LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO
LUT School of Energy Systems
LUT KONE
BK10A0401 Kandidaatintyö ja seminaari

SISÄISEN VIRTAKISKON VALMISTUSPROSESSIN KEHITTÄMINEN
IMPROVEMENT OF MANUFACTURING PROCESS FOR INTERNAL POWER SUPPLY RAIL

Tekijä: Konsta Lempiäinen 11.11.2016
Tarkistaja(t): TkT Merja Peltokoski

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
LUT School of Energy Systems
LUT Kone

Konsta Lempiäinen

Sisäisen virtakiskon asennusprosessin kehittäminen

Kandidaatintyö

2016

31 sivua, 16 kuvaa ja 2 taulukkoa

Tarkastaja: TkT Merja Peltokoski

Hakusanat: Lean, virtakisko, 8 hukkaa, 5S

Tässä kandidaatintyössä tutustutaan Erikkila Oy:n käyttämään sisäiseen virtakiskoon ja sen valmistukseen. Työn teoreettinen tausta pohjautuu Lean-järjestelmän kahdeksaan hukkaan ja niiden merkitykseen valmistusprosessien tehokkuudessa. Työssä käsitellään myös käytännön toimenpiteitä, joiden avulla sisäisen virtakiskon valmistusprosessia tehostettiin.

Sisäisen virtakiskon valmistus on yhä suuremmissa määrin tullut tärkeäksi osaksi Erikkilä Oy:n valmistamia tuotteita. Näitä ovat esimerkiksi erilaiset automatisoidut ja manuaaliset nosturijärjestelmät sekä niiden osat kuten radat, sillat ja vaihteet. Virtakiskon valmistus on kuitenkin osoittautunut hankalaksi, hitaaksi ja virheherkäksi prosessiksi.

Työn tavoitteena on prosessin nopean aikavälin tehostaminen työkalujen, ohjeiden ja työmenetelmien uudelleen suunnittelulla sekä hukkia vähentämällä. Menetelmänä tehokkuuden tarkastelussa käytetään virtakiskon valmistuksen läpimenoaikoja.

Tutkimuksen aikana läpimenoaikoja pystyttiin vähentämään keskimäärin noin 30% alkuperäisestä läpimenoajasta. Tulosten valossa hukkien vähentäminen näyttää kasvattavan tuotannon tehokkuutta.

ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology
LUT School of Energy Systems
LUT Mechanical Engineering

Konsta Lempiäinen

Improvement of manufacturing process for internal power supply rail

Work of Candidate

2016

31 pages, 16 figures and 2 tables

Examiner: D.Sc. (Tech.) Merja Peltokoski

Keywords: Lean, internal power supply rail, 8 wastes, 5S

Internal power supply rail manufacturing used by Erikkila Oy is introduced in this candidate work along with Lean quality systems eight wastes and their effect on process efficiency. Study also showcases hands-on implementations that were used to improve the manufacturing process of internal power supply rail.

Manufacturing of the internal power supply rail has become larger part in products manufactured by Erikkila Oy. Typical products such as automated and manual lifting systems including parts such as rails, bridges and switches. Manufacturing of the rail has turned out to be difficult, slow and prone to error.

Aim of the work is to improve manufacturing process in short period of time by re-designing tools, instructions and manufacturing methods as well as by reduction of wastes. As a method for assessing the efficiency, lead times of internal power supply rail are used.

During the study 30% of the original lead time could be removed. According to the results the improved efficiency could be achiever via removal of waste.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
1 JOHDANTO ... 5
2 SISÄISEN VIRTAKISKON VALMISTUS ... 7
3 LEAN ... 9
3.1 Hukat (muda) ... 9
3.1.1 Kuljetus ... 10
3.1.2 Varastointi ... 10
3.1.3 Liike ... 10
3.1.4 Odotus ... 11
3.1.5 Ylituotanto ... 11
3.1.6 Yliprosessointi ... 12
3.1.7 Virheet ... 12
3.1.8 Tietotaidon heikko hyödyntäminen ... 12
3.2 5S ... 14
4 LÄHTÖTILANNE VIRTAKISKON VALMISTUKSESSA ... 16
4.1 Laadulliset ongelmat ... 16
4.2 Työkalut ... 18
4.2.1 Kuparien asennus ... 18
4.2.2 Poraus ... 19
4.3 Ohjeet ... 21
5 TILANNE MUUTOSTEN JÄLKEEN ... 22
5.1 Uudet työkalut ... 22
5.2 Ohjeiden päivittäminen ... 25
6 TULOKSET ... 27
6.1 Tulosten analysointi ... 27
6.1.1 T-testi ... 27
7 JOHTOPÄÄTÖKSET ... 29
LÄHTEET ... 31

1 JOHDANTO

Työssä tutkitaan Erikkila Oy:n valmistamien massaräätälöityjen nosturijärjestelmien sisäisen virtakiskon valmistusta. Sisäisen virtakiskon valmistuksessa ja asennuksessa on havaittu ongelmia sekä läpimenoaikojen että laadun suhteen. Näiden ongelmien syntyyn vaikuttavien tekijöiden: virheiden, odotusaikojen, siirtelyn ja pullonkaulojen vähentäminen on keskeisessä osassa tutkimusta. Tutkimusongelmana on virtakiskon valmistuksen nopeuttaminen, helpottaminen, sekä laadun parantaminen.

