät sisällään. Asentajien toimesta tehtiin kartoitusta nimikkeistä, joita hyllyt pitivät sisällään ja nimikkeet käytiin niiden vastuuostajien kanssa läpi. Osa nimikkeistä saatiin myytyä ulkoisille toimittajille, sillä niiden tarpeet olivat vähentyneet merkittävästi sähkösolusta. Lisäksi pyrittiin poistamaan kuormalavahyllyistä nimikkeet, joiden tarpeet tulisivat loppumaan ulkoistusten astuessa voimaan. Näillä toimenpiteillä kuormalavahyllyyn saatiin tilaa huomattavasti ja kehitysryhmän kanssa pystyttiin aloittamaan materiaalivirran suunnittelu.

Ensimmäinen ongelma johon tartuttiin, olivat kokoonpanosta valmiit työt, jotka odottavat sähkötarkastusta. Aiemmin näitä pidettiin kuormalavoilla keräilykärkyissä, jotka

olivat sijoitettuna kuormalavahyllyn viereen. Ongelmaksi muodostuivat tilanteet, jossa asentajat tarvitsivat materiaaleja töihinsä kärkyjen takana olevilta lavapaikoilta. Näissä tilanteissa jouduttiin ensin siirtämään kärky sivuun ja sen jälkeen ottamaan lavalta tarvittavat osat. Usein näissä tilanteissa kuitenkin kärkyä tönätettiin vain hieman sivuun ja niiden väleissä hypittiin, josta aiheutui vaaratilanteita.

Koska keräilykärkyt ovat erittäin tarpeelliset materiaalin viemiseksi tarkastuspisteelle, päätettiin kuormalavahyllystä siivota alimmilta tasoilta lavat muille siivouksessa vapautuneille paikoille. Tämän jälkeen hyllystä poistettiin vetotasot, jotka olivat alimmilla tasoilla, jotta keräily-kärkyt saatiin työnnettyä kuormalavahyllyn sisään. Tällä toimenpiteellä kuormalavahyllyn eteen vapautui paljon tilaa ja kärkyille oli hyvin määritelty paikka, jossa ne eivät estä muun materiaalin saatavuutta.

Solusta lähteville kokoonpanoille haluttiin saada selkeät paikat kuormalavahyllyyn, joten sieltä siivottiin harvoin käytettäviä osia logistiikan varastoitavaksi. Tämä mahdollisti kaiken solusta lähtevien töiden sijoituksen kuudelle lavapaikalle, jotka merkittiin siten, että lavapaikka määrittää kokoonpanon seuraavan asiakkaan. Samalla muutoksesta saatiin se hyöty, että logistiikan on helpompi käydä hakemassa kaikki solusta valmistuvat työt, jotta sähkösolun asentajat voivat keskittyä enemmän asentamiseen.

Koska soluun saapuvalla materiaalille ei oltu määritelty selkeää paikkaa, joten päätettiin sopia selkeä paikka sisään tulevalle materiaalille. Kehitysryhmän mielestä kaksi lavapaikkaa nähtiin riittäväksi, jos materiaali siirtyy eteenpäin työlle ja paikoitettavat nimikkeet saadaan nopeasti paikoitettua. Soluun suunniteltu solukoordinaattori nähtiin saavan paikoituksen tapahtumaan nopeasti, kunhan sisään tulevan materiaalin saapumisen huomaa nopeasti. Lattiaan päätettiin merkata teipillä paikat kahdelle lavapaikalle, jolle logistiikka toimittaa kaikki soluun tuleva materiaalit. Selkeät lavapaikat poistavat ongelman, että lavojen saapumista soluun ei huomaa nopeasti tai että ne tuodaan tukkiin käyttävät. Koska työlle pyydetty keräilyt saattavat saapua soluun muutamaa päivää ennen työn aloitusta, päätettiin niille tehdä kolmen lavapaikan kokoinen välivarasto vakiopaikoille solun kuormalavahyllystä.

