



Kallioporalaitteiden sähkökoonpanotöiden kehittäminen

Heikki Kataja

OPINNÄYTETYÖ
Kesäkuu 2023

Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Koneautomaatio

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Koneautomaatio

KATAJA, HEIKKI:

Kallioporalaitteiden sähkökokoospanotöiden kehittäminen

Opinnäytetyö 50 sivua, joista liitteitä 1 sivu
Kesäkuu 2023

Opinnäytetyön kohteena oli toimeksiantajan uusi kokoonpanolinja, jossa valmistetaan kaivosteollisuuden laitteita. Tarkoituksena työssä oli tehdä laitteelle työohjeita, määrittellä laitteeseen kohdistuvia työtehtäviä uudelleen ja luoda toimintamalli, jolla taataan jatkossa uusien ohjeiden laatiminen ja vanhojen ajantasaisuus. Opinnäytetyön tavoitteena oli helpottaa kokoonpanolinjan työntekijöiden työtä tuottamalla kokoonpanoon sellaisia ohjeita, joiden avulla laitteisiin liittyvien työtehtävien tekeminen on selkeää ja työn jälki on yhtenäistä tuotteiden välillä. Opinnäytetyön alussa laitteen sähkötehtävien kokoonpano-ohjeita oli vain muutama eikä toimintamallia ohjeiden tekemiselle ollut lainkaan.

Kaikkiaan työssä saatiin tehtyä kattavasti kokoonpano-ohjeita laitteen perussähköjen osuudelle sekä optioille. Projektin onnistumisen hyväksyttäväksi rajaksi oli asetettu 80 %:n kattavuus perussähköjen kokoonpano-ohjeiden osalta. Näissä saavutettiin 90 %:n kattavuus. Tunnistettujen optioiden osalta saavutettu kattavuus oli sekä 85 %. Ohjeiden tekemisen ohessa päivitettiin myös laitteen standardityölistan sähkötehtävät. Tehtäviä järjesteltiin järkevämmin, nimettiin paremmin ja listaan lisättiin puuttuvia. Työssä tehtiin kompakti A4-sivun mittainen toimintamalli, jolla taataan uusien ohjeiden syntyminen ja ajantasaisuus.

Opinnäytetyössä tehtyjen ohjeiden suuri määrä ja standardityölistan selkeyttäminen helpottavat kokoonpanolinjalle tulevia uusia työntekijöitä. Niiden avulla sähkötehtävistä saatiin itsenäistä työskentelyä tukevampia ja paljastettiin tehtäviä, jotka olisivat muutoin olleet piilossa kokemattomalle työntekijälle.

Opinnäytetyön tuloksena syntyneitä toimintamallia ei testattu työn aikana käytännössä. Jatkossa toimeksiantaja voisi testata toimintamallia pienessä mittakaavassa esimerkiksi sähkötehtävien kokoonpano-ohjeiden 100-prosenttisen kattavuuden saavuttamiseksi opinnäytetyön kohteena olevalle laitemallille. Myöhemmin mikäli toimintamalli osoittautuu toimivaksi, se voitaisiin laajentaa koko tehtaan laajuiseksi, jotta taataan myös muiden laitemallien ajantasaisten kokoonpano-ohjeiden saatavuus.

Luottamuksellinen aineisto on poistettu julkisesta raportista.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Machine Automation

KATAJA, HEIKKI:
Development of Rock Drilling Rig Electrical Assembly Work

Bachelor's thesis 50 pages, appendices 1 page
June 2023

This thesis focuses on a new assembly line for manufacturing mining equipment. The purpose of this thesis was to make work instructions for the equipment, re-define work tasks and to make a procedure for creating and maintaining work instructions. The objective of this thesis was to make assembly work easier for the assemblers by providing instructions which clarify work tasks and lead to more uniform products.

Initially there were only a few of work instructions available for the device and no established procedure for instruction creation. The thesis successfully produced comprehensive work instructions for the basic and optional parts of the device, achieving a coverage rate of 90% and 85% respectively. Instructions were compiled from pictures to which all the information needed to complete the work was attached. A compact procedure for creating and maintaining work instructions was made and accepted by the client. Additionally, the device's standard work list for the electrical tasks was updated by organising and naming tasks more effectively.

These instructions and the clarification of the standard work list will assist new employees coming to the assembly line. Practical testing of the developed procedure is suggested for future implementation, potentially expanding its scope to cover other device models in the entire factory.

Key words: assembly, assembly line, work instruction

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
1.1	Työn tausta, tavoitteet ja tarkoitukset.....	6
1.2	Työn rakenne ja menetelmät.....	7
2	KOKOONPANOTYÖ.....	8
2.1	Kokoonpano	8
2.2	Kokoonpanon laatu	9
2.2.1	Tuotteiden laatu.....	9
2.2.2	Toiminnan laatu	11
2.3	Läpimenoaika.....	11
2.4	Joustavuus.....	13
2.5	Lean	15
2.5.1	Lean-filosofia	15
2.5.2	JIT	17
2.5.3	Jatkuva parantaminen	18
2.6	Konfiguroituva tuote	19
2.7	Tuotantovolyymi ja toistuvuus	20
2.8	Kokoonpanojärjestelmät.....	22
2.8.1	Paikkakokoonpano	22
2.8.2	Linjakokoonpano	24
2.9	Standardointi ja työohjeet.....	25
2.9.1	Standardi	26
2.9.2	Standardointi	27
2.9.3	Työohjeet.....	27
3	SÄHKÖKOKOONPANOTÖIDEN KEHITTÄMINEN	31
3.1	Kokoonpanotöiden nykytila	31
3.2	Kehitystyön vaiheet	32
3.3	Ohjeiden tekeminen	33
3.3.1	Kokoonpanovaiheiden dokumentointi.....	33
3.3.2	Ohjeen formaatti	35
3.3.3	Ohjeiden kirjoittaminen	36
3.3.4	Layout-kuvien päivittäminen	39
3.3.5	Ohjeiden testaaminen ja palaute	39
3.4	Standardityölistan päivittäminen.....	41
3.5	Toimintamalli	43
4	TULOKSET	45
5	POHDINTA	47

LÄHTEET	49
LIITTEET	50
Liite 1. Toimintamalli	50

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta, tavoitteet ja tarkoitukset

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja toimittaa kaivos- ja urakointiteollisuuden laitteita, kalustoa, varaosia, palveluita ja teknisiä ratkaisuja. Käyttökohdealueisiin lukeutuvat esimerkiksi kallioporaus, jyrsintä, lastaus ja kuljetus, tunnelinteko ja louhinta. Tampereella kokoonpannaan maanpäällisiä ja -alaisia poralaitteita. Toimeksiantaja valmistaa siis laitteita, joiden kokoonpano on raskasta kokoonpanotoimintaa pieneräkoossa. Tampereella kokoonpano tapahtuu laitemallien mukaan joko paikkakokoonpanona tai linjakokoonpanona. Työ tehdään tehtaan tuoreelle kokoonpanolinjalle.

Opinnäytetyönsä tavoitteena on helpottaa kokoonpanolinjan työntekijöiden työtä tarjoamalla työvaiheille ohjeita ja vakiinnuttaa kokoonpanon työtapoja. Ohjeilla on parhaassa tapauksessa positiivinen vaikutus kokoonpanolinjan tehokkuuteen, kokoonpanon läpimenoaikaan ja joustavuuteen. Tavoitteena on myös, että tuotannossa on jatkossa käytössä toimintamalli ohjeiden tuottamiseen.

Tarkoituksena työssä on tuottaa työohjeita laitteen perussähkösuuden kokoonpanotehtäviin ja yleisimpiin optioihin mahdollisuuksien mukaan, sekä määrittellä, mitkä nykyisistä tehtävistä ovat sähköasentajan ja mitkä mekaniikka-asentajan tehtävissä. Samalla työssä käydään läpi johtosarjojen layout-kuvien oikeellisuus, sillä ne ovat tärkeitä työkaluja varsinkin uusille työntekijöille, jotka eivät välttämättä ole tietoisia mistä mikäkin johtosarja koneen rungolla kulkee. Työssä tehdään myös ohjeiden ajantasaisuutta ja uusien ohjeiden syntymistä ylläpitävä kirjallinen toimintamalli.

Työn onnistumisen tavoitteeksi rajoitettiin ohjeiden lukumäärä 80 %:iin laitteen perussähkötoiden työohjeista. Optioita ei vaadita, sillä niiden esiintymisestä kokoonpanossa ei voitu olla varmoja, mutta ne pyritään tekemään mahdollisuuksien mukaan. Lisäksi työstä rajattiin pois laitteen eturunkosolun työvaiheet, sillä nämä työvaiheet tehdään kokoonpanolinjasta erillisessä runkosolussa.

Työohjeistuksen on oltava laadukas ja sen tarkoituksena on toimia tukena teknisille piirustuksille. Piirustuksista ei löydy aina uudelle työntekijälle tärkeää tietoa, kuten kuinka ja missä vaiheessa mikäkin osa olisi hyvä liittää paikalleen. Monessa tilanteessa osa tai esimerkiksi kaapeli on helppo asentaa, mutta huonolla tavalla asennettuna se saattaa haitata myöhemmin toista kokoonpanovaihetta. Tällaiset tilanteet voidaan välttää kuvallisella työohjeistuksella.

Laadukas työohje määriteltiin tarkoittamaan helposti ymmärrettävää ohjetta, jonka sisältämä tieto on kattavaa ja ajatonta. Työohjeiden avulla pitäisi pystyä tuottamaan myös tasalaatuisia laitteita, joissa ideaalitulanteessa kaikki osat olisi kokoonpantu identtisesti toisiinsa nähden. Selkeys helpottaa kokoonpanovaiheessa kokoonpanijoita, sekä huoltotöiden yhteydessä asiakasta, jolla saattaa olla useampia samanlaisia laitteita.

1.2 Työn rakenne ja menetelmät

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään kokoonpanotoiminnan ja sitä tukevan dokumentoinnin teoriaa. Luvussa 2 selitetään auki työn kannalta tärkeimpiä käsitteitä, käydään läpi kokoonpanotoiminnalla valmistettavan tuotteen rakennetta, volyyymiä ja valmistuksen kokoonpanojärjestelmiä. Luvussa käydään läpi myös työn kannalta olennaista työohjeistuksen ja standardoinnin teoriaa. 3. luku sisältää on työn empiirisen osuuden. Lopuksi luvuissa 4 ja 5 tuodaan esille työn tulokset, sekä pohditaan työn onnistumista.

Empiirinen osa alkaa perehtymällä kokoonpanon työtehtäviin kaikilla tuotantolinjan vaiheilla, jotta minkään työvaiheen pituus tai hankaluus ei haittaa työn etenemistä ja mahdollisiin haastaviin työvaiheisiin voidaan varautua paremmin mm. varaamalla runsaammin aikaa tai hankkimalla taustatietoa. Seuraavana työssä on ohjeiden teko ja testausvaihe, jossa kaikki työvaiheet dokumentoidaan, niistä tehdään ohjeet ja valmiit ohjeet testataan. Dokumentointi tehdään kuvaamalla työvaiheita kameralla ja käsittelemällä kuvat tietokoneen avulla sekä lisäämällä samalla kuviin kirjalliset ohjeistukset. Työn lopussa kirjoitetaan toimintamalli ja korjataan ohjeita palautteen pohjalta, mikäli tarve vaatii. Palaute kerätään suullisesti tai kirjallisesti, ilman erillistä palautelomaketta.

2 KOKOONPANO TYÖ

2.1 Kokoonpano

Kokoonpanolla tarkoitetaan osien, osakokoonpanojen ja standardikomponenttien liittämistä toisiinsa toimivaksi kokonaisuudeksi, joka voi olla itse tuote tai sen osa. Kokoonpanosta puhutaan silloin, kun se tapahtuu oman tehtaan sisällä. Jos kokoonpano tehdään asiakkaan tiloissa, sitä kutsutaan asennukseksi. Kokoonpano sisältää kappaleiden käsittelyä, tarkastamista, siirtämistä, varastointia, liittämistä ja sovittamista. Näiden lisäksi siihen liittyy myös muita työvaiheita, kuten pinnankäsittely, sähkö- ja putkityöt sekä pakkaaminen. Tarkoituksenmukaista olisi yhdistää kokoonpanoon myös muita toimintoja kuten lopputarkastus ja asiakkaalle luovutus. (Lapinleimu 1997, 111–112.)

Kokoonpano voidaan jakaa tuotteen jalostusarvoa kohottavaan eli tuottavaan osaan ja avustavaan osaan, mikä ei suoranaisesti kohota jalostusarvoa. Periaatteessa tuotteen jalostusarvo kasvaa ainoastaan liittävässä työssä. Kaikki muu kuten tuotteen käsittelyt, tarkastamiset, siirrot ja varastoinnit, ei jalosta tuotetta, vaan kuuluu avustavaan osaan. Avustavasta osasta koituu kustannuksia ja aika-viiveitä. Ilman avustavia toimintoja kokoonpano ei olisi mahdollista, mutta sen osuutta kokoonpanotyöstä on silti yritettävä pitää mahdollisimman vähäisenä (Tekes 2001, 7–8).

Kokoonpanotyötä voi olla tuotteen valmistuksen eri vaiheessa. Tuotteen osia voidaan valmistaa osakokoonpanoina, jotka ovat toimivia osakokonaisuuksia. Osalla tarkoitetaan itse- tai toimittajavalmisteista tuotekohtaista perusyksikköä, joka on yleensä valmistettu yhdestä materiaalista. Valmiina ostettua osakokonaisuutta, toimintoa tai standardiosaa kutsutaan komponentiksi. Loppukokoonpanossa tuotteen mahdolliset osakokoonpanot, osat ja muut komponentit liitetään toisiinsa eri tavoin. (Tekes 2001, 6.) Kokoonpaneminen vaatii Kauppisen (1997) mukaan sitä, että ollaan tietoisia mitä kootaan, missä vaiheessa kokoonpanoa mitään osaa tai komponenttia tarvitaan, mitä työkaluja tai apuvälineitä tarvitaan

ja miten kokoonpano toteutetaan. Mainittujen lisäksi materiaalien tulisi olla helposti saatavilla oikeaan aikaan ja riittävässä määrin, minkä lisäksi ammattitaitoista työvoimaa on oltava riittävästi käytettävissä. (Lapinleimu 1997, 122.)

2.2 Kokoonpanon laatu

Valmistuksen laatu voidaan eritellä kahteen osaan, tuotteiden laaduksi ja toiminnan laaduksi (Salminen 1990, 9). Miettisen (1993) mukaan laatua voidaan tarkastella kahdella tasolla, toiminnan sisäisellä ja ulkoisella laadulla. Sisäinen laatu ilmenee esimerkiksi virheellisten osien osuutena valmistavassa prosessissa. Sisäinen laatu tulisiikin pitää mahdollisimman hyvällä tasolla, jotta vältetään virheellisten tuotteiden tekemisestä johtuva mittava materiaalin, työn ja kapasiteetin tuhlaus. Ulkoinen laatu ilmenee kykyä täyttää asiakkaiden asettamat vaatimukset ja juuri ne vaatimukset määrittelevät ulkoisen laadun tason. (Miettinen 1993, 14.) Miettisen määrittelemä sisäinen ja ulkoinen laatu vaikuttaa tarkoittavan samaa kuin Salmisen tuotteiden ja toiminnan laatumääritelmät, eli tuotteiden laatu on ulkoista laatua ja sisäinen laatu on toiminnan laatua. Nykyaikaisen laatuajattelun mukainen määritelmä laadulle on tuotteen tai palvelun kyky täyttää asiakkaan tarpeet ja odotukset (Haverila 2009, 372). Laatu on vaatimustenmukaisuutta (Salminen 1990, 12).

2.2.1 Tuotteiden laatu

Tuotteen laadulla tarkoitetaan tuotteen niitä ominaisuuksia ja piirteitä, jotka täyttävät tuotteelle asetetut tai oletetut vaatimukset. Loppukäyttäjän lisäksi vaatimuksia tuotteen laadulle asettavat mahdolliset väliportaajat kuten tuotteiden jälleenyvät ja muut erilaiset tahot kuten viranomaiset. (Salminen 1990, 10.)