Valmistusprosessien tehokkuus on tärkeää kannattavan yritystoiminnan kannalta. Tutkimus perustuu kvantitatiiviseen lähestymistapaan, jolloin mitattaessa prosessin tehokkuutta ja tuotteiden laatua, tärkeimpiä mittareita ovat prosessiin käytetty aika, sekä havaittujen laatuongelmien määrä suhteessa valmistusmääriin. Prosessiin käytettyä aikaa mitataan tutkittaessa prosessin nykytilaa ja apuna ongelmakohtien havaitsemisessa. Prosessiin tehtyjen parannusten jälkeen läpivientiaikoja mitataan uudelleen ja verrataan alkuperäisiin läpimenoaikoihin, jolloin tiedetään parannusten toimivuus. Tuotteen laatua tutkitaan vertailemalla ennen muutoksia havaittuja laatuongelmia ja niiden esiintymistä parannusten jälkeen.

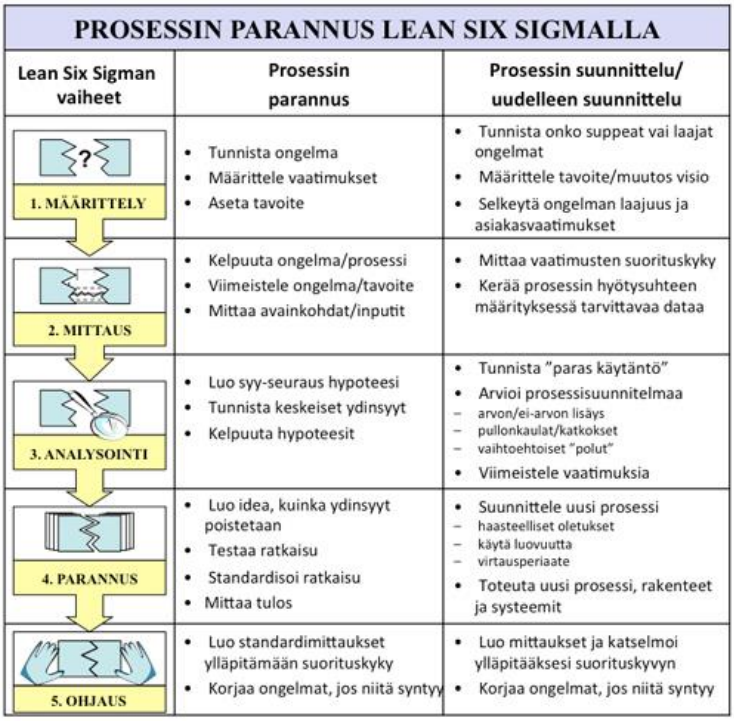
Ongelmien ratkaiseminen ja tehostuskeinojen löytäminen tapahtuu prosessin toimintaa ja ohjeistusta tarkkailemalla. Ongelmia, kuten puutteita ohjeissa, työkaluissa tai toimintatavoissa, pyritään ratkaisemaan nopeasti, mutta myös siten että ratkaisut ovat toimivia jatkuvassa tuotannossa. Ongelmien ratkaisuun liittyy työkalujen ja työvaiheiden uudelleen suunnittelua.

Lean järjestelmä on kehittynyt Toyotan tuotantojärjestelmän (TPS) pohjalta ja yksinkertaisen, sekä tehokkaan lähestymistapansa ja hyvin käytännönläheisen toiminnan takia se on levinnyt monille muille teollisuuden aloille (Biman, Uday & Pankajkumar 2014, s. 307). Yrityksen tavoitteena on tuoda Lean-järjestelmä osaksi toimintaa ja siksi sen hyödyntäminen virtakiskon valmistuksessa on oleellista. Työn laajuuden vuoksi Lean-järjestelmää hyödynnetään vain soveltuvimmilta osin.

Tutkimuskysymyksiksi asetettiin:

1. Miten tehostaa virtakiskon valmistusprosessia nopealla aikavälillä?
2. Miten parantaa prosessin ajankäyttöä ja laatua hyödyntäen Lean-laadunhallintajärjestelmää?

Tutkimus keskittyy hyvin käytännönläheisten, nopeasti toteutettavien ratkaisujen löytämiseen sisäisen virtakiskon valmistuksessa. Leanin mukaisten tehostamiskeinojen hyödyntäminen toimii osana ongelman ratkaisua. Lean-ajattelun mukaiset ongelmanratkaisun vaiheet toimivat hyvin tieteellisen tutkimuksen perustana. Vaiheita on yhteensä viisi kappaletta, jotka on esitetty kuvassa yksi.