Soluun tulee tavaraa kuormalavoilla ja sieltä lähtee kokoonpanoja kuormalavoilla, joten koettiin tärkeänä määrittää paikka ylimääräisille lavoille ja lavojen reunoille. Kuormalavahyllyn päätyyn oli vanhassa layoutissa sijoitettu sähkökeskusten takalevyt, joiden tarve katoaa niiden ulkoistuksen astuttua voimaan, joten takalevyille rakennettu teline siirrettiin tavaran vastaanoton tiloihin. Vapautuneeseen tilaan suunniteltiin paikka lavoille ja kauluksille.

## 7.5 Layoutmuutoksen suunnittelu

Layoutmuutosta lähdettiin suunnittelemaan puhtaalta pöydältä ja sillä pyrittiin saamaan jäljelle jäävien nimikkeiden kokoonpano mahdollisimman tehokkaaksi. Aluksi haettiin



työt, joista muodostuisi suurin kuorma ulkoistamisien jälkeen. Suurimmiksi töiksi sähkösoluun jäi sähköohjaukset, sekä palautusautomaatiikat, jotka muodostavat suurimman osan koko solun kuormasta. Layoutin tulisi tukea täten näiden valittujen töiden kokoonpanoa mahdollisimman tehokkaasti ja lopuille töille tulisi olla myös valikoidut työpisteet.

Tehokkuutta kokoonpanoon pyrittiin saamaan erottamalla sähköohjauksien logiikoista ja ohjauspaneeleista kokoonpano erikseen kalustus- ja johdotusvaiheeseen. Usein työn kalustusvaiheessa nousee esille työssä olevat ongelmat, joten tavoitteena oli saada jo kalustusvaiheessa selvitettyä ongelmat, jotka saattavat keskeyttää kokoonpanon. Layout suunniteltiin siten, että kalustamiseen vaaditaan kaksi työpistettä ja johdotukseen kahdeksan työpistettä. Jako työpisteiden suhteessa laskettiin siten, että kalustus vei kokoonpanosta riippuen enintään neljäsosan kokoonpanon ajasta, jolloin yksi kalustuspiste riittää neljää johdotuspistettä kohden.

Seuraavaksi työpisteiden väliin pyrittiin saamaan enemmän tilaa ja layout mahdollisimman selkeäksi. Aiemmin solun layout oli todella ahdas, joka vaikeutti töiden liikuttamista kokoonpanopisteeltä tarkastuspisteelle. Tilaa pyrittiin saamaan lisää poistamalla ylimääräisiä työpöytiä, joista oli tullut ylimääräiselle materiaalille säilytyspaikkoja. Laskemalla yhtä aikaa työllä olevien töiden määrää, saatiin solusta poistettua neljä kokoonpanopistettä. Lisäksi ongelmallisiksi 5S:n suhteen nähtiin henkilökohtaiset työkalupakit, joista päätettiin myös luopua layoutmuutoksen yhteydessä.

Edellä mainittujen vaatimusten pohjalta alettiin suunnitella eri vaihtoehtoja uudeksi layoutiksi. Uuden layoutin myötä päätettiin pyrkiä materiaalivirran parantamiseen solussa. Layoutin muutoksen myötä solun 5S otettiin huomioon ja kaikelle materiaalille pyrittiin määrittelemään tarkka paikka. Jokaisesta layoutista pyrittiin löytämään niiden hyvät ja huonot puolet, joilla saatiin vertailtua niistä saatavia hyötyjä. Lopuksi kartoitettiin solussa olevat rajoitteet, joiden puitteissa muutos tulisi toteuttaa. Ongelmalliseksi layoutmuutosta suunniteltaessa ilmeni paterien siirto, joka olisi vaatinut solun päälle asennettujen nosturipalkkien purun tai muuttamisen. Lisäksi solussa on yksi kiinteistön sähkökeskus, jota ei haluttu lähteä siirtämään. Lisäksi sähkökeskuksen eteen on turvallisuussyistä jätettävä metri tyhjää tilaa.