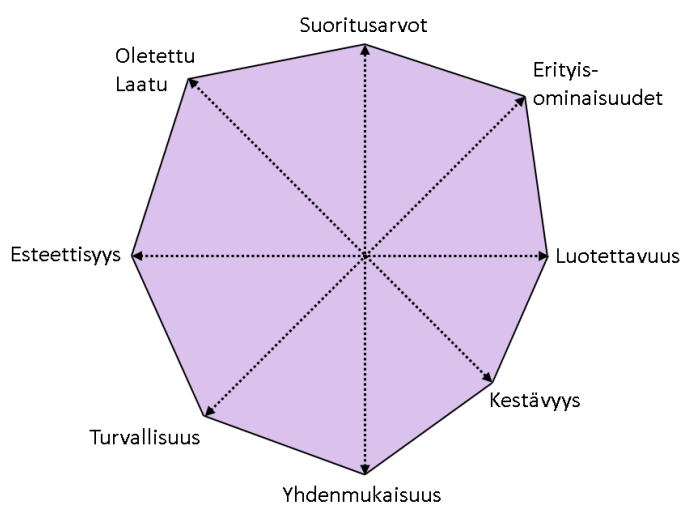
Tuotteiden laatu voidaan jakaa kahteen pääryhmään, pakollisiin ja valinnaisiin laatutekijöihin. Pakollisilla laatutekijöillä tarkoitetaan niitä tekijöitä, joiden puutteet herättävät voimakasta tyytymättömyyttä tuotteen käyttäjissä. Valinnaiset laatutekijät ovat taas sellaisia tekijöitä, jotka aiheuttavat käyttäjissä tyytyväisyyttä. On

tärkeää pitää pakolliset tekijät aina kunnossa ja huolehtia, että tuotteessa on myös riittävästi houkuttelevia valinnaisia laatutekijöitä. (Salminen 1990, 12.)

Tuotteiden laatua verrataan poikkeuksetta asetettuihin vaatimuksiin. Vaatimuksia asettavat asiakkaat ja valmistaja. Lisäksi on olemassa yleisiä vaatimuksia, kuten lakeihin pohjautuvat asiakirjat ja standardit. Vertailua tehdään valmistajan sisäisessä toiminnassa laatutarkastuksissa, joissa käytetään vertailtavana materiaalina yrityksen sisäisiä standardeja, kuten ohjeita, piirustuksia ja muita vastaavia asiapapereita. (Salminen 1990, 12.) Yrityksen näkökulmasta laatu onkin nimenomaan tuotteen vastaavuutta tuotemäärittelyihin ja standardeihin (Haverila 2009, 372).

Laadun ohjaamiseksi on välttämätöntä määritellä tuotteiden eri ominaisuuksille tavoitearvoja. Huomioon otettavia ovat ne perusteet, joiden pohjalta vaatimukset on asetettu. Yrityksen tuotantoprosessin ohjausta ei voida toteuttaa pelkästään asetettujen vaatimusten pohjalta, sillä vaatimukset eivät perustu itse prosessiin. (Salminen 1990, 12.)

Salminen (1990) esittelee tuotteiden laadun kuvion 1 mukaisesti. Kuvassa laatu on esitetty sopivien osien muodostamana laatuavaruutena, koska tuotteisiin kohdistuvat laatuvaatimukset ovat monitahoisia ja asiakaskohtaisesti erilaisia. (Salminen 1990, 10.) Eri asiakkailla on erilaiset painotukset tuotteen laadun eri osille. Kaikille eivät esimerkiksi suoritusarvot ole yhtä tärkeitä kuin tuotteen luotettavuus.



KUVIO 1. Tuotteiden laadun osatekijöiden muodostama laatuavaruus (Salminen 1990, 10)

2.2.2 Toiminnan laatu

Tuotteiden laatu rakentuu yrityksen toimintaprosessien laadusta ja periaatteen mukaan laatu pitääkin suunnitella yrityksen toimintaprosesseihin. Laadukkaat tuotteet ja tyytyväiset asiakkaat johtuvat laadukkaista prosesseista. (Haverila 2009, 373.) Toiminnan laatu on näin ollen tärkeä kehittämiskohde. Tuotteiden laaturvirheet syntyvät lähes poikkeuksetta jostakin toiminnan laaturvirheestä, eli pysyvien parannusten aikaansaaminen vaatii toiminnan kehittämistä. Huonon toiminnan aiheuttamista tuotevirheistä koituu täysin turhaa tarkastus- ja korjaustyötä. (Salminen 1990, 8, 13.)

Toiminnan laadun tarkastelussa voidaan keskittyä pelkästään tuotteen laadun aikaansaamiseen, taloudellisuuteen ja virheettömyyteen. Tarkastelu voidaan myös laajentaa koskemaan kaikkea yrityksen toimintaa. Tällöin huomio kohdennetaan yrityksen prosesseihin ja yksittäisiin työtehtäviin vaikei niillä olisi vaikutusta tuotteen laatuun. Laajemminkin tarkastelutavassa kehitystyön tavoitteena on virheiden vähentäminen, mutta siinä virheeksi katsotaan kaikki turha työ. (Salminen 1990, 13.)

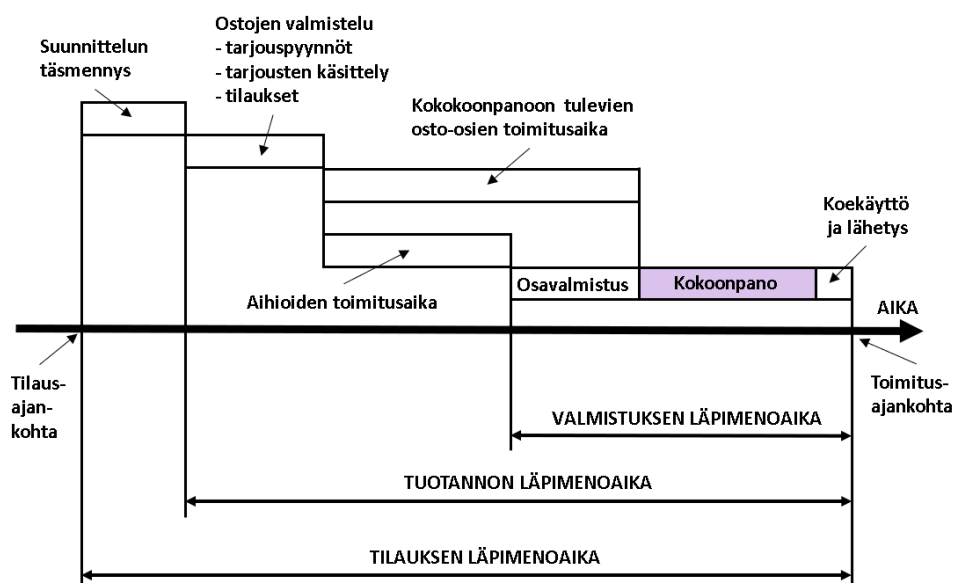
Toiminnan laadun kehittymistä vaikeuttaa eniten ns. sopeutumisilmiö, jossa ihmiset hyväksyvät ajan mittaan olemassa olevan häiriötilanteen. Sopeutuminen synnyttää puolestaan välinpitämättömyyttä ja itseohjautuvuutta. Toiminnan laadun kehittämistä, esimerkiksi kokoonpanotyössä hankaloittaa myös se, että poikkeamien etsintä ja korjaaminen nähdään normaaleina ja luonnollisina työvaiheina, eikä niiden poistamista pidetä tarpeellisena tai mahdollisena. (Salminen 1990, 18.) Tällöin turhaa korjaavaa työtä tehdään jatkuvasti.

2.3 Läpimenoaika

Läpimenoaika kuvaa sitä aikaa, jonka jokin toimintaketjukoonaisuus vaatii toteutukseen (Lapinleimu 1997, 53). Tavallisesti siitä puhuttaessa tarkoitetaan kokonaisläpimenoaikaa tai valmistuksen läpimenoaikaa (Haverila 2009, 401). Se on oiva mittari toiminnan tehokkuudelle, sillä sen pituuteen vaikuttaa kaikki turha

odottelu. Turhan odottelun aiheuttajiksi Miettinen (1993) mainitseekin pitkät asetusajat, epäluotettavat toimittajat, valmistuksen laadun heikkouden, koneiden huonon kunnossapidon, aikataulujen huonon synkronoinnin, turhat tarkastukset, byrokratian jne. (Miettinen 1993, 25.)

Läpimenoaika voidaan määritellä erilaisille kokonaisuuksille, esimerkiksi koko tilaukselle tai sen sisältäville toiminnoille, kuten valmistukselle, osavalmistukselle ja kokoonpanolle (Lapinleimu 1997, 53). Kuviossa 2 on esitetty, mistä päätoiminnoista tilaus koostuu ja kuinka se ajallisesti etenee, siitä on helposti nähtävissä yleiset läpimenoajat ja mitä ne sisältävät.



KUVIO 2. Tilauksen läpivientiin liittyvät päätoiminnot ja niiden läpimenoajat (Lapinleimu 1997, 54)

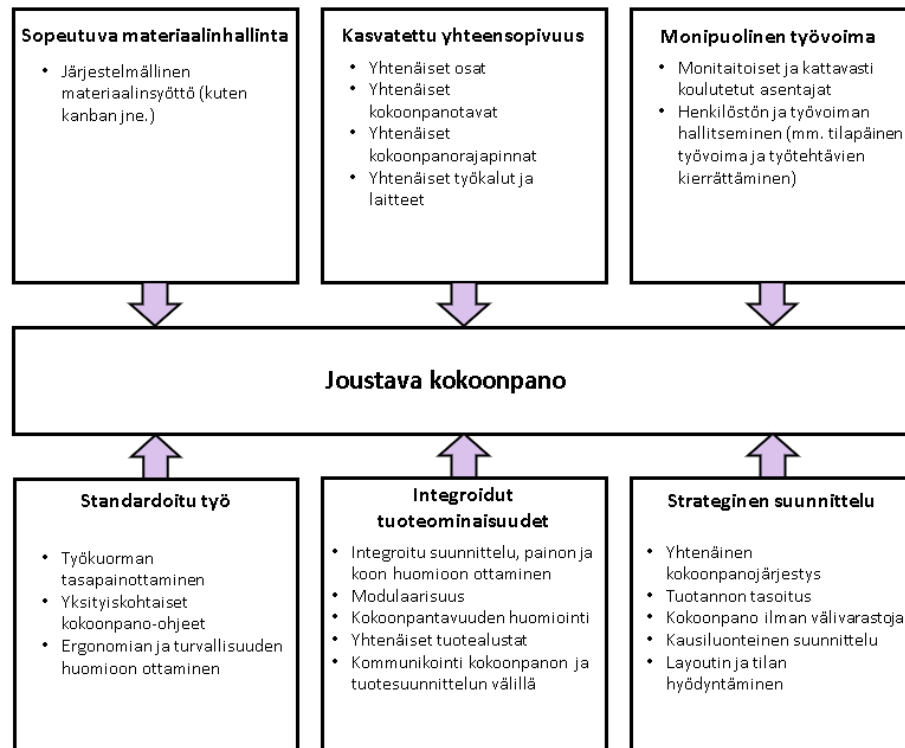
Läpimenoajan pituudella tai tarkemmin oikeastaan sen lyhyydellä on paljon merkitystä. Lyhyt läpimenoaika mahdollistaa lyhyet toimitusajat, antaa pelivaraa tuotannon ajoitukseen ja on näin ollen hyvän ohjattavuuden edellytys (Lapinleimu 2000, 68). Mitä lyhyempi läpimenoaika tuotannossa on, sitä paremmat ovat toiminnan joustavuuden parantamisen edellytykset ja sitä pienemmät varastot toiminnalle tarvitaan (Miettinen 1993, 25). Lyhyttä läpimenoaikaa voidaan pitää indikaattorina siitä, että tuotantojärjestelmä toimii hyvin ja se on tehokas (Lapinleimu 2000, 67).

Työtahdin nostaminen voi tuntua luonnolliselta ensisijaiselta tavalta lyhentää tuotannon läpimenoaikaa, mutta Kouri (2009) kuitenkin painottaa, että lyhentäminen ei perustu työtahdin nostamiseen, vaan erilaisten odotusaikojen karsimiseen valmistusprosessista (Kouri 2009, 21). Läpimenoaikaa tuleekin pyrkiä lyhentämään parantamalla toimintaa, sillä sitä ei yksinkertaisesti ole mahdollista saada lyhyeksi, jos toiminta on huonoa (Lapinleimu 2000, 67).

2.4 Joustavuus

Joustavuudella tarkoitetaan sitä nopeutta ja kustannustehokkuutta, joilla tuotantoprosessia voidaan muuttaa. Käytännössä se ilmenee nopeutena, jolla resursseja on mahdollista siirtää tuotteen tuotannosta toisentyyppisen tuotteen tuotantoon. (Haverila 2009, 358.) Joustavuuden voisi siis tiivistää tarkoittamaan tehokasta reagointikykyä eli kykyä pystyä vastaamaan muuttuvaan tai vaihtelevaan tilanteeseen tehokkaasti. Mitä joustavampi yritys on, sitä helpompi sen on toimia asiakaslähtöisesti, sillä se edellyttää nopeaa reagointikykyä (Miettinen 1993, 14).

Kokoonpanojärjestelmän joustavuuden tekijöiden voisi kuvitella olevan määritelty tarkasti. Asadin (2015) mukaan joustavuudelta ja sen olennaisilta osilta kuitenkin puuttuu selkeä määritelmä. Asadin tekemän tapaustutkimuksen mukaan kokoonpanojärjestelmän joustavuudelle vallitseva käsitys olisi vahvasti sidoksissa sen herkkyyteen ja muokkautuvuuteen markkinoiden vaihdellessa. Kyky vastata uusiin ja erityisiin asiakastilauksiin tietyssä ajassa on joustavan kokoonpanojärjestelmän ydin. Monet asiat voivat edistää kokoonpanojärjestelmän joustavuutta, mutta Asadin tutkimuksessa johdettiin kuusi olennaisinta osaa: sopeutuva materiaalinhallinta, kasvatettu (osien ja toimien) yhteensopivuus, monipuolinen työvoima, standardoitu työ, integroidut tuoteominaisuudet ja strateginen suunnittelu. Kuviossa 3 on esitetty mainitut joustavuuden osat ja niiden sisältö. (Asadi 2015, 247.)



KUVIO 3. Joustavan kokoonpanojärjestelmän olennaisimmat osat (Asadi 2015, 247)

Sopeutuva materiaalinhallinta on erottamaton osa joustavaa kokoonpanojärjestelmää, varsinkin sekatuotekokoonpanolinjoilla. Materiaalia tulisi tulla järjestelmällisesti kokoonpanoon vain tarvittu määrä juuri silloin, kun sitä kokoonpanossa tarvitaan. (Asadi 2015, 242.)

Kasvatetulla yhteensopivuudella tarkoitetaan samantapaisten komponenttien tai moduulien ja samankaltaisten kokoonpanoprosessien käyttämistä eri tuotteissa. Näillä on suuri vaikutus joustavuuteen. Ne helpottavat kokoonpanojärjestelmää materiaalin käsittelyn suhteen ja yksinkertaistavat kokoonpanijoiden työtehtäviä tuomalla rutiinia. (Asadi 2015, 243.)

Monipuolinen työvoima on hyvin tärkeää, kun kokoonpanojärjestelmässä tehdään paljon manuaalista työtä. Monipuoliseen työvoimaan sisältyy työntekijöiden kattava koulutus eri tuotteisiin ja mahdollisuus hyödyntää tilapäistä työvoimaa. Monipuolinen työvoima edesauttaa kokoonpanotöiden suorittamisnopeutta ja työn laatua. (Asadi 2015, 242–243.)

Standardoidulla työllä tarkoitetaan työnsisällön ja yksityiskohtaisten kokoonpano-ohjeistuksen luomista ja käyttöönottoa eri tuotteille joustavuuden takaamiseksi. Standardoidun työn aikaansaaminen itsessään on riippuvainen yhteensopivuuden tasosta. (Asadi 2015, 243.)

Integroiduilla tuoteominaisuuksilla tarkoitetaan tuotteiden fyysisten ominaisuuksien ottamista huomioon kokoonpantavuudessa, kuten suunniteltujen osien tai komponenttien koot ja painot. Jos niitä ei huomioida, ne voivat potentiaalisesti hankaloittaa ja hidastaa kokoonpanotyötä. Modulaarisuus, yhtenäiset tuotealustat ja kommunikointi kokoonpanijoiden ja tuotesuunnittelun välillä ovat myös tärkeitä. (Asadi 2015, 243.)

Strategisella suunnittelulla yritetään tasoittaa vaihtelevaa tuotantoa ja estää tilanteita, joissa kokoonpanossa yhden tuotteen valmistus hidastaa tai aiheuttaa odottelua muiden tuotteiden valmistuksessa. Hidastukset johtavat matalampaan tuotavuuteen ja laskevat kokoonpanojärjestelmän kapasiteettia. (Asadi 2015, 244.)

2.5 Lean

Lean on toimintamalli, jota käytetään tuotannossa. Se kehitettiin Toyotan tuotantoperiaatteiden pohjalta Japanissa. Aluksi se oli käytössä vain autoteollisuudessa, mutta nyt se on lähes kaikilla toimialoilla johtava tuotantoperiaate (Kouri 2009, 6).

2.5.1 Lean-filosofia

Lean-toiminta tähtää keveyteen ja joustavuuteen tuottamalla asiakkaan haluamat tuotteet ja palvelut mahdollisimman vähillä resursseilla. Tuotantoa pyritään yksinkertaistamaan niin, että kaikki lisäarvoa tuottamaton toiminta eli hukka karsitaan pois. (Miettinen 1993, 61.)