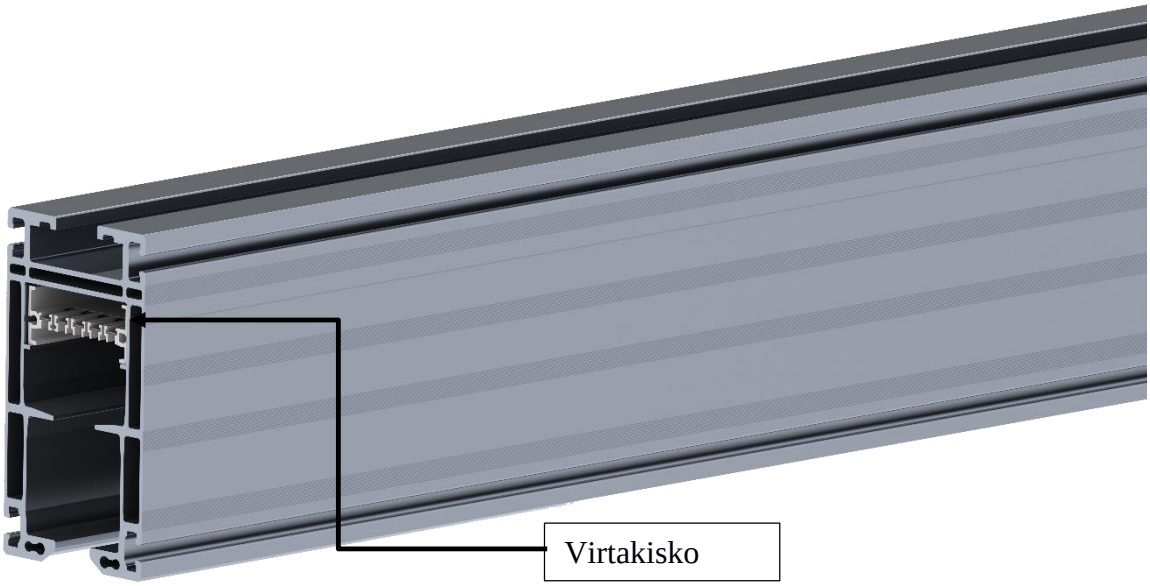
PROSESSIN PARANNUS LEAN SIX SIGMALLA		
Lean Six Sigman vaiheet	Prosessin parannus	Prosessin suunnittelu/ uudelleen suunnittelu
1. MÄÄRITTELY	• Tunnista ongelma • Määrittele vaatimukset • Aseta tavoite	• Tunnista onko suppeat vai laajat ongelmat • Määrittele tavoite/muutos visio • Selkeytä ongelman laajuus ja asiakasvaatimukset
2. MITTAUS	• Kelpuuta ongelma/prosessi • Viimeistele ongelma/tavoite • Mittaa avainkohdat/inputit	• Mittaa vaatimusten suorituskyky • Kerää prosessin hyötysuhteen määrityksessä tarvittavaa dataa
3. ANALYSOINTI	• Luo syy-seuraus hypoteesi • Tunnista keskeiset ydinsyyt • Kelpuuta hypoteesit	• Tunnista "paras käytäntö" • Arvioi prosessisuunnitelmaa – arvon/ei-arvon lisäys – pullonkaulat/katkokset – vaihtoehtoiset "polut" • Viimeistele vaatimuksia
4. PARANNUS	• Luo idea, kuinka ydinsyyt poistetaan • Testaa ratkaisu • Standardisoi ratkaisu • Mittaa tulos	• Suunnittele uusi prosessi – haasteelliset oletukset – käytä luovuutta – virtausperiaate • Toteuta uusi prosessi, rakenteet ja systeemit
5. OHJAUS	• Luo standardimittaukset ylläpitämään suorituskyky • Korjaa ongelmat, jos niitä syntyy	• Luo mittaukset ja katselmoi ylläpitääksesi suorituskyvyn • Korjaa ongelmat, jos niitä syntyy

Kuva 1. Tutkimusmenetelmät Leanin avulla (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2016a).

Kuvan 1 vaiheita noudattamalla prosessin tutkiminen ja kehittäminen on suoraviivaista ja tavoitteellista. Työn tavoitteena ei ole pelkkä prosessin tutkiminen vaan tavoitteena on myös kehittää toimiva kokonaisuus virtakiskon valmistukseen. Siksi hyvin käytännönläheinen menettely on tärkeää: löydetyt parannukset toteutetaan ja testataan tuotannossa. Tutkimus rajoittuu virtakiskon valmistukseen, erityisesti virtakiskon kokoonpanoon. Vaikka poraus liittyykin teräsprofiilin valmistukseen, sen aiheuttamat ongelmat laatuun aiheuttivat huomattavan määrän ylimääräistä työtä virtakiskon valmistukseen. Tämän takia työssä käsitellään myös poraukseen käytettäviä työkaluja.

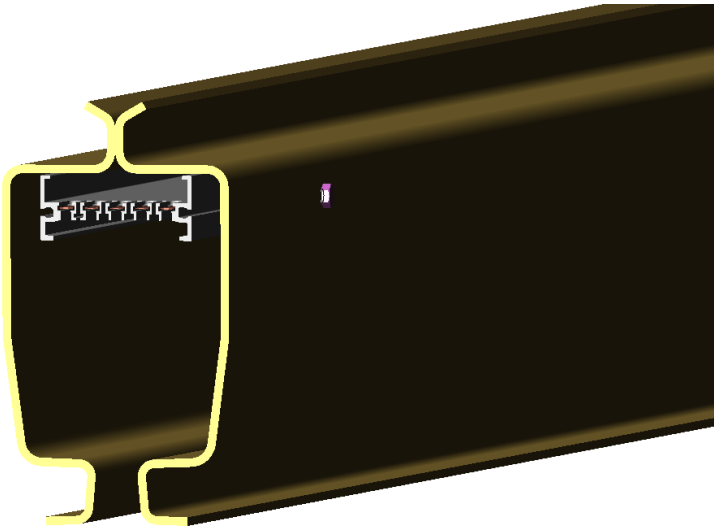
2 SISÄISEN VIRTAKISKON VALMISTUS

Sisäinen virtakisko toimii osana nosturijärjestelmien virransyöttöä. Erikkila Oy:n valmistaa sekä alumiini- että teräsprofiileita varustettuna sisäisellä virtakiskolla massaräätälöityihin nosturijärjestelmiin. Teräsprofiili valmistetaan hitsaamalla valssatut profiilin puolikkaat Erikkila Oy:n Masalan tehtaalla ja alumiiniprofiili tilataan alihankkijalta. Osa teräsprofiileista ja alumiiniprofiileista käytetään myös ilman virtakiskoa. Alla on esitetty kuva kaksi alumiiniprofiilista virtakiskolla varustettuna.