Ohjausryhmälle esiteltiin eri vaihtoehdot uusista layouteista ja niistä käytiin läpi hyvät ja huonot puolet. Lisäksi osa muutoksista hylättiin niiden liian suurien muutostukosten takia. Lopulta layout suunniteltiin mukailemaan solun vanhaa layouttia, jota muutettiin kuitenkin vastaamaan paremmin uutta tuotantoa.

Valittu layout esiteltiin asentajille palaverissa, jossa käytiin myös läpi miten muutos tultaisiin toteuttamaan. Lisäksi asentajilta otettiin vastaan eri kehitysideoita, jotka pyrittiin huomioimaan layoutin lopullisessa viimeistelyssä. Liitteessä C on esiteltynä valittu uusi layout.

## 8. TUOTANTOYMPÄRISTÖN TOTEUTUS

Tässä luvussa esitellään millä toimenpiteillä tuotantoympäristöä paranneltiin. Toteutus jakaantuu kahteen osaan, joista ensimmäiset muutokset tehtiin ennen layoutmuutosta ja toiset, jotka toteutettiin layoutmuutoksen yhteydessä. Lopuksi käydään vielä läpi tuotantoympäristön hiomisesta layoutmuutoksen jälkeen.

### 8.1 Muutokset ennen uutta layouttia

Aluksi kehitysryhmän kanssa käytiin läpi muutoksia solun sisäiseen materiaalivirtaan, sekä suunniteltiin pois lähtevälle materiaalille selkeät alueet. Nämä muutokset toteutettiin pienillä muutoksilla ja vapauttamalla tilaa kuormalavahyllyyn, sekä merkkamalla lattiaan materiaalille alueet. Lisäksi solusta poistettiin ylimääräistä materiaalia ja vapautettiin hyllytilaa siivoamalla pois kiertämätöntä materiaalia. Solun sisältä kerättävälle materiaalille tarvittiin hyllytilaa, jota saatiin siivoamalla muutama hylly solun sisältä. Hyllyihin oli kertynyt ylimääräistä materiaalia, sekä kiertämätöntä materiaalia, joista päätettiin luopua. Olemassa olevat hyllyt saatiin hyötykäyttöön ja niille suunniteltiin paikka läheltä kokoonpanopöytiä.

Työkalupakeista päätettiin luopua layoutmuutoksen yhteydessä, joten työkaluille tuli suunnitella tarkat paikat työpöydillä olevilta työkaluseiniltä. Solusta löytyi valmiina pöytiä, joissa on valmiina takalevy työkalujen kiinnitystä varten, joihin alettiin suunnitella työkalujen paikkoja. Työkalun paikkoja käytiin läpi solun asentajien kanssa, ja näin saatiin selville millaisia kiinnittimiä tuli tilata työkaluseiniä varten. Lisäksi viisi sähkösolun työpöytä eivät sisällä valmista työkaluseiniä, joten niitä varten päätettiin tilata liikuteltavat työkaluseinät. Kiinnikkeet työkaluseinien rakentamista tilattiin siten, että niiden rakentaminen voitaisiin toteuttaa layoutmuutoksen yhteydessä. Ongelmaksi muodostuivat liikuteltavat työkaluseinät, joiden tilausaika venyi yli layoutmuutoksesta.

### 8.2 Layoutmuutos

Layoutmuutosta varten solun työnteko keskeytettiin yhdeksi työpäiväksi, jotta muutos saatiin toteutettua kerralla valmiiksi. Aamusta asentajien kanssa käytiin vielä kerran läpi viimeisin versio uudesta layoutista, jotta kaikille oli selvää miten työpöydät ja hyllyt tulee järjestää muutoksessa. Asentajat jaettiin ryhmiin, joille annettiin eri tehtävät päivän muutoksissa.