Tuotannossa hukka tarkoittaa kaikkia niitä elementtejä, jotka vain kasvattavat kuluja lisäämättä arvoa. Toyotan tuotantojärjestelmän mukaisia hukkia ovat:

- ylituotanto, työn tekeminen ennakkoon, mikä johtaa varastointiin
- odottelu, mm. materiaalin, työkalujen, informaation, ohjeiden, yms.
- aiheeton kuljettaminen, tuottamaton materiaalien tai osien liikkuttelu
- perusteeton prosessointi, kuten turha koneistaminen
- tarpeeton varastointi: materiaalien, keskeneräisen tuotannon ja tuotteiden säilytys; varastointi piilottaa alleen muita hukkia, kuten odottelun
- aiheettomat toistuvat liikkeet, kuten osien noutaminen tai pakettien availu
- viallisten tuotteiden ja osien valmistaminen (Ōno 1988).

Samat seitsemän hukkaa kuuluvat tyypillisesti myös Lean-toimintatapaan. Kouri (2009) mainitsee vielä kahdeksantena hukkana työntekijän luovuuden hyödyntämättä jättämisen, koska työntekijöillä on ajantasaisin tieto menetelmien ja työvaiheiden toiminnasta, sekä niiden kehittämisestä (Kouri 2009, 11).

Lillrankin (1998) mukaan Lean-toiminta on sosio-tekno-ekonominen ratkaisu. Sosio-puoli edellyttää organisaatiokulttuurin ja henkilöhallinnollisten järjestelmien sopivuutta, mistä on esimerkkinä asetusajkojen lyhentäminen, johon tarvitaan teknisen toiminnan lisäksi työntekijöiden kokemusperäisen tiedon keräämistä. Tekniseen puoleen liittyy asetusajkojen lyhentämisen lisäksi tuotteiden valmistettävyyden huomiointi suunnittelutasolla, esimerkiksi käyttämällä modulaarista tuoterakennetta tai järjestelemällä valmistuksen tuotantosekvenssiä uudelleen. Ekonomiapuoleen liittyy erä- ja sarjakokojen optimaalisuus, valikoimasta saatava hintapreemio, sekä keskeneräisen tuotannon merkitys kustannustekijänä. (Lillrank 1998, 76.)

Kuviossa 4 on esitetty Kourin (2009) sanelemat Leanin tarkoitukset. Työntekijän näkökulmasta Lean-toiminnan tarkoitus on parantaa työolosuhteita ja helpottaa vaikuttamista.



KUVIO 4. Leanin tarkoitukset (Kouri 2009, 7)

2.5.2 JIT

Haverilan (2009) mukaan Lean-tuotannon keskeinen ydin on tehokas JIT-tuotanto (Haverila 2009, 362). JIT eli ”Just-in-time”, suomeksi ”juuri oikeaan aikaan”, on Japanissa syntynyt toistuvan tuotannon tuotannonohjausperiaate (Miettinen 1993, 51). Sen mukaan kaikkien tuotteen kokoonpanemiseen vaadittujen osien on tultava kokoonpanopisteelle juuri silloin ja vain niissä määrin, kuin tuotteen kokoonpanoon vaaditaan (Ōno 1988). JIT-periaate pyrkii tehokkuuteen yksinkertaistamalla tuotannonohjausta. Sen mukaan varastojen vaatima tila ja liikkumattomuus, sekä virheet osissa, kokoonpanoissa ja lopputuotteissa ovat hukkaa. Ideaalisesti tällä toimintatavalla saadaan pienennettyä varastoja ja siten myös keskeneräisen työn arvoa. Turhan varastoinnin syitä ovat mm. liian suuret hankinta- ja valmistuserät, ostettavien tuotteiden pitkät toimitusajat, tuotannon joustamattomuus, laatuvirheet, pitkät läpimenoajat jne. (Miettinen 1993, 51.)

JIT-tuotannolle ominaista on pienerävalmistus ja yksi sen keskeisimpiä piirteitä on voimakas panostus laatuun, sillä kun läpimenoajat ovat lyhyitä ja välivarastot pieniä, virheen sattuessa sen vaikutus on erittäin suuri. Virhe voi eri toiminnoissa tai valmistusprosessissa pysäyttää tuotannon nopeasti. (Haverila 2009, 361.) Tällainen virhe voi johtua esimerkiksi työhöjeden puuttumisesta (Salminen 1990, 162). Trickerin (2001) mukaan työhöjeden epätäydellisyys tai epätarkkuus ovat myös yleisiä virheiden syitä valmistusprosessin aikana (Tricker 2001, 44).

2.5.3 Jatkuva parantaminen

Lean-toiminta perustuu systemaattiseen ja jatkuvaan parantamiseen (Kouri 2009, 14). Jatkuva parantaminen tarkoittaa toimintamallia, jolla yrityksen toimintaa pyritään kehittämään jatkuvasti. Siihen viitataan usein myös japaninkielisellä sanalla ”kaizen”, joka tarkoittaa kehitystä. Jatkuvassa parantamisessa henkilöstö kehittää omia työtehtäviään ja toimintojaan jatkuvasti pienin askelin. (Haverila 2009, 380.)

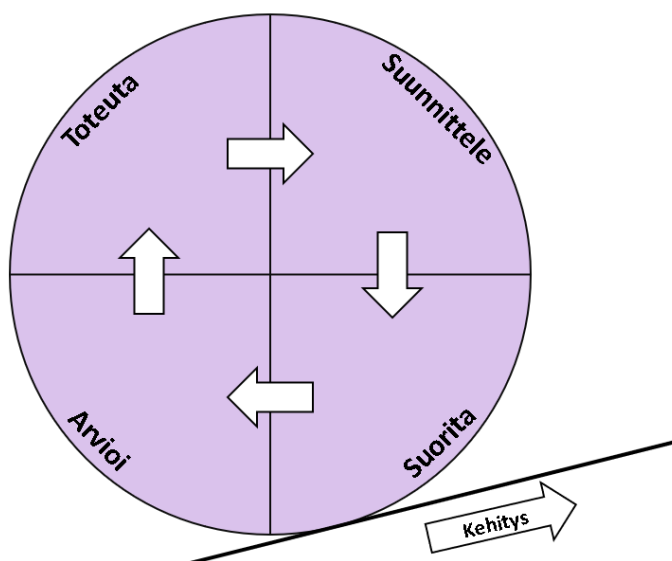
Toimintamallin tehokkuus perustuu pienten kehitysaskelien kumuloitumiseen ja niillä saavutetaan loppujen lopuksi suuria tuloksia. Jatkuvaan parantamiseen ei kuulu radikaalit muutokset tai toimintojen laajamittaiset kehityshankkeet. Haverilan (2009) mukaan on kuitenkin huomattu, että jatkuvalla parantamisella saadaan vakiinnutettua muutoksia ja hyödynnettyä niitä sen myötä tehokkaammin. Jatkuvan parantamisen avulla henkilöstön osallistuminen kehittyy, mikä johtaa pienempään muutosvastarintaan ja asennoituminen laajamittaisiin muutoksiin on myönteisempää, vaikkei jatkuvassa parantamisessa itsessään siihen pyritäkään. (Haverila 2009, 381)

Jatkuvassa parantamisessa työntekijät ovat osaltaan vastuussa tuotteen ja toiminnan laadusta sekä kehityksestä. Kehitystyössä pyritään paljastamaan asioita, jotka vaikeuttavat henkilön omaa työntekoa ja etsimään ratkaisuja, miten työ voitaisiin tehdä paremmin tai helpommin. Ongelmat tuleekin nähdä tilaisuuksina laadun, työn tehokkuuden ja työturvallisuuden kehittämiseen. Koko yrityksen toiminta ja kannattavuus paranee prosessien laadun ja toiminnan kehittämisen avulla. (Kouri 2009, 14.)

Jatkovaa parantamista kannattaa Kourin (2009) mukaan toteuttaa PDCA-syklin mukaisesti. Kuviossa 5 on esitetty PDCA-sykli pyörimässä kehityksen mäkeä ylöspäin. PDCA-sykli vaiheet ovat:

1. Suunnittele (Plan) parannustoimenpide työskentelymenetelmien kehittämiseksi.
2. Suorita (Do) pilottihanke muutoksesta.
3. Arvioi (Check) muutoksen hyvät ja huonot puolet, sekä tee korjaavia toimenpiteitä.

4. Toteuta (Act) parannus kohdealueella ja vakiinnuta hyväksi havaitut toimintatavat kaikkialla.
5. Jatka, sillä kehystoiminnan on oltava jatkuvaa. (Kouri 2009, 15.)



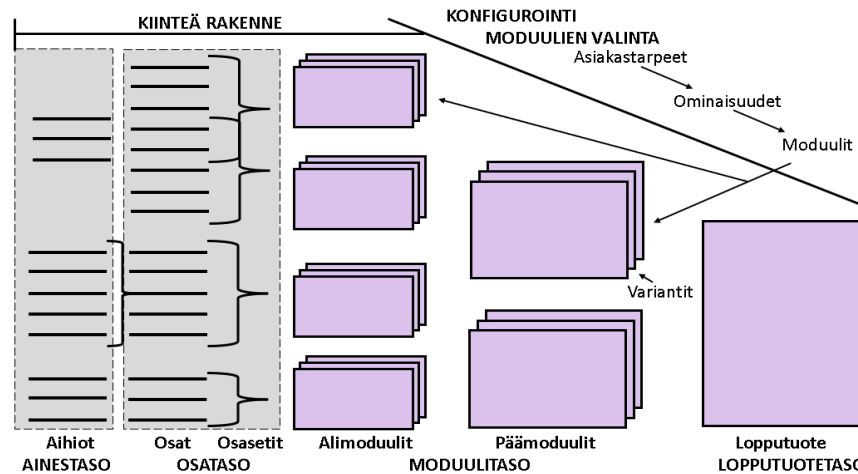
KUVIO 5. PDCA-sykli (Kouri 2009, 15)

2.6 Konfiguroituva tuote

Ideaalisessa koneenrakennuksessa tuotteen on oltava konfiguroitavissa. Konfiguroinnin tarkoituksena on eliminoida asiakaskohtainen suunnittelu, joka lisää läpimenoaikaa, mahdollistamalla silti samalla yksilöllisten asiakasversioiden tarjoaminen kohtuullisin kustannuksin. Paras tapa saavuttaa konfiguroitavuus on käyttää modulaarista tuoterakennetta. Konfiguroituvan tuotteen moduulit ja mahdolliset komponenttien valinnat tehdään myyntitapahtuman yhteydessä. (Lapinleimu 2000, 57,108, 151.)

Kone muodostuu perusmoduuleista ja niistä koostuvaa konetta voidaan kutsua peruskoneeksi. Optiomoduulit ovat peruskoneen lisäyksiä. Perusmoduulien muunnelmista puhutaan variantteina, jotka määrittävät moduulin tuotteelle antamat ominaisuudet. Koneen lopullinen rakenne on konfiguraatio. (Lapinleimu 2000, 154.) Erityisesti kokoonpanossa moduulien käyttökelpoisuus tulee esille niiden helpottaessa sekatuotantokokoonpanon hallintaa, koska tuotetta voidaan jakaa moduulien avulla osakokoonpanoiksi (Lapinleimu 1997, 294).

Suurehkoissa koneissa voi tarvittaessa olla kaksikin tasoa perusmoduuleja. Tasoja ovat päämoduulitaso (esim. runko, hytti, voimapaketti) ja alimoduulitaso (esim. kojelauta hytissä). (Lapinleimu 2000, 154.) Kuviossa 6 on Lapinleimun (2000) esittämä ideaalinen modulaarinen tuoterakenne.

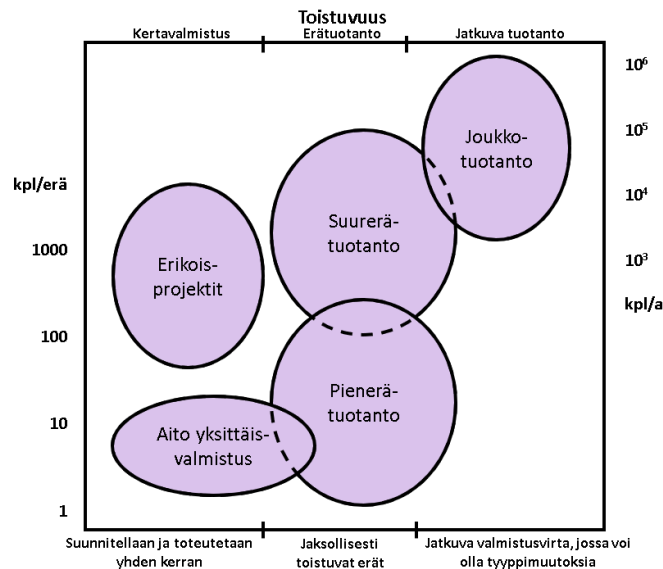


KUVIO 6. Ideaalinen modulaarinen tuoterakenne (Lapinleimu 2000, 156)

2.7 Tuotantovolyyymi ja toistuvuus

Volyymillä tarkoitetaan yleisesti vuosivolyymiä eli suuretta, josta selviää, kuinka monta kappaletta tuotetta tehdään vuodessa. Toistuvuus tarkoittaa sitä, kuinka monta kertaa voidaan samoilla valmiuksilla tehdä kerran suunniteltu ja valmistettu tuote uudestaan. Erä taas kertoo, kuinka monta tuotetta valmistetaan yhdellä työnavauksella yhtäjaksoisesti. (Lapinleimu 1997, 46.)

Tuotantotyypit ovat jaettavissa toistuvuuden mukaan kertavalmistukseen/yksittäistuotantoon, sarja-/erävalmistukseen ja jatkuvaan valmistukseen eli massa-/joukkotuotantoon. Kokoonpanossa moduloitujen ja asiakkaan toivomuksien pohjalta tehtyjen tuotteiden toistuvuus on usein erätuotantoa tai kertavalmistusta (Lapinleimu 1997, 43, 46.) Eri kokoonpanojärjestelmät soveltuvat eri tuotantotyypille, joten tuotantotyypillä on vaikutusta kokoonpanojärjestelmän valintaan. Kuviossa 7 on esitetty eri tuotantotyypit toistuvuuden, vuosivolyymien ja eräkoon suhteen.



KUVIO 7. Volyyymi ja toistuvuus sekä niiden määrittelemät tuotantotyypit (Lapinleimu 1997, 45)

Kertavalmistus on usein projektiluontoista. Tilanteet ovat aina uusia ja työt aloitetaan suunnittelusta. Kilpailukyvyyn vuoksi kertavalmistuksessa on tähdättävä löytämään materiaalien ja valmistusmenetelmien toistuvuutta. Esimerkkinä käy työkaluteollisuuden muottien valmistaminen, jossa jokainen muotti on tuotekohmainen, mutta valmistustekniikka on aina sama. Kokonaisvolyyymi voi silti olla suuri kertavalmistuksessa. (Lapinleimu 1997, 46.)

Erätuotannossa tehdään usein tilaus- tai eräkohtaista tuote- tai tuotantoteknistä suunnittelua. Tavoiteltavaa olisi siis, että tuotteet ovat konfiguroitavia ja tilauskohmainen suunnittelu olisi näin ollen vain tuotteen kokoamista valmiista vaihtoehdoista. Erätuotannon erien koot voivat olla yhdestä sataan kappaletta ja toistuvuus muutamasta sataan erää vuodessa. Yhden kappaleen erien valmistaminen toistuvasti ei siis ole yksittäistuotantoa vaan erätuotantoa. (Lapinleimu 1997, 46–47.)

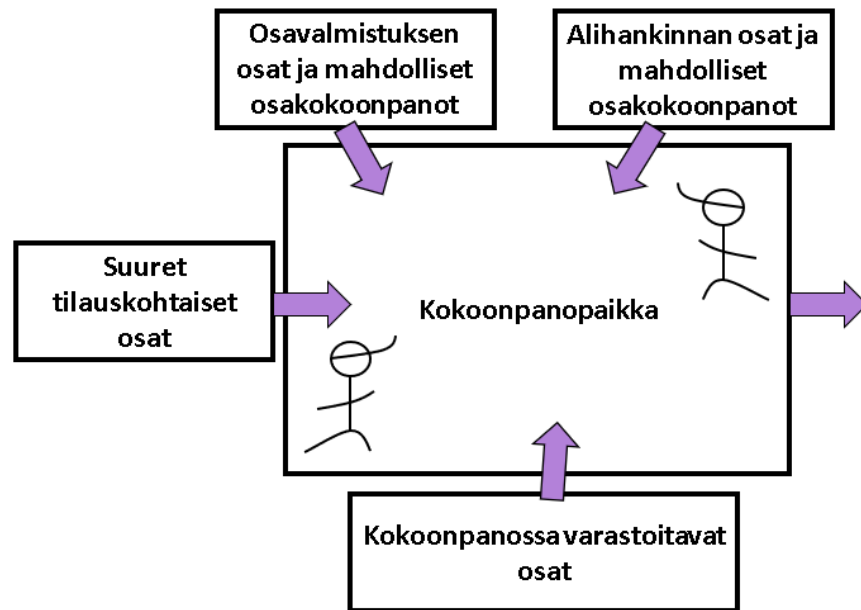
Jatkuvaa suurivolyymistä valmistusta, jossa erät seuraavat toisiaan voidaan kutsua joukkotuotannoksi. Jatkuva valmistus ei aina tarkoita vain yhden tuotetyypin valmistamista, vaan tuotetyyppejä voi olla useita. Esimerkiksi moottoreita valmistavalla tuotantolinjalla voidaan tehdä rivimoottoreita eri sylinterivaihtoehdoilla. Tällöin tuotantokalustolta edellytetään tuotetyypin vaihtuessa nopeaa mukautumista ilman merkittäviä tuotantomenetyksiä. (Lapinleimu 1997, 47.)