Kuva 2. Alumiiniprofiili virtakiskolla (Erikkilä 2016).

Valmistettaessa virtakiskollista teräsprofiilia, täytyy profiiliin porata reiät kannatinruuveja varten. Maalauksen jälkeen reiät myös kierteitetään. Alumiiniprofiili valmistetaan pursottamalla, jolloin profiilin poikkileikkauksen muoto toimii virtakiskon kannattajana, eikä erillisiä kannatinruuveja tarvita. Alumiiniprofiilia ei myöskään maalata. Virtakiskollisen teräsprofiilin kuva kolme on esitetty seuraavalla sivulla.



Kuva 3. Virtakiskollinen teräsprofiili (Erikkilä 2016).

Virtakiskollisia tuotteita valmistetaan kohteen mukaan kahdesta kahdeksaan metriä pitkinä. Tuotteiden tapauskohtainen pituus hankaloittaa sarjatuotantoa, sillä virtakisko on lämpölaajenemissyistä johtuen valmistettava aina profiilin todellisen pituuden mukaan. Sekä teräs- että alumiiniprofiilit sahataan oikean mittaiseksi ennen virtakiskon valmistusta.

Virtakisko koostuu PVC-profiilista, joka toimii runkona kuparijohtimille sekä ohjaa virranotinvaunun kulkua valmiissa järjestelmässä. PVC-profiilin päät on koneistettu jatkoliitoksia ja virransyöttöä varten. PVC-profiili tilataan 5 m mittaisena, valmiiksi koneistettuna alihankkijalta. Myös kuparijohteet tilataan alihankkijalta 80 m rullissa.

Lämpölaajenemisen takia PVC-profiilin maksimipituus on 4 m, jolloin virtakisko joudutaan valmistamaan kahdesta PVC-profiilin palasta. PVC-profiilit sahataan oikean mittaiseksi ennen kuparijohteiden asennusta. Kun virtakisko valmistetaan kahdesta tai useammasta PVC-profiilista, palat täytyy liittää yhteen sisäisellä jatkoliitoksella. Sisäistä jatkoliitosta tehtäessä ei tarvitse käyttää koneistettuja profiilinpäitä.

Kuparijohteita asennetaan viisi kappaletta virtakiskoa kohden ja niiden pituus määräytyy virtakiskon pituuden mukaan. Kuparijohteet lukitaan iskemällä PVC-profiiliin ja kuparijohteiden päät viistetään jatkoliitosta sekä virransyöttöä varten. Valmis virtakisko asennetaan teräs- tai alumiiniprofiilin sisälle ja lukitaan itseporautuvilla ruuveilla.

3 LEAN

Lean-ajattelu pyrkii tuottamaan mahdollisimman paljon mahdollisimman pienellä vaivalla. Mukaillen suomeksi Krafcik (1988, s. 43) väitettä: ”Lean-tuotanto on Leania, sillä se käyttää vähemmän kaikkea verrattaessa massatuotantoon – puolet henkilöstöresursseista tehtaalla, puolet tuotantotilasta, puolet työkaluinvestoinneista, puolet työtunneista kehitettäessä uusia tuotteita puolet pienemmässä ajassa. Se vaatii myös paljon vähemmän kuin puolet varastokapasiteettia, tuottaa vähemmän virheitä ja aikaansaa suuremman ja alati kasvavan tuotteiden kirjon.” Seuraavaksi keskitytään Lean-järjestelmän osiin, joilla tämän kaltaiseen tehokkaaseen toimintaan pyritään.

3.1 Hukat (muda)

Lean-tuotannon mukaan prosessiin kuuluu tuotteen arvoa lisääviä, sekä arvoa lisäämättömiä toimintoja. Prosessin kehittämisen kannalta on tärkeää tunnistaa ja tiedostaa mitkä vaiheet lisäävät tai eivät lisää arvoa. Hukkatoimintoja on sekä välttämättömiä että vältettäviä. Arvoa lisäämättömien välttämättömien toimintojen määrää pyritään vähentämään ja kehittämään, jotta prosessi tehostuu ja sen kannattavuus paranee. Hukat, jotka eivät ole välttämättömiä pyritään poistamaan kokonaan. (Ali, Hossam & Hussein 2015, s. 255–256.)

Arvoa lisäämättömiä toimintoja kutsutaan hukiksi ja ne jaetaan Leanin mukaan kahdeksaan kategoriaan:

- Kuljetus
- Varastointi
- Liike
- Odotus
- Ylituotanto
- Yliprosessointi
- Virheet
- Tietotaidon heikko hyödyntäminen

(Sanjay 2015.)