Muutoksen yhteyteen haluttiin myös solun lattian pesu, joka toteutettiin kahdessa osassa. Ensin kaikki soluun jäivät pöydät siirrettiin solun toiseen reunaan ja lattianpesun

jälkeen toiseen reunaan uutta pesua varten. Tämän jälkeen ne liikutettiin uuden layoutin mukaisille paikoille. Työpöydät sähkösolussa ovat sähkömoottoreilla säädettäviä, joten yhden asentajan vastuulle annettiin pöytien johtojen irrottaminen ja kiinnitys solun katossa olevista pistorasioista. Suurin osa asentajista oli siirtelemässä pöytiä uusille paikoille. Muutamalle asentajalle määrättiin solusta ylimääräisiksi jääneiden hyllyjen purkamisen ja ylimääräisten työpöytien toimittaminen pois solusta.

Muutoksen yhteydessä vaihdettiin myös solun lattiатеipit, joilla rajataan tarkastusalue ja määritellään materiaalien paikat. Uusilla lattiатеippeillä pyrittiin parantamaan solun 5S:n tasoa, ja lattiатеippien värit selvitettiin vastaamaan virallisia värejä. Teippien poistaminen lattiasta vaati muutaman asentajan ryhmän, ja niiden kiinnittäminen hoidettiin samojen asentajien toimesta.

Kun työpöydät saatiin uusille paikoilleen, alkoi työkaluseinien varustaminen. Työkaluseinät pyrittiin rakentamaan siten, että kalustuspuiteella on vain kalustamiseen vaadittavat työkalut, ja yleistyöpisteillä on suurin osa solussa käytettävistä työkaluista. Johdotuspisteille tilatut työkaluseinät eivät logistiikka ongelmien takia ehtineet muutoksen yhteyteen, joten niiden kokoaminen jouduttiin jättämään myöhemmäksi. Johdotuspisteille päätettiin jättää työkalupakit siksi aikaa, että uudet työkaluseinät saapuvat soluun. Kun työkaluseinät saatiin valmiiksi, siirrettiin keskeneräiset kokoonpanot uusille kokoonpanopisteille. Liitteessä 3 on esitelty sähkösolun uudistunutta layouttia.

### **8.3 Tuotantoympäristön viimeistely**

Tuotantoympäristön viimeistely toteutettiin muutaman viikon sisällä layoutin muuttamisesta. Työkaluseinien toimivuutta tarkasteltiin ja niitä muokattiin todellisten tarpeiden mukaisiksi. Kun työkalujen lopulliset paikat oli päätetty, merkittiin jokaisen työkalun paikka seinälle. Työkalujen merkkäamisella pyrittiin saamaan solun työkalut pysymään niille varatuilla paikoillaan ja yhdenkin työkalun puuttumisen näkee heti. Asentajilta saadun palautteen mukaan työkaluseinät saatiin toimimaan hyvin, eikä työkaluja tarvinnut enää etsiä työkalupakeista.

Suurena yksittäisenä asiana tuotantoympäristöön on vaikuttanut solukoordinaattorin käyttöönotto, jonka roolia hiottiin vielä diplomityön loppuun saakka. Solun asentajien mukaan solukoordinaattorin työnkuva on erittäin tarpeellinen, joskin se vie lähes kokoaikaisesti yhden asentajan työpanoksen.

Keräilyhyllystä ajautui layoutmuutoksen jälkeen myös keskeneräisille töille säilytyspaikka. Hyllystä varattiin tilaa kokoonpanoille, joissa tuli osapuute kesken kokoonpanon, jolloin sitä ei saatu tehtyä valmiiksi. Hylly osoittautui erittäin hyväksi myös tähän tarpeeseen, sillä keskeneräiset työt olivat kaikki samassa paikassa, jolloin välttyttiin turhalta töiden etsimiseltä.

## 9. TULOKSET

Tulokset jakautuvat kahteen osioon, sillä diplomityöstä on erotettavissa selvästi nimikkeiden ulkoistaminen ja tuotantoympäristön muutokset omina osuuksinaan. Seuraavaksi esitellään näissä osuuksissa saavutetut tulokset.