2.8 Kokoonpanojärjestelmät

Kokoonpanojärjestelmä tarkoittaa tapaa, jolla kokoonpano on järjestelty. Erilaiset tuotteet ja tuotantovolyymit vaativat niille soveltuvat kokoonpanojärjestelmänsä. Eri kokoonpanojärjestelmien käyttämiseen vaikuttaa myös, onko kokoonpano manuaalista eli nk. käsityötä, automatisoitua vai sekajärjestelmä, jossa on kumpaakin aiemmista. Kokoonpano voidaan järjestellä esimerkiksi paikka- tai linjakokoonpanoksi. Lapinleimun (2000) mukaan paikkakokoonpano on teoriassa linjakokoonpanon erikoistapaus. Järjestelmän ja järjestelyn määrittää osalogistiikka ja kokoonpanotyön suorittamiseen vaadittavat laitteet, kuten nosto tai kuljetuslaitteet etenkin raskaassa kokoonpanotoiminnassa. Osat on saatava kokoonpanoon ottoetäisyydelle toiminnan sujuvoittamiseksi. (Lapinleimu 2000, 129.) Käytetyllä kokoonpanojärjestelmän tyyppillä on suurin vaikutus kokoonpanon läpimenoaikaan (Tekes 2001, 69).

2.8.1 Paikkakokoonpano

Paikkakokoonpanossa tuote kootaan samassa työasemassa alusta loppuun. Se on yksinkertainen ja joustava kokoonpanon toteutustapa. Paikkakokoonpanossa kokoonpantava tuote kootaan joko ryhmän tai yksittäisen henkilön toimesta, riippuen siitä, kuinka suuri tuote on. Paikkakokoonpano, kuten linjakin, voi olla jaoteltu myös eri ammattialoittain niin, että hydrauliiikan, mekaniikan ja sähköjen kokoonpanolle on omat tekijänsä. Töiden jakaminen voi kuitenkin haitata työn joustavuutta ja tuottavuutta täysin tasa-arvoiseen ryhmään verrattuna. (Lapinleimu 1997, 112.) Paikkakokoonpano on havainnollistettu kuviossa 8.



KUVIO 8. Paikkakokoonpano (Lapinleimu 1997, 113, muokattu)

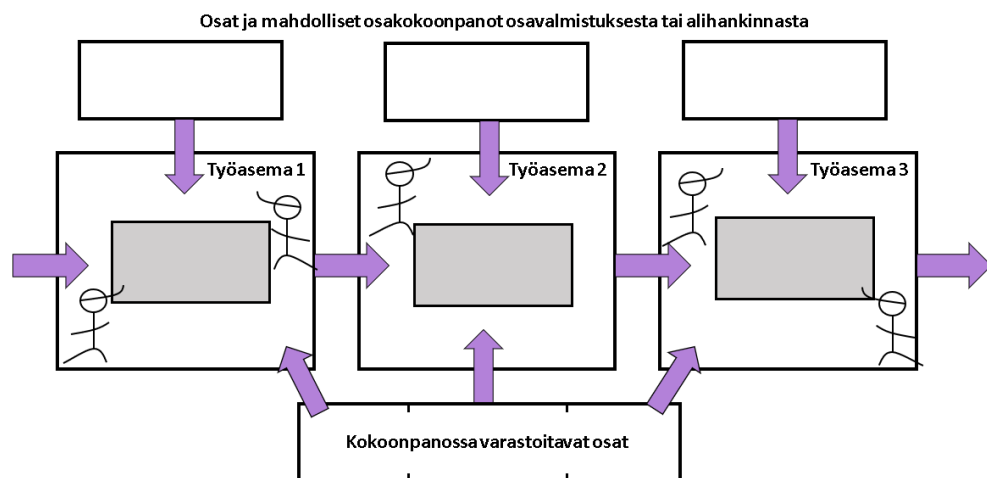
Yksi perinteisen paikkakokoonpanon hyödyistä on sen joustavuus, mutta se johtaa kuitenkin usein pitkiin läpimenoaikoihin. Tekesin (2001) raskaan kokoonpanotoiminnan kehitysprojektissa huomautettiin, että paikkakokoonpanon läpimenoajan mittayksikkönä käytetään viikkoja, kun saman laitteen linjakokoonpanossa puhutaan päivistä. Paikkakokoonpano sietää linjakokoonpanoa paremmin ongelmia, kuten osapuutteita, tuoterakenteen keskeneräisyyttä, laatuvirheitä ja kapasiteettipuutteita. Ongelmilla on kuitenkin läpimenoaikaa kasvattava merkitys. (Tekes 2001, 69.)

Paikkakokoonpanon kapasiteettia ja joustavuutta voidaan kasvattaa lisäämällä rinnakkaisten kokoonpanopaikkojen määrää. Näin myös joustavuus lisääntyy eri tuotteiden samanaikaisen kokoonpanomahdollisuuden ja henkilöstön määrän vaihtelun avulla. (Lapinleimu 2000, 129.) Paikkakokoonpano soveltuu parhaiten pienerätuotantoon ja sellaiseen tuotantoon, jossa rakennetaan yksittäistuotteita (Lapinleimu 1997, 112). Paikkakokoonpanosta linjaan on siirryttävä silloin, kun osat tai kokoonpanoon käytetyt laitteet eivät enää mahdu kokoonpanopaikalle. Linjaan voidaan myös päätyä volyymin vuoksi, jos yksi paikka ei riitä tuottamaan tarvittavaa määrää. (Lapinleimu 2000, 129–130.)

2.8.2 Linjakokoonpano

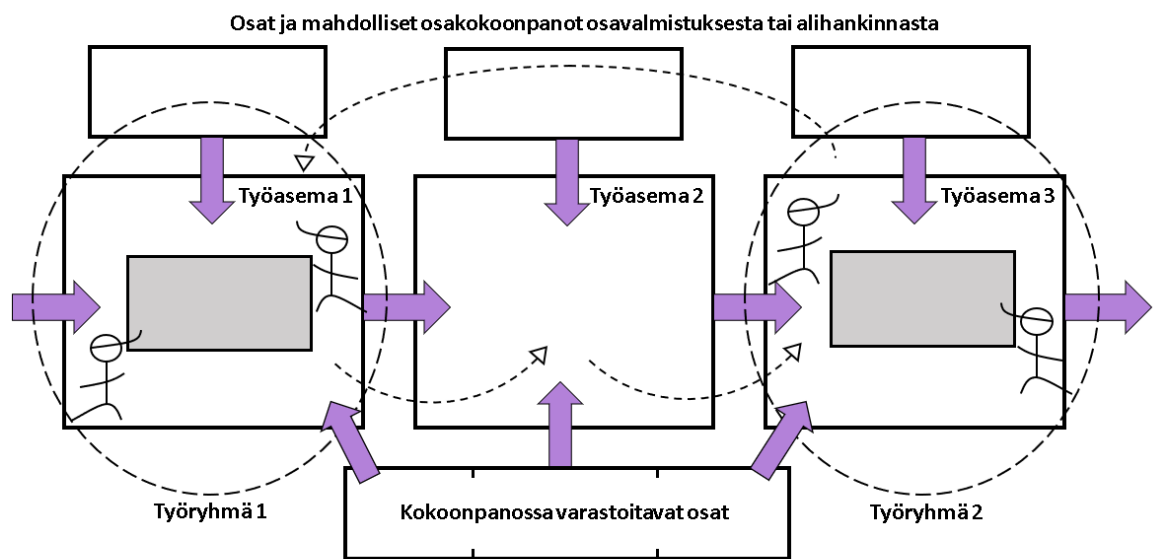
Linjakokoonpanossa kokoonpano on järjestetty tuotantolinjaksi, joka koostuu työasemista (Lapinleimu 1997, 112). Linjakokoonpano vaatii, että kokoonpano on tehtävissä sujuvasti, sillä muuten koko valmistus takkuu. Se pakottaakin ratkaisemaan sellaiset ongelmat, joista ei paikkakokoonpanossa ole sen joustavuuden vuoksi samanlaista haittaa. Linjakokoonpanossa työtehtäviin tarvittavat osat voidaan asetella tuotantotiloihin kokoonpanon kannalta optimaalisesti. (Tekes 2001, 69.) Asadin (2015) mukaan kyky kokoonpanna eri tuotteita samalla kokoonpanolinjalla on ideaalia joustavalle kokoonpanojärjestelmälle. Asadin tutkimuksen mukaan sekatuotekokoonpanolinjan tulisi pystyä valmistamaan tuotteita eri tuotantoperheistä ilman, että syntyy suuria tasapainotusongelmia samalla kun tuotannon tehokkuuden on pysyttävä riittävällä tasolla. (Asadi 2015, 242.)

Linjakokoonpano voidaan toteuttaa kuvion 9 havainnollistavalla tavalla, siinä kukin työasemaa miehittävät omat työntekijänsä, jotka ajan kanssa erikoistuvat oman asemansa työtehtäviin. Työ voidaan jakaa yhä pienempiin osiin, tehden työtehtävistä lyhyempiä ja nopeammin omaksuttavia. Tällöin työ alkaa muistuttaa liukuhihnatyötä. Vaiheisiin jaettu työ soveltuukin suurien erien valmistukseen ja joukkotuotantoon. (Lapinleimu 1997, 112.) Tekesin (2001) raportin mukaan tällainen vaihetyö on tehokasta, mutta ei välttämättä työntekijälle mielekästä pidemmän päälle. Työn mielekkyyttä voidaan parantaa kierrättämällä työntekijöitä säännöllisesti linjan työasemilta toisille. (Tekes 2001, 69.)



KUVIO 9. Linjakokoonpano, jossa työntekijöillä on omat asemansa (Lapinleimu 1997, 113, muokattu)

Linjakokoonpano voi olla myös toteutettu niin, että henkilöstö vastaa tuotteen kokoonpanemisesta ja laadusta tuotantolinjan alusta loppuun. Kuviossa 10 on esitetty tämäntyyppinen toteutus. Siinä työryhmä etenee koneen mukana asemalta toiselle ja suorittaa kaikki kokoonpanovaiheet. Tuotteen valmistuttua ryhmä suorittaa tuotteen lopputarkastuksen ja palaa sitten takaisin linjan alkupuolelle, jossa se aloittaa seuraavan tuoteyksikön kokoonpanon. Tämä järjestelmä soveltuu hyvin erätuotantoon. (Lapinleimu 1997, 112.) Tällainen toteutus on myös joustavampi kuin tyypillinen liukuhihnatyö, sillä kokoonpano on lähempänä paikkakokoonpanon työtappaa, jossa työntekijät tietävät koko tuotteen kaikki kokoonpanovaiheet.



KUVIO 10. Linjakokoonpano, jossa työntekijät liikkuvat asemien välillä (Lapinleimu 1997, 114, muokattu)

2.9 Standardointi ja työohjeet

Standardoinnin avulla valmistusprosesseihin saadaan yhtenäisiä kriteerejä ja käytäntöjä, eli standardeja. Standardien avulla tuotteista tulee tasalaatuisempia. (Standard Work for the Shopfloor 2002, 3.) Standardit voidaan kirjoittaa työohjeiksi (Lillrank 1998, 128). Työohje on helposti ymmärrettävään muotoon kirjoitettu työtä ohjaava dokumentti (Kouri 2009, 17). Työtehtävän haluttu lopputulos tulisi olla saavutettavissa täysin työohjeen pohjalta (Tricker 2001, 44).

2.9.1 Standardi

Standardi on sääntö tai esimerkki, jota seuraamalla saavutetaan sen määrittelemä lopputulos. Käytännössä standardi tarkoittaa, että samat asiat toistetaan samalla tavalla samoissa olosuhteissa samojen tulosten aikaansaamiseksi (Lillrank 1998, 128). Standardien etsiminen, asettaminen ja parantaminen muodostavat perustan jatkuvalla parantamiselle. Valmistavassa tuotannossa standardeja sovelletaan tuotteiden teknisiin tietoihin, tuotantoprosessin analysoimiseen ja parantamiseen kaiken hukan eliminoimiseksi, sekä laatuun, jotta voidaan poistaa vialliset tuotteet. (Standard Work for the Shopfloor 2002, 2.) Luomalla standardeja tuotannon eri toimenpiteistä saadaan järjestelmän käyttäytymisestä ennustettava, jolloin sen ohjattavuus paranee (Lillrank 1998, 128).

Standardeja on luotava, jotta saadaan aikaan pysyviä ratkaisuja. Salmisen (1990) mukaan ilman standardia on todennäköistä, että vanhat työtavat ja samat ongelmat palaavat pikkuhiljaa takaisin esimerkiksi silloin, kun työjärjestelyt muuttuvat tai työtä tekee uusi työntekijä. (Salminen 1990, 70) Standardeissa tulee käyttää käyttäjäystävällistä kieltä, kuvia tai symboleita, jotta niiden sisältö välittyy mahdollisimman selkeästi ja standardia on helppo noudattaa (Standard Work for the Shopfloor 2002, 5). Lillrank (1998) kuitenkin huomauttaa, että standardit saattavat saada helposti elämää suurempia merkityksiä ja voi olla, että kerran löydettyyn ratkaisuun ei saakaan enää koskea, mikä on tietysti väärin. Standardi on kuitenkin kehittyvä käsite ja se kuvaa toistaiseksi parasta tunnettua tapaa toteuttaa haluttu toimenpide annetuissa olosuhteissa. Tiedon lisääntyessä ja olosuhteiden muuttuessa standardi kuitenkin vanhenee ja saattaa käydä vahingolliseksi alkuperäisille tavoitteilleen. (Lillrank 1998, 128.)

Standardeja tehdään eri tasoilla. Kansainväliset standardit ovat ISO-standardeja, seuraava taso on suuralueellinen taso eli esimerkiksi EU ja sen jälkeen kansallinen taso, kuten Suomen SFS-standardit tai Saksan DIN-standardit, hierarkian alimpana on yritystaso. (Lapinleimu 1997, 291.) Yritystason standardit ovat yrityksen sisällä tehtyjä sisäiseen toimintaan tarkoitettuja standardeja. Yrityksen kannalta yritystason standardit ovatkin kaikista tärkeimpiä ja niille ylempien tasojen standardit toimivat esikuvina (Lapinleimu 1997, 291). Täsmällisyytensä ja saavutettavuutensa vuoksi yritysstandardi on erinomainen informaatioväline.

Sen avulla voidaan koordinoita eri organisaatioiden toimintaa ja ratkaista syntyviä rutiiniongelmia aina samalla tavalla. Näin sillä voidaan pitää tehokkaasti variaatioiden kasvu kurissa. (Lapinleimu 1997, 292.) Esimerkiksi työohje voi olla yhdenlainen yritystason standardi.

2.9.2 Standardointi

Standardointi määrittelee parhaan toimintatavan ja saattaa sen ohjeelliseen muotoon standardiksi (Lillrank 1998, 128). Se sisältää standardien asettamisen lisäksi niiden viestimistä, seuraamista ja parantamista (Standard Work for the Shopfloor 2002, 3). Käytännössä standardointia tehdessä standardi kirjoitetaan työohjeeksi, protokollaksi tai laatukäsikirjaksi (Lillrank 1998, 128). Salmisen (1990) mukaan standardointia ei pidä ajatella vain uusina ohjeita vaan uudenlaisena ajatteluna ja tapoina (Salminen 1990, 70).

Valmistusprosessit ovat riippuvaisia standardoinnista, sillä sen luomien yhtenäisten kriteerien ja käytäntöjen, standardien, avulla saavutetaan tasalaatuisia tuotteita. Standardointia tarvitaan standardien ylläpitämiseen. Kun standardia joudutaan päivittämään, tehtyjen parannusten tulee perustua alkuperäisen standardin hyväksi todetulle, yhteisesti sovitulle ja kaikkien noudattamalle tiedolle (Standard Work for the Shopfloor 2002, 3, 9–10).

Työntekijät hyötyvät standardoinnista, sillä uusien työtehtävien oppiminen helpottuu ja työtehtävien vaihtaminen esimerkiksi linjakokoonpanon työasemien välillä helpottuu. Standardointi helpottaa myös ongelmien havaitsemista ja korjaamista. Yritystä standardointi auttaa pienentämällä vaihtelua, hukkaa ja kustannuksia. Tuotteiden laadun parantuessa ja läpimenoaikojen lyhentyessä valmistuksesta tulee helpommin ennustettavaa. (Standard Work for the Shopfloor 2002, 10.)