3.1.1 Kuljetus

Vaikka raaka-aineiden, osavalmisteiden ja lopputuotteiden kuljettaminen on välttämätöntä, se luetaan Leanin mukaan yhdeksi haitaksi, jonka vähentämiseen tulisi pyrkiä. Kuljetus vaatii resursseja ja aikaa, mutta ei lisää tuotteen arvoa asiakkaan kannalta, joten kuljetus on ylimääräinen kulu. Tuotteiden kuljettaminen voi myös vaurioittaa niitä, jolloin kuljetus on myös laadullinen riski. Kuljetuksen minimointiin pyritään sujuvilla layout-ratkaisuilla. Layouttiin kuuluu yhdessä työstökoneiden ja työpisteiden kanssa myös kappaleen käsittelylaitteistoja, kuten nostureita. Oikein käytettynä nostureilla voidaan vähentää kuljetuksen riskejä, mutta vääränlaisella käytöllä ne sisältävät riskejä ja voivat aiheuttaa pullonkauloja kappaleiden liikkeisiin. (Ali, Hossam & Hussein 2015, s. 256–257; Chiarini 2013, s. 26–27.)

3.1.2 Varastointi

Osa yrityksen resursseista kuluu varaston ylläpitämiseen ja hallinnointiin. Varastossa pidettävät raaka-aineet, osavalmisteet tai valmiit tuotteet eivät kasvata tuotteen arvoa, vaan lisäävät ainoastaan kustannuksia. (Ali, Hossam & Hussein 2015, s. 257–258.)

Varastointi vaatii myös lattiapinta-alaa, joka voitaisiin muuten hyödyntää arvoa lisäävään toimintaan. Ahtaissa tiloissa liikuttaessa tuotteiden tai henkilöstön vahingoittuminen tulee ottaa huomioon. Varsinkin valmiiden tuotteiden ylimääräinen varastointi tulisi minimoida hyödyntäen imuohjausta tuotannossa. Tämä tarkoittaa sitä, että tuotteita tuotetaan vain asiakaslähtöisen tilauksen tai tarpeen mukaan. Imuohjaus tunnetaan myös nimellä Just-In-Time (JIT) ja se on yksi Lean-tuotannon perusedellytyksistä. (Ali, Hossam & Hussein 2015, s. 257–258.)

3.1.3 Liike

Lean-ajattelu pyrkii materiaalien ja tuotteiden jatkuvaan sekä sujuvaan virtaukseen. Lisäksi virtaus pyritään mahdollistamaan mahdollisimman pienellä vaivalla. Tämä tarkoittaa ylimääräisen liikkeen poistamista sekä tavaran että ihmisten osalta. Ylimääräiseksi liikkeeksi luetaan nostot, käännöt, sekä työkalujen ja muiden tarvikkeiden noutaminen. Työympäristö ja työvaiheet pyritään toteuttamaan siten että näihin kulutettu aika olisi mahdollisimman pieni. (Ali, Hossam & Hussein 2015. s. 259; Chiarini 2013, s. 23.)

Ylimääräinen liike, sekä hidastaa tuottavaa toimintaa, että aiheuttaa ylimääräistä rasitusta työtekijälle. Apuna ylimääräisen liikkeen vähentämisessä käytetään nostoapuvälineitä, kappaleenkäsittelylaitteita ja työympäristön hallintaa. Tähän kuuluu siisteys, työkalujen järkevä sijoittaminen, sekä työpisteen ergonomisuus. Näiden seikkojen huomioiminen vähentää riskiä loukkaantua tai vaurioittaa tuotetta. (Ali, Hossam & Hussein 2015. s. 259–260; Chiarini 2013, s. 23.)

3.1.4 Odotus

Materiaalien ja osavalmisteiden liikkuessa tuotanto prosessin läpi hyvin suuri osa käytetystä ajasta kuluu odottaessa. Pitkät odotusajat voivat johtua käynnissä olevista toiminnoista, esimerkiksi yhden tai useamman valmistusketjun työvaiheen hitaudesta johtuen. Odotusaikoihin vaikuttavat myös työntekijöiden ja saatavilla olevien työstökoneiden määrä sekä kappaleenkäsittelylaitteistojen määrä. (Ali, Hossam & Hussein 2015, s. 260; Chiarini 2013, s. 29)

Vaikka odotusajat olisivat melko lyhyitä, mutta usein toistuvia, aiheuttavat ne turhaa ajankäyttöä. Odotusaikojen pienentämiseen tarvitaan materiaalien virtauksen suunnittelua ja työvaiheiden optimointia. Erilaisten pullonkaulojen ja ongelmakohtien löytäminen tuotantoketjusta on tärkeää, sillä täten ylimääräistä odottelua voidaan vähentää. (Ali, Hossam & Hussein 2015, s. 260–261.)

3.1.5 Ylituotanto

Ylituotanto tarkoittaa tuotteiden valmistamista, vaikka niille ei olisi kysyntää. Tämän voi käsittää myös siten, että tuotantoketjussa seuraava askel on myös tietynlainen asiakas. Ylituotanto aiheuttaa siten hukkaa myös varastoinnin ja odottelun kannalta ja on siksi merkittävä hukan aiheuttaja. JIT periaate vähentää ylituotannon riskiä, sillä tuotanto aloitetaan vain tarpeen mukaan. Termi kanban (japaniksi lyhty) tarkoittaa merkkiä, jolla ilmoitetaan tarve. Tämä on yksi Leanin apukeinoista ylituotannon vähentämiseen, sekä helpottaa eri työvaiheiden välistä kommunikaatiota. (Ali, Hossam & Hussein 2015. s. 262–263; Chiarini 2013, s. 20–21.)