Nimikkeiden ulkoistuksien tuloksena saatiin ulkoistettua sähkösolusta yksinkertaisia kokoonpanoja, jotka muodostuvat VYK:eistä, kaapelikokoonpanoista, haaroitusrasioista, antureista ja painonapeista. Lisäksi päätettiin ulkoistaa kaikki solussa kokoonpantavat sähkökeskukset, joita tehtiin vähemmän kuin kerran kuussa. Kokoonpanon ulkoistuksella pyrittiin leikkaamaan soluun kohdistuvaa ylikuormaa verrattuna solun kapasiteettiin. Ylikuormasta saatiin ulkoistusten seurauksena leikattua noin 50%, vaikkakin ulkoistusten toteutumista ei pystytty tarkastelemaan työn aikana.

Lisäksi nimikkeiden ulkoistuksilla saatiin huomattavasti tasattua eri laitetyyppien vaikutusta soluun kohdistuvaan työkuormaan. Ulkoistuksilla saavutettiin työkuorman vaihtelun pienentyminen peruslaitteissa 34%:sta 12%:iin, DTi-laitteissa työkuormaa saatiin laskettua 47%, jolloin sen työkuorma laskee huomattavasti lähemmäs peruslaitteiden kuormaa ja uusien Bedrock-laitteiden vaihtelu lähes nollaan. Vaihtelun pienentämisen seurauksena työlle tulevien laitteiden tyypillä ei ole niin suurta vaikutusta solun kapasiteettitarpeeseen, jolloin jättämää ei pääse syntymään merkittävästi soluun. Lisäksi laitetyyppien välisien kuormien suhdetta saatiin tasoittumaan. Myös saman laitetyyppin poralaitteiden optioiden vaikutus sähkösoluun kohdistuvalle työkuormalle saatiin laskemaan merkittävästi.

Layout-muutoksen myötä solun toiminta saatiin järkevöitettyä, ja yleinen siisteys paremmaksi. Solussa saatiin parannettua kulkuväyliä, jolloin vaara kompastumiselle tuli huomattavasti pienemmäksi, koska soluun tuleville ja sieltä lähteville materiaaleille saatiin määriteltäviä tarkat paikat. Käyttöön otetut työkaluseinät koettiin toimiviksi asentajien mielestä. Työskentelystä tuli sujuvampaa, sillä kaikki työkalut olivat nopeammin saatavilla.

Toimintaympäristön parannuksilla sähkösolun kokoonpanosta saatiin tehokkaampaa ja työkalujen sekä materiaalien etsimiseen käytetty aika vähentyi huomattavasti. Solukoordinaattorin vaikutus sähkösolun toimintaan oli erittäin positiivinen. Solukoordinaattorin myötä tuotannolliset ongelmat ja osapuutteet saatiin nopeammin selvitettyä ja asentajien työaika tehostui, sillä heidän ei tarvinnut itse selvittää kaikkia omaa työtä koskevia ongelmiaan.

Kokonaisuutena työn ulkoistuksilla ja tehokkaammalla tuotantoympäristöllä sähkösolun kuormitus saatiin tasoittumaan huomattavasti. Työn suorittamisen jälkeen työkuorma tasoittui ja sähkösolun jättämää saatiin laskettua huomattavasti. Sähkösolun työkuorman tasoittaminen helpotti huomattavasti solun resurssitarpeiden suunnittelua ja kokoonpanojen myöhästymiseen vaikuttivat enää toimittajista johtuvat materiaalipuutteet.

Kokonaisuudessaan diplomityö onnistui hyvin, sillä projektille asetetut tavoitteet saavutettiin. Sähkösolun työkuorma tasoittui huomattavasti ja loppukokoonpano ei häiriintynyt kuormitusvaihtelusta aiheutuvien toimitusvaikeuksien takia. Ohjausryhmän mielestä projektia pidettiin erittäin onnistuneena.