2.9.3 Työohjeet

Kokoonpanojärjestelmässä, jossa kokoonpano toteutetaan pääosin työvoimalla, on työntekijöiden kyvykkyys ja monipuolisuus erilaisissa työtehtävissä suuressa

asemassa työn nopeuteen ja laatuun nähden. Asadin (2015) mukaan voi herätä huoli työntekijöiden taitotasosta kokoonpanotyössä, jossa työntekijät liikkuvat jatkuvasti eri työtehtäviin ja uusille tuotteille. Tällaisissa tapauksessa kokoonpanijan tulisi tietää, kuinka tehdä toisistaan eroavia kokoonpanotöitä kaikille erilaisille tuotteille, joko standardoitujen työohjeiden perusteella tai pelkästä kokemuksesta. Mahdollisia haasteita, joita kokoonpanija kohtaa sekatuotteiden kokoonpanolinjalla, voidaan pienentää käyttämällä työohjeita, jotka koostuvat kuvista tai tekstistä, joko digitaalisesti tai paperilla. Yksityiskohtaisen kokoonpano-ohjeistuksen kehittäminen ja soveltaminen eri tuotteille kasvattaa joustavuutta. Ohjeilla voidaan pitää laatua yllä vähentämällä inhimillisten virheiden määrää. (Asadi 2015, 243.)

Työohje on tuotannossa käytettävä työtä ohjaava dokumentti. Kourin (2009) mukaan työohjeesta käy ilmi työn päävaiheet ja niihin liittyvät laatuun, tuottavuuteen ja turvallisuuteen vaikuttavat seikat (Kouri 2009, 17). Hallitun valmistuksen kannalta on tärkeää, että työohjeet tai mitkä tahansa kirjoitetut ohjeet ovat selkeitä, tarkkoja ja täysin dokumentoituja. Ohjeita on tehtävä myös riittävästi, koska ilman kirjallista ohjetta voi helposti syntyä eroja käytännöissä ja toimintatavoissa. Tällaiset erot aiheuttavat sekaannuksia ja epävarmuutta. (Tricker 2001, 44.)

Työohjeista saadaan tärkeimmät yksityiskohdat, joita työn suorittaminen halutulla tavalla ja vaaditun tason mukaisesti vaatii. Niissä kerrotaan, kuinka tuote, prosessi tai palvelu tulee toteuttaa samalla huolehtien siitä, että tuotteen laatu on tasaista. Kourin (2009) mukaan ohjeessa ei tule kuitenkaan kuvata itsestäänselvyyksiä, vaan on keskistytävä niihin oleellisiin seikkoihin, jotka työn onnistunut suoritus vaatii (Kouri 2009, 17). Hyvät työohjeet eivät aiheuta sekaannusta ja kertovat tarkalleen, mitä työssä tulisi tehdä halutun lopputuloksen saavuttamiseksi (Tricker 2001, 44). Salmisen (1990) mukaan ohjeita laadittaessa ne tulee tehdä käyttäjälähtöisesti 'käyttäjä on asiakas' -periaatteella tarpeita huomioiden. Ohjeiden puute on ollut usein syy virheisiin silloin, kun yritykseen on tullut uusia työntekijöitä tai joku vakituinen työntekijä, joka tietää kuinka tietty työvaihe tehdään, on sairastunut. (Salminen 1990, 162.)

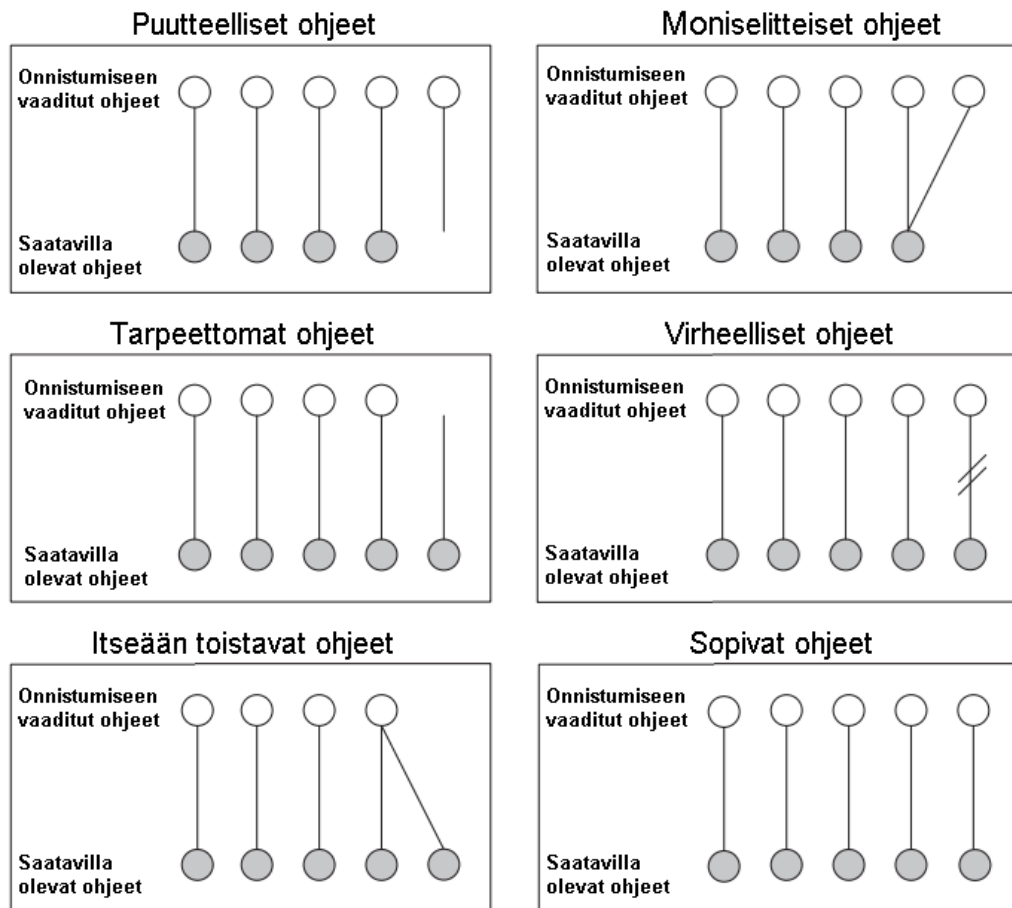
Työohjeiden tulee olla helposti ymmärrettäviä, yksinkertaisia ja havainnollistavia. Käytettävien työskentelytapojen selventämiseksi havainnointiin tulisi käyttää kuvia ja kaavioita (Kouri 2009, 17). Vaillinaiset tai epätarkat työohjeet ovat myös eräitä yleisimmistä vianaiheuttajista valmistuksen aikana. Työohjeissa tuleekin kertoa yksityiskohtaisesti, mitä pitää tehdä, kuka sen tekee, milloin se tehdään, mitä tarvikkeita, palveluita ja välineitä käytetään, sekä mitä kriteerejä työn lopputulokselle on. Ei riitä, että työohjeita tehdään ja sitten unohdetaan ne heti niiden valmistuttua, vaan niitä pitää tarkastaa ja päivittää tasaisin väliajoin, jotta ne pysyvät hyväksyttävänä, tehokkaina ja ajantasaisina. (Tricker 2001, 44.)

Laitteen tai sen osan valmistaminen voi edellyttää useamman kuin yhden työohjeen tekemistä. Hyväksyttävää ja jopa toivottavaa olisi erottaa prosessit useiksi työohjeiksi, sillä

- suurille laitteille on vaikeaa kirjoittaa yhtä yksittäistä työohjetta
- työssä voi olla vaiheita, jotka vaativat eri koulutustasoa ja pätevyyttä
- työ ei välttämättä vaadi aina kaikkien työvaiheiden toteuttamista
- pienien ja tiiviiden työohjeiden tarkastaminen, sekä ylläpito on helpompaa.

(Tricker 2001, 44.)

Kuviossa 11 on Haugin (2015) tutkimuksessaan määrittelemät työohjeiden laadulliset dimensiot. Viisi tyypeistä kuvaa ongelmallisia ohjeita, jotka poikkeavat viimeisestä tyypestä eli sopivasta ohjeesta. Sopivalla ohjeella tarkoitetaan sellaista ohjetta, jonka kaikki vaiheet ovat selkeitä ja niitä seuraamalla työ saadaan toteutettua vaaditulla tavalla (Haug 2015, 174). Tunnistettuja ongelmallisia ohjetyyppejä ovat puutteelliset, moniselitteiset, tarpeettomat, virheelliset ja itseään toistavat ohjeet.



KUVIO 11. Ohjeiden laatudimensiot (Haug 2015, 174)

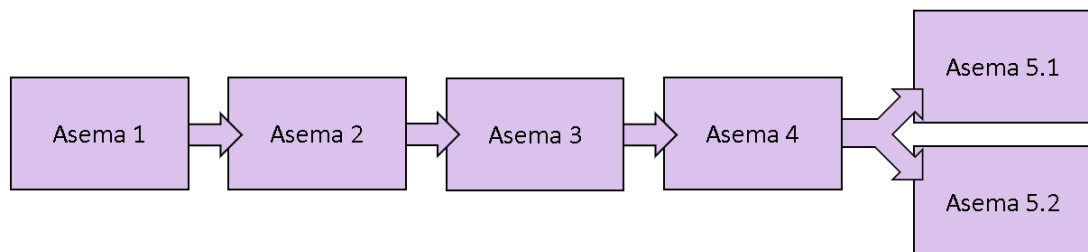
Puutteellisesta työohjeesta puuttuu työn loppuun saattamiseen vaadittavaa tietoa ja näin ollen pelkästään ohjeita seuraamalla ei voida saavuttaa haluttua lopputulosta. Epäselvissä tai moniselitteisissä työohjeissa on esitetty kaikki työn valmistamiseen vaadittu tieto, mutta niissä on epäselvyyksiä ja niitä seuraamalla on mahdollista tehdä virheitä. Tarpeettomia työvaiheita sisältävissä ohjeissa on työn suorittamisen kannalta tarpeettomia työvaiheita ja tietoa, jota ilman työ saataisiin silti suoritettua ongelmattomasti. Virheellisissä työohjeissa on virheellistä tietoa ja työtä ei voida toteuttaa pelkkien ohjeiden perusteella. Toistavassa ohjeistuksessa toistetaan samaa tietoa useaan otteeseen, ilman mitään lisäarvoa. Toistaminen voi olla jossain tilanteissa kuitenkin hyödyllistä, jos halutaan muistuttaa tai painottaa jotain tiettyä vaihetta työn toteutuksessa. (Haug 2015, 173.)

3 SÄHKÖKOKOONPANOITOIDEN KEHITTÄMINEN

3.1 Kokoonpanotöiden nykytila

Toimeksiantajan tuotteiden rakentaminen on raskasta manuaalista kokoonpanotyötä. Työn kohteena oleva laite on uuden sukupolven tuote, joka on varustettu älykkäällä ohjausjärjestelmällä. Laitetta käytetään maanalaisten kaivosten peräporauksessa: sillä porataan tunnelin peräseinään reikiä, jotka sitten panostetaan ja seinä räjäytetään prosessoitavaksi irtokiveksi.

Tehtaassa laitteiden kokoonpano on laitemallin mukaan toteutettu joko paikkatäi linjakokoonpanona, kuitenkin kokoonpanolinjojen laitteita kasataan myös paikkakokoonpanopaikoilla. Työssä tehtävät kokoonpano-ohjeet tarvitaan kokoonpanolinjalla valmistettavalle laitteelle. Kuviossa 12 on esitetty kyseisen kokoonpanolinjan layout. Jokaisella viidellä asemalla tapahtuu standardityölistan mukaiset työvaiheet. Viimeinen vaihe voidaan tehdä joko 5.1- tai 5.2- asemalla, riippuen siitä, onko toinen asemista varattu.



KUVIO 12. Kohteena olevan kokoonpanolinjan layout

Laitteella perussäkkötöiden työtehtäviä on lähes kolmekymmentä ja tällä hetkellä valokuvasisältöisiä asennusohjeita uuden sukupolven laitteelle on vain muutama kokoonpanon työtehtävään eli siihen verrattuna ohjeiden lukumäärä nykyhetkellä on lähes olematon. Kokoonpanolinjalle tulevat uudet työntekijät toimivatkin teknisten piirustuksien ja kokeneempien työntekijöiden opastamina sekä katsomalla mallia toisesta samanlaisesta laitteesta. Koppioiminen ei kuitenkaan ole hyvä toimintatapa eikä se edistä tuotteiden laadukkuutta, vaan kopioitavan laitteen virheet saattavat kertautua seuraavaan.

Toimeksiantajalla on tarve myös toimintamallille, joka määrittelee työhjeiden tekemiseen ja päivittämiseen kuuluvan prosessin. Tällä hetkellä tällaista toimintamallia ei ole olemassa ja ohjeita on tehty vain satunnaisista työtehtävistä todennäköisesti työtehtävän hankaluuden tai laatueroikkeen vuoksi. Nykyisellään uusia ohjeita ei tehdä ennen kuin niille syntyy jokin laadullinen tarve. Ohjeita ei myöskään tarkasteta säännöllisesti, sillä kokeneemmat työntekijät muistavat työtehtävät ulkoa, eivätkä näin ollen lue ohjeita juuri koskaan, kun taas uudet työntekijät eivät tiedä työtehtävää kunnolla tai ollenkaan, eivätkä siten voi arvioida niiden oikeellisuutta. Myös kohdelaitteen standardityölista ja osa laitteen johtosarjojen layout-kuvista vaativat tarkastamista ja tarpeen vaatiessa päivittämistä.

3.2 Kehitystyön vaiheet

Opinnäytetyön empiirisessä osassa tuotetaan laitteelle kokoonpano-ohjeita, jotta jatkossa kokoonpanoa tukevaa materiaalia on saatavilla kokeneemmista työntekijöistä riippumatta ja mahdollisuus virheiden kertautumiseen viereisestä laitteesta minimoidaan poistamalla kopiointin tarve.

Työssä tarkastetaan ja tarvittaessa päivitetään myös laitteen standardityölista, mikäli ohjeiden tekemisessä se on ajankohtaista tai tulee muuten ilmi, että se on työtehtävien osalta puutteellinen. Puuttuvat tehtävät hankaloittavat kokoonpanolinjan asemien työkuorman tasaamista, sillä niihin kuluva aika ei ole otettu huomioon. Samalla puuttuvat tehtävät hankaloittavat uusien työntekijöiden perehtymistä vaikeuttamalla kokonaisuuden hahmottamista ja osa työtehtävistä voi näin ollen myös jäädä tekemättä, mikä lisää myöhempien vaiheiden työkuormaa entisestään.

Opinnäytetyö toteutetaan valitsemalla kokoonpanolinjan aloituksista sopiva laite, jonka kokoonpanemista sähkötehtävien osalta seurataan ja dokumentoidaan kuvaamalla laitteen sähkötehtäviä sitä mukaan, kun laite valmistuu. Kokoonpanolinjalla on viisi työasemaa ja ohjeiden tekeminen toteutetaan paketteina asema kerrallaan. Ohjeet tehdään yrityksen standardiformaatille. Kunkin aseman ohjeiden kirjoittamiseen, tarkistuttamiseen ja julkaisuun varataan kaksi viikkoa aikaa. Oh-

jeet kirjoittaa opinnäytetyön tekijä, ne tarkistutetaan ensin kokeneemmalla työntekijällä, jonka jälkeen niihin avataan vapaa pääsy tuotannon tietokoneilta. Ohjeita pyritään käyttämään tuotannossa heti niiden tarkistamisen jälkeen, jotta palautetta ehtii kertymään riittävä määrä kutakin ohjetta kohti projektin aikana. Kun ohjeita on kertynyt riittävästi, ne annetaan laadun kehitykselle julkaistavaksi MES-järjestelmään. Ohjeiden kirjoittamisen jälkeen tehdään toimintamalliehdotus uusien ohjeiden ja vanhojen päivittämisen vakiinnuttamista varten.

Laitteiden valmistuksessa käytetään hyödyksi MES-järjestelmää. MES tulee englannin kielen sanoista 'manufacturing execution system', joka tarkoittaa suomeksi tuotannon toteutusjärjestelmää. Toimeksiantajan käyttämä MES-järjestelmä on kevennetty versio, jossa ei ole kaikkia järjestelmälle tyypillisiä ominaisuuksia. MES-järjestelmästä työntekijä näkee koko laitteen valmistuksen tilan ja pystyy mm. tilaamaan osia kokoonpanoon, sekä näkee ja kykenee kuittaamaan, mitä työtehtäviä on aloittamatta, kesken tai valmiina milläkin vaiheelta. Työssä tehdyt ohjeet ovat avattavissa suoraan MES-järjestelmän tehtävistä.