3.1.6 Yliprosessointi

Yliprosessointi tarkoittaa lopputuotteen kannalta ylimääräisten työvaiheiden suorittamista. Tämä tarkoittaa myös ylilaadun tavoittelua. Laatu on tärkeää ja erityisen tunnettua suomalaisen teollisen kilpailukyvyn kannalta, mutta tärkeintä on toimittaa asiakkaan vaatimaa laatua mahdollisimman tehokkaasti, jolloin liiallinen laadun tavoittelu aiheuttaa vain kustannuksia. (Ali, Hossam & Hussein 2015, s. 261.)

Tarkat ohjeet ja toleranssivaatimukset ovat tärkeitä tuotteiden toiminnan kannalta, mutta ylitarkat vaatimukset aiheuttavat ylimääräistä työtä ja hidastavat siten valmistusta. Tästä syntyy ylimääräisiä kustannuksia. Käytössä olevat työvälineet ja menetelmät tulisi ottaa huomioon laadittaessa toleranssivaatimuksia, sillä huonoilla työvälineillä tavoitteeseen pääseminen on hyvin hankalaa tai mahdotonta. Tämä aiheuttaa ylimääräistä työtä ja siten lisää prosessiin tarvittavaa aikaa. (Ali, Hossam & Hussein 2015, s. 261; Chiarini 2013, s. 27.)

3.1.7 Virheet

Tehokas toiminta ja prosessin virtaus edellyttävät vaiheiden suorittamista kerralla valmiiksi. Jos seuraavan työvaiheen suorittaja joutuu korjaamaan edellisen virheitä, kuluu suuri osa ajasta arvoa lisäämättömään toimintaan. Tämän lisäksi virheelliset tuotteet voidaan joutua korjaamaan kokonaan uusilla komponenteilla. Prosessin osavaiheet tulisi suorittaa asian mukaisella tavalla ja virheiden ilmentyessä niihin tulee reagoida nopeasti. (Ali, Hossam & Hussein 2015, s. 263–264.)

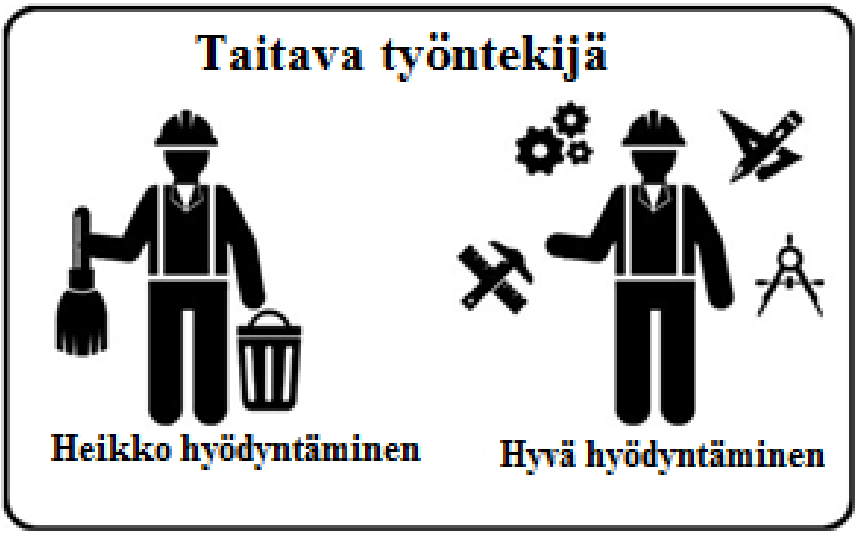
Virheiden havainnointi aikaisessa vaiheessa on hyvin tärkeää, sillä jos virheellinen tuote päätyy asiakkaalle, kustannukset nousevat huomattavasti suuremmaksi kuin silloin, kun aikaisessa vaiheessa huomattu virheellinen kappale joudutaan korjaamaan tai romuttamaan (Ali, Hossam & Hussein 2015, s. 263–264; Chiarini 2013, s. 24).

3.1.8 Tietotaidon heikko hyödyntäminen

Yrityksen henkilöstö koostuu erilaisista ja erityyppisistä ihmisistä, joilla kaikilla on omanlaisiaan osaamisalueita. Tämä johtuu erilaisista koulutus- ja työkokemustaustoista sekä siitä, että jokainen yksilö on erilainen. Yrityksen toiminnan kannalta on erittäin tärkeää, että näitä taitoja osataan hyödyntää. Tämä voidaan toteuttaa toimimalla yhteistyössä koko