## 10. JATKOTOIMENPITEET

Jatkotoimenpiteinä tulisi varmentaa ulkoistettujen nimikkeiden vaikutus solun työkuormaan. Ulkoistukset saatiin vain osittain toteutumaan diplomityön aikana, jolloin ei saatu varmuutta ulkoistamisien todellisista vaikutuksista. Kokoonpanotuntien kehitystä tulisi seurata jatkossa, jotta saataisiin todennettua muutosten onnistuminen.

Sähkösolu oli ajautunut ajan kuluessa diplomityötä edeltävään tilaan, jolloin on myös riski että samanlainen tulee tapahtumaan jatkossa. Jatkossa olisikin järkevää toteuttaa määräaikojen välein tutkimusta sähkösolun töistä ja eri materiaalien kierrosta. Lisäksi työn aikana ulkoistettujen nimikkeiden tavoin tulisikin jatkossa pyrkiä lisäämään ulkoa toimitettavien pienien kokoonpanojen määrää ja keskittää sähkösolun kapasiteetti ja osaaminen enemmän valittuihin vaativimpiin kokoonpanoihin. Mielellään mahdollisuutta ulkoistettaviin nimikkeisiin tulisi tarkastella aina, kun laitekantaan tulee oleellista muutosta, tai niiden rakenne muuttuu merkittävästi sähkökokoonpanon osalta.

Solukoordinaattorin työnkuvaa tulisi viimeistellä lopulliseen muotoonsa ja tämän jälkeen kouluttaa varalle toinen solukoordinaattori, joka vastaa työnkuvasta varsinaisen solukoordinaattorin ollessa lomalla, sairaana tai muuten poissa töistä. Työn aikana solukoordinaattorin työnkuva saatiin määriteltä osittain, mutta työn aikana ei huomioitu sen kuormittavan lähes kokopäiväisesti asentajaa. Työnkuva tulisikin määritellä siten, ettei se ole liian haastavaa asentajille. Solukoordinaattorille olisi myös hyötyä ERP:n syvemmästä tuntemisesta, jonka pystyisi hoitamaan kouluttamalla solukoordinaattorille sen käyttöä.

Kalustamisen eriyttämistä johdotuksesta tulisi myös kannustaa asentajille, sillä työn aikana sitä ei saatu ajettua kunnolla sisään solun toimintaan. Tarkasteltavaksi jää myös kalustusvaiheen tarpeellisuus kokoonpanon toimintaan. Mikäli kalustamisen eriyttäminen saadaan toimimaan ja siitä saadaan suurta etua solun kokoonpanoon, tulisi se toteuttaa myös palautusautomaattien kokoonpanossa. Mikäli kalustamisen eriyttämisestä taas ei saada hyötyjä, tulee sen tarpeellisuutta tutkia myöhemmin.

## 11. YHTEENVETO

Sähkösolusta saatiin listattua eri poralaitetyypeille menevät nimikkeet ja sitä kautta laskettua yhtä poralaitetta kohden tehtävä työkuorma sähkösolussa. ERP-dataa tutkimalla ja haastattelemalla yrityksen eri jaostojen henkilöitä, saatiin tehtyä listausta ulkoistettavista nimikkeistä. Haastatteluiden osana oli kartoittaa yrityksen ydinosaamisen määrittely sähkösoluissa tehtäviin töihin, jotta yritys ei menetä ydinosaamistaan.

Ulkoistamalla sähkösolusta sähkökeskusten kokoonpano, sekä useita yksinkertaisia kokoonpanoja, saatiin eri laitetyyppien kuormituksen vaihtelu vähenemään huomattavasti sähkösolussa. Peruslaitteiden (DD, DS, DL) vaihtelu saatiin tasoittumaan jopa 40%, DTi-laitteiden kokoonpanoa lähentymään huomattavasti peruslaitteita ja Bedrock-laitteiden vaihtelu lähes katoamaan. Lisäksi eri laitetyyppien kuormitukset lähenivät toisiaan huomattavasti, jolloin samalla viikolla aloitettavien laitteiden tyypillä ei ole niin suurta merkitystä solun työkuormaan.