3.3 Ohjeiden tekeminen

Ohjeiden tekemiseen sisältyi kokoonpanotehtävien seuraaminen ja kuvaaminen, sopivan ohjeiden formaatin löytäminen sekä ohjeiden kirjoittaminen aiemmin mainittujen avulla. Lisäksi ohjeiden tekemisen aikana tarkastettiin myös layoutkuvien oikeellisuus. Ohjeiden tekemisen jälkeen ne testattiin ja niistä kerättiin palautetta.

3.3.1 Kokoonpanovaiheiden dokumentointi

Dokumentoitavaksi valikoitui laite, jonka kokoonpaneminen alkoi projektin kanssa samaan aikaan. Kokoonpanotehtävät kuvattiin puhelimen kameralla. Puhelinta käyttäen kuvat olivat riittävän tarkkoja ja niiden siirtäminen tietokoneelle, jolla ohjeet tehtiin, oli kätevää. Puhelinta oli kuitenkin kömpelö käyttää ohuutensa ja sappeiden kuvaustoimintojen vuoksi (vakautus ja valotus).

Seurattavan ja kuvattavan työtehtävän teki mahdollisuuksien mukaan aina sellainen henkilö, joka osasi toteuttaa työtehtävän virheettömästi, yleensä työn teki kokenut työntekijä. Kuvat otettiin siis kokeneen työntekijän työnjäljestä, jotta minimoitiin mahdollisuus kokoonpanovirheiden päätyemisestä kuviin. Kuvia otettiin runsaasti kaikkien merkittävien toimenpiteiden jälkeen, jotta ohjetta tehdessä oli riittävästi materiaalia, josta oli siten helppo valita parhaiten sopivat ja laadukkaimmat kuvat.

Dokumentointi pyrittiin tekemään peruslaitteen mukaan, mutta valitulla laitteella se ei ollut täysin mahdollista. Konfiguroituvan tuotteen luonteen mukaisesti optioiden ja muiden komponenttien valinnat tehdään myyntitapahtuman yhteydessä (Lapinleimu 2000, 108). Dokumentoitavasta laitteesta asiakas oli valinnut erään yleisen optiopaketin, jonka johdosta osa laitteen perusmoduulien varianteista vaihtui. Laitteesta tuli näin ollen hieman erilainen täysin vakioon perusmalliin nähden. Varianttien tapauksissa koitettiin perusvaihtoehdosta saada kuvat muista opinnäytetyön aikana kokoonpantavista laitteista, jotta ohjeissa saadaan erilaiset sekaannukset vältettyä. Uusi työntekijä ei välttämättä tiedä, miksi laitteen osat ovat hieman erilaiset ja miksi työohjeiden kuvissa ei olekaan joitain kaapeleita mitä sähkökuvat pyytävät. Joillain optioilla on myös vaikutusta liittimien muotoihin ja sijainteihin, jotka nämäkin olisi hyvä saada ohjeissa selitettyä.

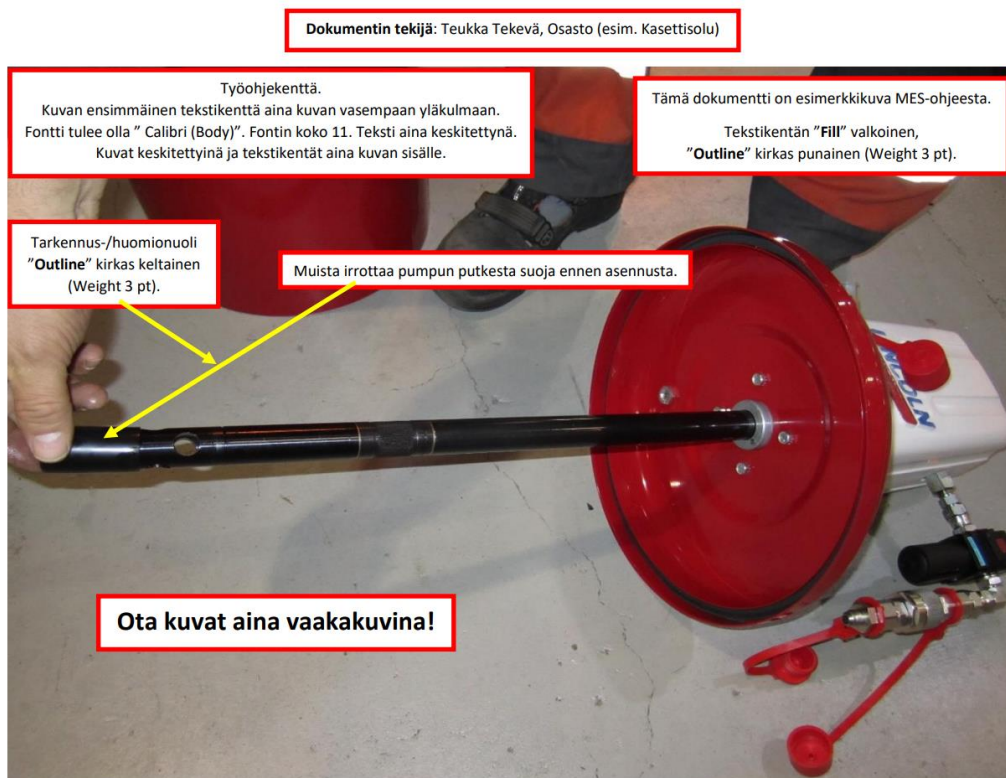
Kuvat otettiin yrityksen sisäisen standardiformaatin määritelmän mukaisesti vaakakuvina ja käyttämällä kuvasuhdetta 4:3, vaikkei formaatti sitä vaadikaan. Kuvista pyrittiin ottamaan sellaisia, että niistä selviää hyvin, mistä kohdasta laitetta kuva on. Ensimmäiset kuvat kustakin tehtävästä otettiin kauempaa, jotta työntekijä saa hyvän yleiskuvan laitteen kokoonpanovaiheesta ja siitä, mistä kohtaa laitetta kuva on otettu. Mikäli jokin osa asennettiin katveeseen tai oli jokin muu tärkeä yksityiskohta, jota ei saa kauempaa otettuun kuvaan, siitä otettiin erikseen oma kuvansa, joka ohjeita tehtäessä lisättiin tarkentavaksi pikkukuvaksi ohjeeseen.

Haasteita dokumentoinnissa tuottivat katveeseen jäävät yksityiskohdat, kaapeleiden ja johtosarjojen reittien kuvaaminen selkeästi, kun ne kiemurtelevat laitteen rungolla, välillä mennen johtonipun sisällä ja välillä hydraulikkaletkujen vä-

lissä. Monesti kuvia ottaessa jouduttiin ottamaan huomioon, kuinka jonkin pidemmän johtosarjan kaikki haarat saadaan kuvattua mahtumaan mahdollisimman pieneen määrään kuvia, jottei ohje venähdä kymmenien sivujen mittaiseksi. Toisinaan johtosarja haaroittui nipun sisällä niin, ettei siitä edes voinut ottaa selvää kuvaa. Nämä haasteet ratkaistiin merkitsemällä kuviin piiloon jäävät haarat.

3.3.2 Ohjeen formaatti

Työohjeiden tekemiseen käytettiin toimeksiantajan sisäisen standardin mukaista formaattia. Kuvassa 1 on esitetty työn aikainen standardiformaatti. Standardiformaatin mukainen ohje koostuu kuvista, joihin lisätään tarpeellista tietoa. Kourin (2009) mukaan kuvien käyttö selkeyttää työskentelytapoja (Kouri 2009, 17). Formaatti määrittelee kuvien asettelun sivulle, niiden toivotun orientaation ja kaiken havainnointiin käytetyn symboliikan ominaisuudet. Ohjeformaatin standardoiminen on tehty erityisesti siksi, että sen perusteella tehdyt ohjeet ovat samankaltaisia. Näin työntekijöiden liikkuminen kokoonpanopaikkojen välillä helpottuu, kun ennalta tunnetut työohjeet ovat ulkoisesti tutut ja samanlaiset. Toisena syynä ohjeformaatin standardoimiselle on ollut ohjeiden tekemisen, tarkastamisen ja ylläpitämisen helpottuminen. Standardi sisältää käyttäjäystävällistä kieltä, kuvia ja symboleita, mikä tekee standardin noudattamisesta helppoa (Standard Work for the Shopfloor 2002, 5). Sen ansiosta tasalaatuisia ohjeita voi tuottaa myös kokemattomampi henkilö.



KUVA 1. Toimeksiantajan käyttämä standardiohjepohja (yrityksen oma n.d.)

Formaatissa määritellään työohjeiden välttämättömien kirjallisten tietojen ja vinkkien asettelu kuvaan. Tärkein tai ainoa tekstiä sisältävä ikkuna sijoitetaan ohjeen vasempaan yläkulmaan lähes aina. Sen saa laittaa muualle kuvaan vain siinä tapauksessa, että se peittää jotain kuvan kannalta tärkeää tietoa alleen. Tarkoituksena yläkulmaan sijoittamisella on, että ohjeista tulee helppolukuisempia ja sisällöstä yhtenäisempää. Muut tekstikentät voi laittaa mihin vain kuvan sisälle.

Havainnointiin käytettävät nuolet ja tekstikenttien väritykset on määritelty yhtenäisyyden vuoksi ja värit on valittu sellaisiksi, että ne erottuvat kuvista. Esimerkiksi oranssia tai punaista nuolta saattaisi olla vaikea erottaa, kun taustalla olevat laitteet ovat väritykseltään punertavan oransseja.

3.3.3 Ohjeiden kirjoittaminen

Ohjeet kirjoitettiin toimeksiantajan standardiformaatin mukaisesti käyttäen kirjoitusohjelmana Microsoft Wordia. Ohjeet koostuivat työtehtävien dokumentoinnissa otetuista kuvista. Ohjeista on pyrittävä saamaan selkeitä, tarkkoja ja täysin

dokumentoituja (Tricker 2001, 44). Kuvista valittiinkin parhaimmat ja selkeimmät, joista ohjeen voi tehdä. Kuvat järjestettiin selkeyden vuoksi niin, että ne olivat työtehtävän sisältämien työvaiheiden mukaisessa järjestyksessä, eli siinä järjestyksessä, jossa työ todellisuudessa tehdäänkin. Haug (2015) määritteli sopivan työhjeen tarkoittavaan sellaista ohjetta, josta löytyy kaikki tarvittava tieto oikein selitettynä, ilman merkityksetöntä tai tehtävään liittymätöntä tietoa (Haug 2015, 174). Sopivien työhjeiden tekemiseksi kuviin lisättiin kirjallisesti kaikki tarvittava tieto ja ohjeistus, joita työn tekeminen onnistuneesti vaatii.

Salminen (1990) totesi, että ohjeet on tehtävä käyttäjälähtöisesti, eli on tiedettävä, kenelle ohjeet ensisijaisesti tehdään. Ohjeiden puute aiheuttaa usein virheitä, kun työtehtävää suorittaa uusi työntekijä. (Salminen 1990, 162.) Siksi ohjeita tehtiin lähtökohtaisesti uuden työntekijän näkökulmasta, eli niissä pyrittiin ottamaan huomioon, ettei työntekijä tiedä laitteen koko kokoonpanoprosessia tai kuinka eri työtehtävät toteutetaan. Ohjeissa mainittiin komponentit niiden oikeilla nimillä ja kaikki työtehtävään liittyvät komponentit esiteltiin kuvissa selkeästi. Osaan ohjeista lisättiin myös huomioita siitä, mitä ei kuulu tehdä, jos se haittaa myöhempää kokoonpanovaihetta, josta uusi työntekijä ei välttämättä ole vielä tietoinen. Ohjeiden perusteellisuus auttaa myös kokeneempia työntekijöitä, mikäli he eivät ole tehneet kyseistä työtehtävää pitkään aikaan.

Ohjeissa pyrittiin siihen, että pelkästään kuvat olisivat jo itsessään riittäviä työn laadukkaaseen toteuttamiseen. Kuviin kuitenkin lisättiin paljon tekstipohjaisia huomautuksia esimerkiksi kaapeli- ja momenttimerkintöjen tarkistamisesta ja tekemisestä. Pelkästään tekstipohjaisilla huomautuksilla ja kuvilla ei kuitenkaan ollut mahdollista tehdä joistain työtehtävistä selkeitä, vaan osassa ohjeita jouduttiin merkitsemään viivoin esimerkiksi johtosarjojen reittejä kaapeliniippujen sisällä, sillä ne olisivat muutoin olleet piilossa ja mahdottomia hahmottaa kuvasta tai selittää tekstinä.

Ohjeisiin pyrittiin lisäämään kokeneempien työntekijöiden kerryttämää ns. hiljaista tietoa työstään ja sellaisia ohjeistuksia, jotka eivät välity kokoonpanon teknisistä piirustuksista. Tällaista tietoa on mm. kaapelikenkien asento laitteen nivelen kohdalla tai moottorin kyljessä, mihin kohtaan kaapeliniipussa on pyrittävä jättämään liikkumavaraa, jottei laitteen kääntyessä nippu ole liian lyhyt ja pingotu

tai esimerkiksi missä järjestyksessä kaapelit kannattaa liittää hytin pohjaan niin, että työ on helppo tehdä ja työn jälki on siistiä. Tärkeää tietoa työtehtäviä suorittaessa ovat myös yrityksen sisäiset standardit. Standardit ovat hyödyttömiä, jos kukaan ei seuraa niitä, siksi niistä on mainittava, jotta niiden olemassaolo tiedetään ja työntekijät voivat noudattaa niitä (Standard Work for the Shopfloor 2002, 11). Ohjeisiin liitettiin työtehtävien vaatimat toimeksiantajan sisäisten standardien viittaukset, esimerkiksi kaapelikengän kytkentäohje tai suojavahan käyttäminen.

Laitteiden konfiguroitavuus teki ohjeiden teosta hiukan haastavampaa, sillä konfiguroitavassa laitteessa on perusmoduuleja ja optiomoduuleja. Sekä perusmoduuleilla että optiomoduuleilla on eri variantteja ja jokainen variantti tekee selkeän ohjeen kirjoittamisesta aina hieman haastavamman johtuen niiden tuomista pienistä muutoksista. Perusmoduulien variantit voivat olla erinäköisiä tai niiden kokoonpanoprosessi voi olla erilainen esimerkiksi jonkin fyysisen esteen tai ominaisuuden vuoksi. Ohjeisiin täytyykin siis sisällyttää erilaisten varianttien vuoksi lisäkuvia erinäköisten osien vuoksi tai huomautuksia, joissa kerrotaan, miten kokoonpanotehtävä toteutetaan kullekin variantille, muutoin ohjeet ovat epätäydellisiä. Epätäydellisiä ohjeita ovat Haugin (2015) mukaan sekä puutteelliset että moniselitteiset ohjeet. Puutteellisista ohjeista puuttuu jokin välttämätön elementti, kun taas moniselitteisistä ohjeista puuttuu tarkentavia tietoja. (Haug 2015, 173.) Eri optiopaketit saattoivat myös muuttaa koneen muiden komponenttien paikkoja tai komponenttien ulkonäköä. Nämäkin on tuotava ohjeissa esille, ettei erehdyksiä pääse syntymään.

Esimerkkinä isosta erosta varianteissa oli laitteeseen valittu moottori, jonka variantteja on kaksi ja niiden johtosarjat ovat täysin erilaiset. Tässä tapauksessa moottorin johtosarjoituksesta oli selkeintä tehdä kummallekin variantille omat ohjeensa. Komponentin ulkonäön muuttumisesta option vuoksi esimerkkinä on porapuomin lohkot, joissa venttiilien liittimet vaihtuivat erilaisiksi, mistä johtuen niiden merkitseminen on toteutettava eri tavalla. Toinen esimerkki ovat porauksen lohkot, joihin tulee optioiden johdosta useita erinäköisiä venttiileitä, jotka muuttavat lohkon kokoa ja ulkonäköä.

Ohjeet olivat keskimäärin noin viiden kuvan mittaisia. Niistä pyrittiin tekemään mahdollisimman tiiviitä, mutta jotkin työtehtävät vaativat runsaasti kuvia, jotta

niistä tuli riittävän selkeitä. Toisaalta oli myös työtehtäviä, jotka vaativat ainoastaan yhden kuvan. Joitain työtehtäviä oli myös mahdollista paloittaa useita lyhyitä ohjeita sisältäväksi kokonaisuudeksi esimerkiksi tekemällä ohjeet isomman kaapelipinon jokaisesta johtosarjasta erikseen. Trickerin (2001) mukaan töiden erottaminen useiksi työohjeiksi on hyväksyttävää ja toivottavaa, koska suuremmille kokonaisuuksille voi olla vaikeaa kirjoittaa yhtä työohjetta ja koska pienien ja tiiviiden työohjeiden tarkastaminen ja ylläpito on helpompaa (Tricker 2001, 44).

3.3.4 Layout-kuvien päivittäminen

Ohjeita tehtäessä päivitettiin myös laitteen johtosarjojen layout-kuvia. Toimeksiantajan yrityksessä layout-kuvalla tarkoitetaan sellaista piirustusta, jossa esitetään, mihin eri paikkoihin kaapelit levittyvät laitteen rungolla. Kuvat helpottavat ja selkeyttävät huomattavasti eri johtosarjojen levittämistä.