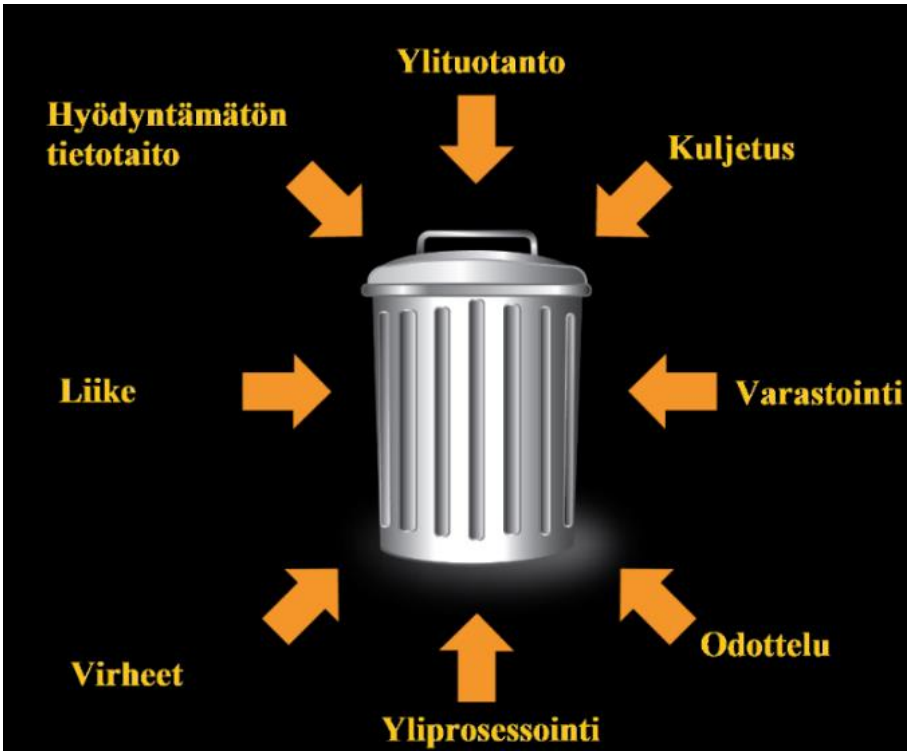
yrityksen henkilökunnan kanssa sekä kannustamalla kehittävään ajatteluun ja asioista keskustelemiseen. (Ali, Hossam & Hussein 2015, s. 265.)

Myös erilaisten koulutusmahdollisuuksien järjestäminen auttaa yritystä kehittymään ja luo parempaa ja vapaampaa ilmapiiriä yrityksen sisällä. Työntekijä, joka tuntee olevansa koulutuksensa mukaisessa työssä ja saa ansaitsemaansa vastuuta, on usein tyytyväinen työhönsä. Alla on esitetty kuva neljä, joka esittää osaamisen hyödyntämistä. Tämä tarkoittaa työntekijän hyödyntämistä osaamista vastaavalla tavalla työtehtävien ja vastuualueiden osalta sekä huomioimalla erityyppiset kehitysideat myös työntekijöiden suunnalta. (Ali, Hossam & Hussein 2015, s. 265.)



Kuva 4. Osaamisen hyödyntäminen mukaillen (mukaillen Ali, Hossam & Hussein 2015, s. 265).

Erilaisten hukkien ymmärtäminen on tärkeää, jotta niiden vähentäminen onnistuu luontevasti. Hukat vaikuttavat myös toisiinsa, jolloin ongelman löytäminen voi olla haastavaa. Tehokas hukkien vähentäminen vaatii usein koko yrityksen henkilöstön panostuksen, mutta pitkällä tähtäimellä se parantaa sekä työn mielekkyyttä, että tehokkuutta. Kuvassa viisi, on esitetty yhteenveto Leanin kuvaamasta kahdeksasta hukasta. (Ali, Hossam & Hussein 2015, s. 265.)



Kuva 5. Leanin 8 hukkaa (mukaillen Newcastle systems 2016).

3.2 5S

5S tarkoittaa Leanin mukaista toimintamallia, jolla organisoidaan työympäristöä osana jokapäiväistä toimintaa. Menetelmä perustuu viiteen askeleeseen:

1. Lajittelu (Seiri)

   Lajittelu on ensimmäinen askel 5S järjestelmässä ja se tarkoittaa ylimääräisen tavaran kuten roskien, ylimääräisten työkalujen, tarvikkeiden tai muiden prosessiin liittymättömien esineiden poistamista työpisteeltä.

2. Järjestely (Seiton)

   Toinen askel pitää sisällään jäljelle jääneiden työkalujen, materiaalien ja tarvikkeiden järjestämisen. Jokaiselle esineelle määritetään ja merkitään oma paikka, jossa tätä esinettä säilytetään sen ollessa käyttämättömänä. Säilytys paikkojen tulisi olla selkeästi merkittyjä sekä helposti saatavilla.

3. Siivous (Seiso)

   Työpisteen siisteyden ylläpitäminen ja puhdistus tulee yhdistää osaksi jokapäiväistä toimintaa. Yleisen siisteyden lisäksi myös työkalujen, työkoneiden, suoja- ja työvaatteiden kunnosta tulee pitää huolta.

4. Standardointi (Seiketsu)

Neljäs askel liittyy erityisesti askelten kaksi ja kolme ylläpitoon. Ohjeistus ja selkeät merkinnät auttavat toteuttamaan edellisiä vaiheita ja näin pidetään huolta järjestelmän toiminnasta.

5. Sitoutuminen (Shitsuke)

   Järjestelmän toiminnan kannalta sitoutuminen on tärkein ja vaikein askel. Tämä tarkoittaa, että aikaisempia askeleita noudatetaan ja toiminnasta pyritään saavuttamaan itsestään selvää ja rutiininomaista.

(Quality Knowhow Karjalainen Oy 2016b.)

5S menetelmä pyrkii selkeyttämään toiminta ympäristön ja ylläpitämään sen siisteyttä. Ylimääräiset sivuajat kuten työkalujen tai muiden esineiden etsiminen ja yllättävät työkalujen rikkoutumiset vähenevät, kun järjestelmään sitoudutaan. Tämä parantaa tuotteen virtausta ja läpimenoaikoja. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2016b.)