Tuotantoympäristön toteutus piti sisällään materiaalivirtojen optimointia, solukoordinaattorin työnkuvan määrittelyn sekä layoutin muutoksen. Soluun tuleville materiaaleille määriteltiin tarkka paikka, sekä solussa tarkastusjonon ja poislähtevien materiaalien paikat määriteltiin. Myös materiaalien kulkua materiaalialueilta työpisteille optimoitiin.

Layout-muutos tehtiin vanhan layoutin pohjalta, mutta siihen otettiin vahvasti vaikutteita lean filosofiasta. Solun layout pysyi funktionaalisenä layouttina ja tuotantoa muutettiin vain sähköohjausten kokoonpanon osalta. Sähköohjauksiin otettiin käyttöön kalustusvaihe, jossa on tarkoitus kalustaa rasiat, paneelit ja logiikka. Tämän jälkeen työ siirretään johdotuspisteelle, jossa kokoonpanot johdotetaan. Kalustusvaiheella pyrittiin saamaan enemmän aikaa reagoida työllä esiintyviin laatuongelmiin, jotka usein tulevat esiin kalustettaessa. Kalustusvaiheen ja letkutusvaiheen työpisteet suunniteltiin siten, että niissä on vain kyseiseen tarkoitukseen työkalut. Tästä muutoksesta saatuja hyötyjä ei ehditty todentamaan työn aikataulussa.

Sähkösolussa pidettiin myös tuotantoympäristön muutoksen yhteydessä pieni 5S kierros, jossa pyrittiin poistamaan sähkösolusta kaikki sinne kuulumaton materiaali. Lisäksi uuteen layouttiin merkattiin kaikille soluun jääville materiaaleille omat paikat. Tämän lisäksi sähkösoluun otettiin käyttöön solukoordinaattori, jonka myötä asentaminen tehostui huomattavasti. Muutosten jälkeen jättämää saatiin laskemaan huomattavasti ja sähkösolun työkuorma tasoittui. Asentajilta saadun palautteen mukaan työskentely solussa oli toimivampaa muutosten jälkeen.

## LÄHTEET

Cheshmberah M, Makui A, Seyedhoseini S.M – Manufacturing Outsourcing Decision-making based on Screening Core Activities and Fuzzy Multi-criteria Approach, 2010, Saatavissa: <http://ansinet.com>

De Carlo F, Arleo M.A, Borgia O & Tucci M – Layout Design for a Low Capacity Manufacturing Line: A Case study, 2013, Saatavissa: <http://www.intechopen.com>

Everhartz J, Maiwald K, Wieseke J – Identifying and analyzing the customer situation: Drivers for purchasing Industrial Product Service Systems, 2014, Saatavissa <http://www.sciencedirect.com>

Ho S. K. M – Global Sustainable Development through the Integrated Lean Management (Green 5-S) Model for TQM, 2012, Saatavissa: <http://www.doaj.org/article>

Johnson G & Scholes G. Exporting Corporate Strategy, sixth edition, Pearson Education Limited, 2012, p. 607

Lane Greg. Made-to-order Lean, USA, Productivity Press, 2007, p. 209

Mappigau & Hastan – Core Competence And Sustainable Competitive Advantage Of Small Silk Industries (SIs) In Wajo District, South Sulawesi, 2012, Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com>

Ohno T, Toyota production system: beyond large scale production. Cambridge, Productivity Press, 1988.

Singh A.K, Sisodiya R.S, Bisht R, Maheshwari A. - Use of Information System and lean manufacturing to reduce the waste in the process industry, 2013. Saatavissa: <http://www.ijecse.org>

Stevenson W.J. Operations Management. Tenth Edition. USA. McGraw-Hill/Irwin, 2009, p. 906

Wang H & Chang C – Facility Layout for an Automated Guided Vehicle System, 2015, Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com>

Womack James P., Jones Daniel T. & Roos Daniel, The machine that changed the world, 1990, p. 352