Kuvissa oli virheitä ja jotkin kuvien johtosarjat erosivat todellisuudesta esimerkiksi niin, että jokin haara oli eri kohdassa tai joitain liittimiä tai haaroja ei ollut ollenkaan. Päivitettäessä huomattiin myös, että osa kuvista oli toisesta laitemallista ja sen johtosarjat sekä niiden levitys eivät olleet yhteensopivia kohteena olevaan laitteeseen. Työssä teetettiin myös uudet layout-kuvat kahdelle työtehtävälle kuvien päivittämisen yhteydessä. Layout-kuvat muutettiin todellisuutta vastaaviksi tekemällä kuviin alustavat korjaukset, jotka sitten annettiin eteenpäin virallisesti korjattaviksi. Korjaukset teki toimeksiantajan teknisistä piirustuksista vastaava henkilö.

3.3.5 Ohjeiden testaaminen ja palaute

Ohjeiden valmistuessa ne tarkastettiin kokeneemman työntekijän toimesta oikeellisiksi, minkä jälkeen ne lisättiin epäviralliseen paikkaan saataville kokoonpanolinjan tietokoneille. Tietokoneilta kokemattomimmat työntekijät pääsivät lukemaan niitä ja kokeilemaan, kuinka hyvin ohjeiden mukaan pystyi työn tekemään. Vasta kun ensimmäisten kolmen aseman ohjeet olivat valmiita, ne lisättiin yrityksen MES-järjestelmään, josta kuka tahansa laitetta kokoonpaneva henkilö pystyi

niitä lukemaan. Myöhempien kahden aseman ohjeet lisättiin erikseen, kun aseman kaikki työohjeet oli tehty. Ensimmäinen lisäys tehtiin kolmen aseman suuruisena pakettina, jottei ”laadun kehitys” -tiimiä kuormitettu alussa liikaa.

Ohjeet testattiin sitä mukaan, kun ne tulivat saataville. Testaus toteutettiin linjan uusien työntekijöiden toimesta. Uusia työntekijöitä linjalla oli kolme. Pyrittiin siihen, etteivät he ennen olleet tehneet kyseistä työtehtävää. Näin varmistettiin, että työhön vaadittu tieto tuli ohjeista eikä työntekijän ulkomuistista. Kokeneet työntekijät eivät välttämättä huomaisi kaikkia puutteita ohjeissa, sillä työtehtävän rutiinointuminen ja vahva muistikuva työn toteuttamisesta saattaa peittää alleen ne asiat, jotka tekevät työtehtävästä sekavan juuri vasta aloittaneelle työntekijälle.

Ohjeiden toimivuudesta ja tarvittavista muutoksista kerättiin testajilta palautetta suullisesti ja kirjallisesti. Palautetta kerättiin testauksen jälkeen kysymällä, oliko työtehtävä toteutettavissa pelkästään ohjeiden avulla ja oliko ohjeessa kaikki tarpeellinen tieto. Suullinen palaute oli usein suppeaa ja sisällöltään monesti vain, että ”työ on tehtävissä ohjeiden pohjalta”, ilman suurempaa pureutumista esimerkiksi johonkin puutteelliseen asiaan, jonka testaaja joutui itse selvittämään kokenemmalta työntekijältä. Kirjallinen palaute olikin sisällöltään selkeästi runsaampaa ja se sisälsi lisäysehdotuksia ohjeeseen tai pieniäkin yksityiskohtien muutoksia, kuten työjärjestyksen muutosta tai työnjäljen esteettisyyteen keskittyviä vinkkejä.

Palautteessa toivottiin komponenttien erillistä nimeämistä ohjeissa, kuten kaapelien tai pulttien kokojen mainintaa tarkasti, jottei niitä tarvitsisi katsoa kokoonpanopiirustuksista. Niitä ei kuitenkaan muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta voi mainita ohjeissa, jotta ohjeet säilyisivät tavoitellun mukaisesti ajattomina. Poikkeuksia olivat sellaiset työtehtävät, joista ei löytynyt selkeää kokoonpanopiirustusta tai piirustuksissa itsessään oli virhe. Tällaisiin ohjeisiin lisättiin väliaikaisesti maininnat kyseisistä komponenteista, kunnes piirustukset päivitetään.

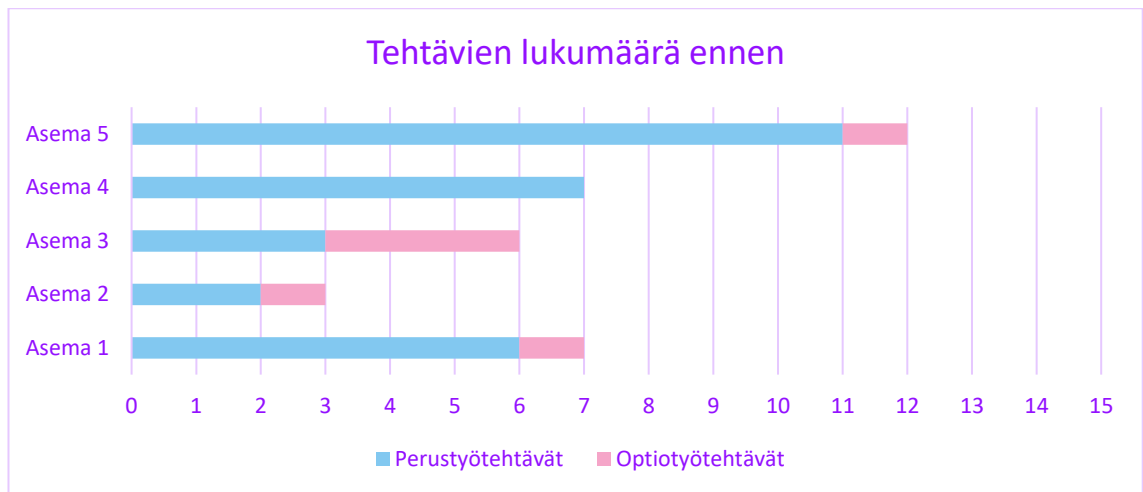
Palautetta kerrytettiin suullisesti ja kirjallisesti työn aivan loppuun asti, jonka jälkeen kaikki palautteessa korjaus tai lisäysehdotuksia saaneet ohjeet päivitettiin

kerralla koko järjestelmään. Poikkeuksena yksi ohje, joka päivitettiin välittömästi, sillä yhdessä kyseisen ohjeen kuvista oli kokoonpanovirhe.

3.4 Standardityölistan päivittäminen

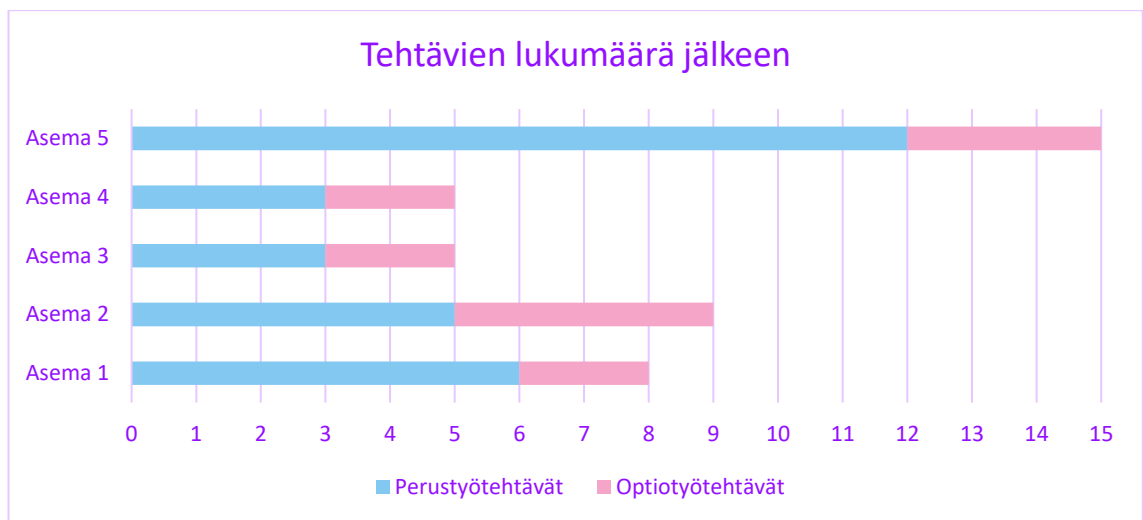
Standardityölista on työn standardoimiseen käytetty työkalu. Se sisältää jokaisen kokoonpanotehtävän, jota laitteen kokoonpaneminen vaatii. Kokoonpanotehtävät on ryhmitetty vaiheisiin, jotka kokoonpanolinjalla ovat asemakohtaiset. Listan tehtävät on järjestetty siihen järjestykseen, jossa laitteen kaikki kokoonpanotehtävät halutaan toteutettavan ja siitä löytyy kullekin työtehtävälle määritetty suoritus aika. Lista siis jäsentää kokoonpanoprosessia selkeään ja helposti ymmärrettävään muotoon. Listaa jouduttiin päivittämään, jotta ohjeet voidaan lisätä MES-järjestelmän oikeaan kohtaan. Laitteen standardityölistaa ei voida julkaista tässä työssä, sillä se on salassa pidettävää tietoa.

Standardityölistan parantamisen tarve huomattiin ohjeita tehtäessä. Useita tärkeitä tehtäviä, jotka vaativat ohjeita, ei ollut standardityölistassa. Laitteen standardityölistassa oli muutenkin parannettavaa, sillä sen lisäksi, että siitä puuttui kokoonpanotehtäviä, osa tehtävistä oli huonosti määriteltyjä ja jopa muutamassa tapauksessa virheellisiä. Huonosti määritellyt kohdat ovat sellaisia, joissa listan työtehtävät ovat vain osa jostain kokonaisuudesta, niihin on niputettu tehtäviä, jotka eivät liity toisiinsa tai jokin tehtävä on jaettu turhaan kahdeksi tehtäväksi. Virheellisiä ovat väärin määritellyt kohdat, kuten mekaniikkatehtävän merkintä sähkötehtäväksi, josta tästäkin aiheutuu työkuorman tasoittamisessa ongelmia, sillä tehtävän suorittaa joka tapauksessa vaiheen mekaniikka-asentaja, vaikka työhön kuluva aika lasketaan sähkötehtäviin kulutetuksi. Kuviossa 13 on standardityölistan asemakohtaisten sähkötehtävien lukumäärä ennen sen päivittämistä. Viidennen aseman työtehtävien suuri määrä johtuu siitä, että suurin osa sen sisältämistä tehtävistä on laitteen lopputarkastuksia, eivätkä tehtävät ole varsinaisia kokoonpanotehtäviä.



KUVIO 13. Tehtävien lukumäärä standardityölistassa ennen muutoksia

Kuviossa 14 on sähkötehtävien lukumäärä standardityölistan päivittämisen jälkeen. Huomioitavaa on aseman 4 perustehtävien määrän väheneminen, kun kaikki muut vaiheet pysyivät joko muuttumattomina tai niiden määrä kasvoi.



KUVIO 14. Tehtävien lukumäärä standardityölistassa muutoksien jälkeen

Standardityölistan sähkötehtävät käytiin läpi yhdeltä istumalta palaverissa. Kaikki tehtävät ja niiden sisältö käytiin yksitellen läpi asema kerrallaan ja niitä vastaaville vaiheille lisättiin kaikki puuttuvat tehtävät. Joiltain vaiheilta korjattiin virheellisiä tehtäviä poistamalla ne turhina, sillä ne sisältyivät olennaisesti toisiin tehtäviin tai määrittelemällä uudestaan vaaditun osaamisperustan mukaan. Osa laitteen komponenteista asennetaan kummallekin puolelle laitetta, kuten porapuomit. Tällaisista tehtävistä saattaa standardityölistassa olla kummallekin puolelle omat teh-

tävät, vaikka komponentit ja siten kokoonpanotehtävät ovat lähes identtiset. Tällaisia kohtia yhdistettiin listan yksinkertaistamiseksi, kuitenkin joissakin tehtävissä on perusteltua pitää puolet omina kohtinaan esimerkiksi työtehtävän raskauden vuoksi. Palaveriin osallistui standardityölistasta vastaava tuotantoinsinööri sekä laatutyöntekijä. Laatutyöntekijän työnkuvaan kuuluu standardityölistan päivittäminen ja ohjeiden lisääminen järjestelmiin.

Listassa järjesteltiin kokoonpanotehtäviä myös uudelleen, sillä ne saattoivat olla väärillä vaiheilla ja sellaisessa järjestyksessä, ettei kokoonpanoa voitu tehdä ilman ongelmia. Järjestyksessä oli muutamia sähkötehtäviä, jotka listan mukaan tehtynä tekevät laitteen hydraulikkaletkujen asentamisen paikoitellen hyvin hankalaksi. Muutama tehtävä oli mahdotonta toteuttaa listan järjestyksessä, sillä osa komponenteista, jotka olivat tehtävässä olennaisessa osassa, saatettiin järjestyksen mukaan asentaa vasta kokoonpanon myöhemmässä vaiheessa.

3.5 Toimintamalli

Ohjeita tehtiin uusia työntekijöitä ajatellen ja niiden sisällössä painotettiin yksityiskohtaisuutta, vaikka se voi olla kokeneemmille työntekijöille puuduttavan itsensänselvää. Toimintamallilla taataan ohjeiden syntyminen ja niiden päivittäminen ajankohtaisen tiedon perusteella.

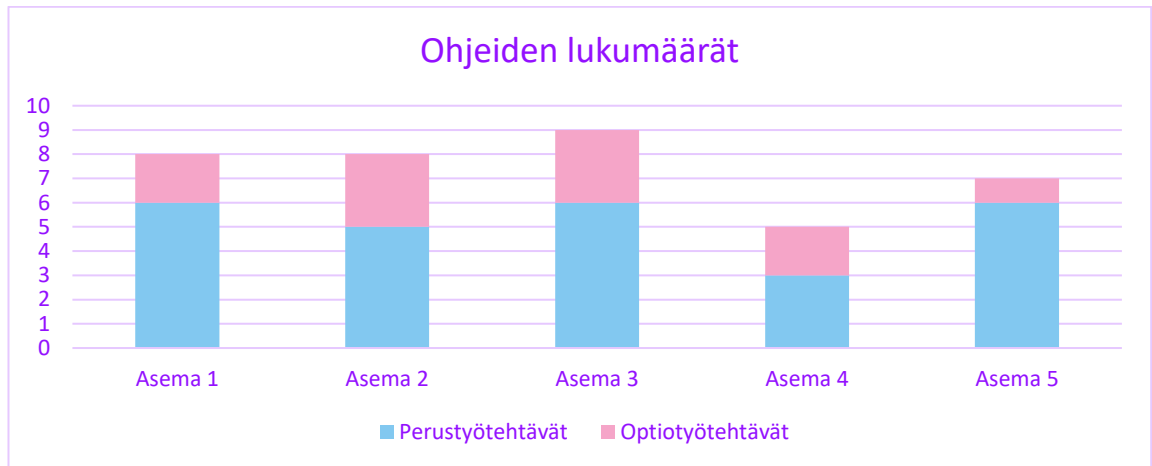
Toimintamalliehdotus hyväksyttiin pienin lisäyksin ohjausryhmän kesken pidetyssä palaverissa, jossa käytiin läpi projektin etenemistä ja tuloksia. Siihen lisättiin tarkennuksia formaatin sijaintiin ja ohjeiden julkaisuun liittyen, sillä sen tuli soveltua myös tehtaan muille osastoille. Toimintamalli kirjoitettiin sellaiseen muotoon, ettei siinä ollut mitään sidoksia projektin osastoon. Palaverissa pyydettiin lisäämään toimintamalliin ohjekansioiden pysyvät polut ja maininta ohjeiden saatavuuden ylläpitäjistä. Lisäksi toimintamalliin tuli lisätä, että ohjeita tekevät vain työnjohdon määrittelemät henkilöt. Tekemisestä vastaavien henkilöiden määrittäminen lisättiin malliin, sillä perusteella, että prosessi selkeytyy ja samat henkilöt kykenevät tehokkaasti tuottamaan ohjeita tasaisella laadulla.

Toimintamalli tehtiin sen jälkeen, kun suurin osa ohjeista oli jo kirjoitettu. Se tehtiin ohjeidentekoprosessin pohjalta sen jälkeen, kun prosessi oli tullut tutuksi. Tavoitteena oli tehdä toimintamallista mahdollisimman käytännönläheinen ja selkeä. Se on yhden A4-sivun kokoinen ja siinä on neljä numeroitua selitekohtaa. Ensimmäisessä kohdassa kerrotaan, milloin ohjeita tehdään tai muutetaan. Toisessa kohdassa ohjeistetaan dokumentoinnista. Kolmannessa kohdassa kerrotaan itse ohjeiden tekemisestä. Neljännessä kohdassa kerrotaan kuinka toimia, kun ohje on tehty. Toimintamallin loppuun on liitetty yrityksen ohjeiden standardipohja ja mainittu, kuka ohjeiden saatavuutta ylläpitää. Toimintamallin viimeinen versio on liitteessä 1. Lyhyesti siinä siis määritetään,

- milloin uusia kokoonpano-ohjeita tulee tehdä
- mitä tehdä, kun ohjeessa huomataan puutteita tai vanhentunutta tietoa
- kuka määrittää ohjeista vastaavan henkilön
- kuinka ohjeita tehdään ja mitä ne sisältävät
- kuinka uusia tai korjattuja ohjeita julkaistaan
- kuka ylläpitää ohjeiden saavutettavuutta.

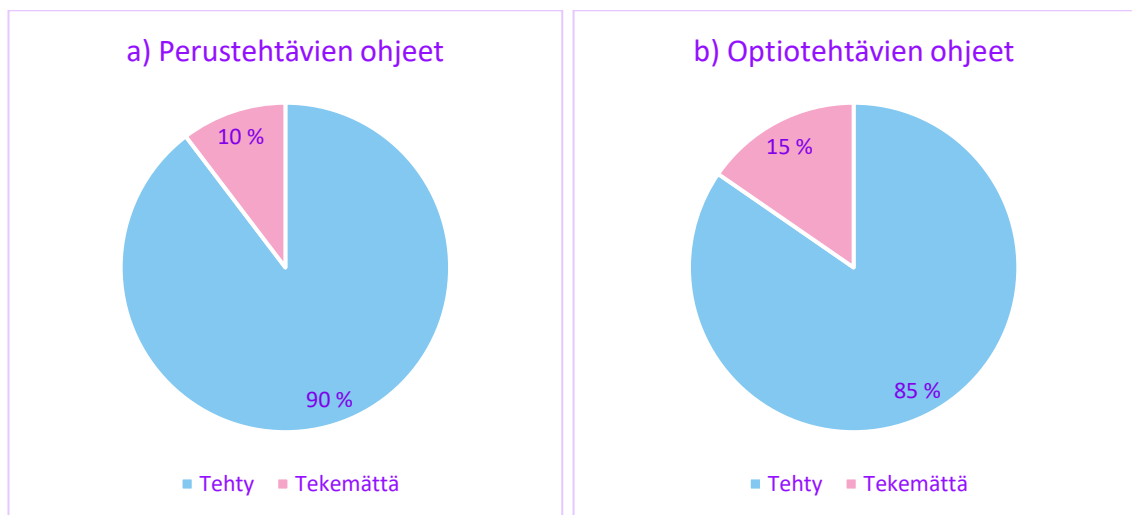
4 TULOKSET

Tämän opinnäytetyön aikana työohjeita saatiin tehtyä runsaasti sekä perussähköjen osuudesta että optioista. Kaikkiaan ohjeita tehtiin 39 kappaletta, joista 2 oli mekaanisille kokoonpanotehtäville. Ohjeet olivat keskimäärin viiden sivun mittaisia. Kuviossa 15 on esitetty tehtyjen ohjeiden lukumäärä kutakin asemaa kohti.



KUVIO 15. Työssä tehtyjen ohjeiden lukumäärät kokoonpanoon

Opinnäytetyössä oli tarkoitus tehdä vähintään 80 % laitteen perussähkätehtävien ohjeista ja optiotyötehtävien ohjeita oli tarkoitus tehdä mahdollisuuksien mukaan. Kuviossa 16 on a kohdassa esitetty perussähkätehtävien ja b kohdassa optiotyötehtävien ohjeiden kattavuus. Työssä tehtiin perussähkätehtävien ohjeita kaikkiaan 26 kappaletta ja standardityölistassa oli päivittämisen jälkeen 29 perussähköjen osuuden työtehtävää, joten ohjeiden kattavuus on noin 90 %.

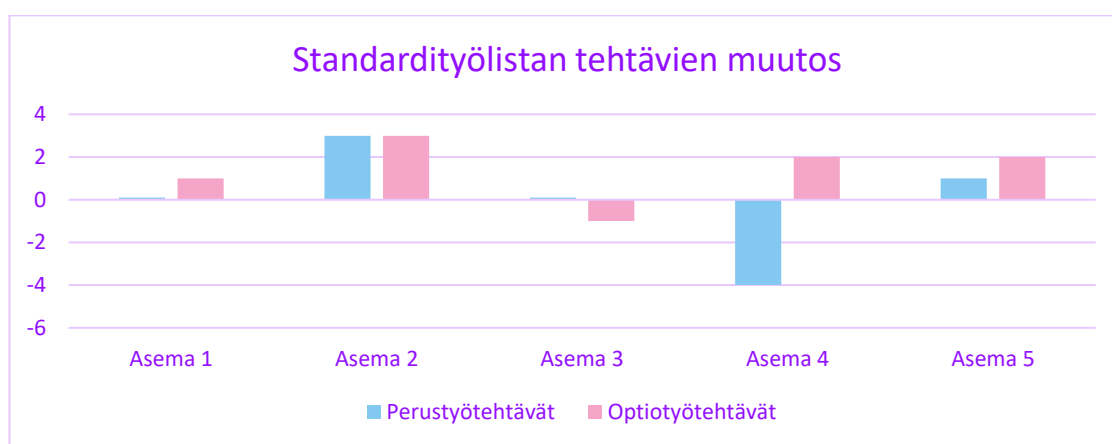


KUVIO 16. Valmiiden ohjeiden kattavuudet työn aikaisista sähkötehtävistä

Optioita tehtiin työn aikana 11 tehtävään standardityölistan 13 optiosta, mikä tarkoittaa n. 85 % kattavuutta. Standardityölistasta puuttuu kuitenkin vielä optiotyötehtäviä, joten esitetty kattavuus kuvaa vain tämän työn aikaista tilannetta.

Kaikista tehdyistä ohjeista kerätyn palautteen perusteella ohjeiden käytettävyys oli hyvä. Jokaisesta ohjeesta saatiin palautetta, jonka pohjalta ohjeita päivitettiin tai korjattiin. Kaikkiin ohjeisiin saatiin palautetta joko uudelta tai kokeneemmalta työntekijältä. Kaikki ohjeet todettiin palautteessa toimiviksi.

Standardityölistaa saatiin päivitettyä ajantasaisemmaksi lisäämällä ja määrittelemällä perussähkötehtäviä uusiksi ja lisäämällä puuttuvia optioitehtäviä, joita projektin aikana laitteiden kokoonpanossa ilmeni. Standardityölistaa päivitettäessä validoitiin myös kaikkiin sähkötehtäviin kuluvat asennustunnit. Layout-kuvat korjattiin työn aikana annetun palautteen pohjalta ja uusia layout-kuvia tuli kahdelle eri kokonaisuudelle. Kuviosta 17 on nähtävissä standardityölistan tehtävien muutos jaoteltuna optioiden ja perussähköjen osuuteen. Kokonaisuudessaan perussähköjen osuuden tehtävien lukumäärä pysyi samana muutoksista huolimatta, mutta optioiden määrä kasvoi seitsemällä.



KUVIO 17. Standardityölistan tehtävien asemakohtaiset lukumäärien muutokset

Työssä tehtiin kompakti, yhden A4-sivun mittainen toimintamalli ohjeiden vakiointiprosessille. Toimintamallin avulla ohjeiden kattavuus kasvaa ja vanhoja ohjeita pidetään ajantasaisina. Toimintamallia ei ole testattu, sillä sen testaaminen rajattiin työstä pois aikataulusyistä. Toimintamalli hyväksyttiin projektin ohjausryhmän kesken. Toimintamalli on esitetty liitteessä 1.

5 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteeksi asetettiin työn alussa kokoonpanolinjan työntekijöiden työn helpottaminen tekemällä kattavasti ohjeita sähkötehtäville ja luoda näin laitteen sähköosuuden tehtäville selkeät yhtenäiset työtavat. Hyväksi todetut yhtenäiset työtavat ja tuotteiden yhdenmukaisuus edistävät tuotteen laatua sekä helpottavat työntekijöiden työtä. Asadin (2015) tapaustutkimuksen mukaan ohjeet tekevät kokoonpanotoiminnasta joustavampaa, sillä ne helpottavat monipuolisen työvoiman kehittymistä antamalla parhaassa tapauksessa kenelle tahansa työntekijälle riittävät tiedot minkä tahansa työtehtävän suorittamiseen. Yksityiskohtaiset kokoonpano-ohjeet tuovat joustavuutta tuotantoon myös työn standardisoinnissa (Asadi 2015, 243.)

Opinnäytetyössä luotiin sähkötehtäville kattavasti ohjeita ja työ täyttää näin sille asetetut tavoitteet. Ohjeet kattoivat laitteen perussähköjen osuuden lähes kokonaan ja suurimman osan optiotyötehtävistä. Saadun palautteen pohjalta ohjeet koettiin tuotannossa toimiviksi ja selkeiksi. Työn alussa laadukas työohje määritettiin tarkoittamaan sisällöltään selkeää, kattavaa ja ajatonta ohjetta. Ohjeiden selkeyteen ja kattavuuteen pyrkiminen verotti kuitenkin osaltaan niiden ajattomuutta, sillä mitä tarkempaa ohjeiden sisältö oli, sitä enemmän siinä on tietoa, joka saattaa muuttua. On kuitenkin ratkaisevan tärkeää, että ohjeet ovat selkeitä, tarkkoja ja täysin dokumentoituja (Tricker 2001, 44). Työntekijän näkökulmasta oikea-aikainen kattavampi ja selkeämpi ohje on parempi kuin puutteellinen ohje, joka jättää joitain asioita mainitsematta ajattomuuden tavoittelun vuoksi. Oikea-aikaisella ohjeella tarkoitetaan sellaista ohjetta, joka kuvaa vallitsevaa tilannetta ja on saatavilla, kun sitä tarvitaan (Haug 2015, 174). Työohjeita onkin tarkastettava säännöllisesti, jotta ne pysyvät hyväksyttävänä, pätevänä ja oikeellisenä (Tricker 2001, 44). Näin ohjeet pysyvät oikea-aikaisina. Toimintamalli tehtiin tällaista ylläpitoa varten.

Palautteen kerääminen työohjeista toteutettiin puutteellisesti. Palautetta olisi tullut kerätä systemaattisemmin käyttäen kyselylomaketta tai pyytämällä vastaukset vapaasti kirjallisena. Palautteen keräämisprosessi perustui vapaaehtoisuuteen, mutta ohjeiden testaamiseen ja palautteen antajiksi olisi pitänyt määrätä tietyt

kokemattomat työntekijät, jotta palaute olisi ollut tasalaatuista ja taattua. Palautteen kerääminen onnistui, mutta järjestelmällisempi ja täsmällisempi lähestymistapa olisi tuottanut sen nopeammin ja palautteen sisältö olisi ollut parempaa.

Toimintamalli takaa ohjeiden pysymisen ajantasaisina ja uusien ohjeiden tekemisen, kun puutteita huomataan. Toimintamallin voi ajatella jatkuvan parantamisen työkaluna. Kourin (2009) mukaan jatkuvassa parantamisessa työntekijät kehittävät toiminnan laatua. Kehityksessä pyritään helpottamaan työntekijöiden työntekoa ja ratkaisemaan, kuinka työ voidaan toteuttaa helpommin tai paremmin. (Kouri 2009, 14.) Toimintamallista pyrittiin tekemään sellainen, että se edistää jatkuvan parantamisen kaltaista työohjeiden iteroitumista. Toimintamallin toivuudesta ei kuitenkaan voida vielä sanoa mitään, sillä sitä ei ole testattu. Se tulisi testata tuotannossa esimerkiksi pienessä skaalassa kokoonpanolinjalla ja mikäli siitä paljastuu heikkouksia tai epäselvyyksiä, sitä tulisi päivittää. Kun malli on testattu ja saatu käytännössä toimivaksi, se tulisi ottaa laajemmin käyttöön, jotta laitteiden ohjeiden kattavuus ja laatu saadaan suuremmassa mittakaavassa kuntoon. Toimintamallin käyttöön ottaminen takaisi myös, että opinnäytetyössä tehdyt ohjeet pysyisivät hyödyllisinä tuotannolle pitkään opinnäytetyön jälkeenkkin. Toimintamallia tulisi testata tuotannossa esimerkiksi sähkötehtävien 100 %:n kattavuuden saavuttamiseksi.

Standardityölistan muokkaukset järkevöivät sitä sähkötehtävien osalta. Kuitenkin osa toisille asemille siirretyistä tehtävistä tulisi järjestellä uudestaan, kun kokoonpanolinjan alkuvaiheen ongelmat, kuten osapuutteet, vähenevät. Jotkin standardityölistaan toiselle asemalle lisätyistä työtehtävistä voitaisiin myös toteuttaa jo eturunkosolussa. Lisäysten ja järjestyksen muuttamisen lisäksi kaksi sähkötehtävää muutettiin mekaanisiksi tehtäviksi, koska niihin liittyi pelkästään osien kiinnittämistä, mikä ei vaatinut sähköpuolen ammattitaitoa. Käytännössä suurin osa laitteen sähkötehtävistä olisi toteutettavissa myös mekaniikka-asentajien toimesta. Kyseisessä laitteessa on paljon johtosarjoja, joiden levitys ei eroa juuriakaan hydraulikkaletkujen levittämisestä. Kytkeminenkin on pääsääntöisesti valmiiden liittinten liittämistä, mikä ei sekään vaadi erityisesti sähkötöiden ammattitaitoa, koska liittimiä ei tarvitse kasata itse. Tulevaisuudessa tulisi tehdä myös laitteen mekaanisten tehtävien osalta standardityölistalle samanlainen tarkastelu ja päivittäminen.

LÄHTEET

Asadi N., Fundin A. & Jackson M. 2015. The Essential Constituents of Flexible Assembly Systems: A Case Study in the Heavy Vehicle Manufacturing Industry. *Global Journal of Flexible systems Management* Vol 16(3), 235–250.

Haug A. 2015 Work instruction quality in industrial management. *International Journal of Industrial Economics* 50, 170–177

Haverila M., Uusi-Rauva E., Kouri I. & Miettinen A. 2009. *Teollisuustalous*. 6. Painos. Tampere: Infacs Oy

Kouri I. 2009. *LEAN taskukirja*. Helsinki: teknologiainfo Teknova Oy

Lapinleimu I., Kauppinen V. & Torvinen S. 1997. *Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät*. Porvoo: WSOY

Lapinleimu I. 2000. *Ideaalitehdas: tehtaan suunnittelun teorian kiteytys*. 2. hiukan korjattu painos. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu

Lillrank P. 1998. *Laatuajattelu: laadun filosofia, tekniikka ja johtaminen tietoyhteiskunnassa*. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Otava

Miettinen P. 1993. *Tuotannonohjaus ja logistiikka*. Helsinki: Painatuskeskus Oy

Ōno T. 1988. *Toyota production system: beyond large-scale production*. Florida: Taylor & Francis Group

Salminen, P. 1990. *Tuotteiden ja toiminnan laadun kehittäminen*. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy

Tekes 2001, *Keskiraskas ja raskas kokoonpanotoiminta 1998–2000: Teknologiaohjelmaraaportti 2/2001, Loppuraportti*. Helsinki: Teknologian kehittämiskeskus Tekes

The Productivity Press Development Team 2002. *Standard Work for the Shopfloor*. Florida: Taylor & Francis Group

Tricker R. & Sherring-Lucas B. 2001. *Iso 9001:2000 in Brief*. Oxford: Butterworth-Heinemann

LIITTEET

Liite 1. Toimintamalli

Työohjeiden tekeminen

1. Huomattaessa, ettei jostain työvaiheesta ole saatavilla ohjetta tai nykyisessä ohjeessa on parannettavaa, niin ohje tulee tehdä tai päivittää heti kun työvaihe tehdään seuraavan kerran.
2. Ohjeeseen tulisi ottaa sellaiset kuvat, joista selviää missä kohtaa laitetta työtä tehdään. Kuvat otetaan **vaakakuvina** ja mieluiten 4:3 kuvasuhteella. Ohjeen ensimmäisen kuvan tulisi olla otettu kauempaa. Työasemilla on oma puhelin kuvien ottamista varten.
3. Ohjeet tekevät työnjohdon määrittämät henkilöt. Ohjeiden tulee olla MES-ohjepohjan osoittamassa formaatissa. Kerro kuvissa kaikki tärkeä työn suorittamiseen vaadittu tieto. Työohjeen tulisi olla niin selkeä, että uusi työntekijä tietää mitä siinä tapahtuu. Käytä ohjeissa selkokieltä ja mainitse komponentit niiden oikeita nimiä käyttäen. Ohjepohja löytyy kansiosista _____
4. Ohjeen valmistuttua ilmoita solukoordinaattorille, jonka kanssa ohje käydään läpi. Mahdollisten korjausten jälkeen solukoordinaattori siirtää ohjeen eteenpäin _____ josta oikean konemallin alta kansioon



Ohjeiden saatavuutta ylläpitää _____ / laadun kehitys