4 LÄHTÖTILANNE VIRTAKISKON VALMISTUKSESSA

Tutkimuksen alussa mitattiin virtakiskon valmistukseen kuluvaa aikaa. Seuraavassa taulukossa yksi on esitetty pelkän virtakiskon valmistus aikoja 9 satunnaisesti valitun profiilin osalta. Viisi ensimmäistä virtakiskoa valmistettiin alumiiniprofiileihin ja neljä viimeistä teräsprofiileihin. Profiilin tyypillä ei ole merkittävää vaikutusta virtakiskon valmistukseen. Ajanotto on suoritettu 30 sekunnin tarkkuudella.

Taulukko 1. Virtakiskon läpimenoaikoja tutkimuksen alussa (ajat minuutteina).

Virtakiskon valmistus	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Profiilin pituus	5000	5000	5000	6000	2000	4500	4500	4500	4500
PVC-sahaus (min)	13	4	13	12	6	14	12	11	14
Kuparien asennus (min)	11	10	12	12	8	13	11,5	11	13,5
Yht. (min)	24	14	25	24	14	27	23,5	22	27,5

Keskimäärin yhden virtakiskon valmistukseen kului noin 22 minuuttia 20 sekuntia. Tämä on kuitenkin liian pitkä aika erityisesti suurien tilausten yhteydessä, sillä virtakiskon valmistus aiheuttaa pullonkaulan, jolloin läpimenoajat virtakiskollisten tuotteiden osalta kasvavat.

4.1 Laadulliset ongelmat

Laadullisista ongelmista ei ole olemassa tilastollista tietoa esimerkiksi esiintymistiheydestä suhteessa valmistus määriin. Se millaisia laatuvirheitä on esiintynyt, on kuitenkin selvillä. Nämä tiedot perustuvat asiakasreklamaatioihin ja yrityksen sisäisiin reklamaatioihin. Seuraavia laadullisia virheitä on havaittu:

1. Kuparien päät on viimeistelty väärin ja liian teräviksi
2. Metalliprofiiliin asennettu virtakisko on kiertynyt tai kallellaan
3. Ruuvien paikka vaihtelee (profiilin ulkonäkö)
4. Ei selkeitä merkintöjä profiilissa, jolloin virranotinvaunu on asennettu väärinpäin
5. Alumiiniprofiilissa lukitusruuvit sijoitettu liian lähelle profiilin päätä, jolloin jatkoliitosta ei ole voinut tehdä

6. Teräsprofiilissa jatkoliitoksen molemmin puolin on ollut puutteellinen kannatus
7. Lukitusruuvit väärissä kohdissa, mikä vaikuttaa lämpölaajenemisen jakautumiseen tasaisesti

Kuvassa kuusi on esitelty tavanomainen virhe, joka havaitaan asennettaessa virtakiskoa teräsprofiiliin. Kyseessä on laadullinen virhe, jossa kannatinruuvi on väärällä korkeudella ja vinossa. Yleensä tämän tyyppinen virhe vaikeuttaa asennusta ja saattaa aiheuttaa virtakiskon kiertymistä. Kuvassa kyseinen ruuvi on ympyröity.

Kuva 6. Virheellisesti asennettu kannatinruuvi.

Seuraavaksi on eritelty prosessissa havaittuja heikkouksia, joita kehittämällä prosessin tehokkuutta pyrittiin parantamaan. Nämä havaitut heikkoudet aiheuttavat laadullisia ongelmia sekä hidastavat läpimenoaikoja.

4.2 Työkalut

Sisäisen virtakiskon valmistukseen liittyy työvaiheita, jotka vaativat erityistyökalujen käyttöä. Työkalujen käytettävyys ja toimivuus ovat tärkeässä roolissa valmistuksessa, sillä tarkkuusvaatimukset ovat hyvin tiukkoja huomioon ottaen valmistuksen manuaalisuus. Suurin osa työvaiheista tehdään käsin, jolloin virheiden mahdollisuus kasvaa erityisesti, jos työkalut eivät ole oikeanlaisia.

4.2.1 Kuparien asennus

Kuparijohteet tilataan 80 m rullissa alihankkijalta ja niiden asennukseen käytetään jälkiasennukseen suunniteltua työkalua. Tämä on apuväline, jonka avulla rullasta saa helposti hallittavan. Apuväline on valmistettu pahvista. Tarkoituksena on kuitenkin tehostaa valmistusprosessia ja mahdollistaa suurempien erien nopeampi valmistus, jolloin jälkiasennukseen suunniteltu työkalu ei täytä haluttuja kriteereitä. Näitä kriteerejä ovat nopea rullan vaihtaminen sekä vähäinen rullan vaihtamisen tarve, siirreltävyys sekä helppokäyttöisyys. Kuva seitsemän on kuva kuparin asennustyökalusta.

Kuva 7. Vanha asennustyökalu.

Kuparijohteet lukitaan PVC-profiiliin iskemällä ja tätä varten on käytössä erikoistyökalu. Virtakisko tuetaan alta ja lukitsemistyökalun päähän isketään vasaralla, jolloin kupariin muodostuu kuoppa. Tämä lukitsee kuparin virtakiskon muoviosaan. Työkalulla voidaan lukita vain yksi kuparijohde kerrallaan. Lukitusvaiheessa käytettävällä työkalulla on mahdollista iskeä vinosti, jolloin lukittava kupari saattaa iskun voimasta siirtyä. Tämä johtuu lukitustyökalun pienistä valmistustarkkuuksista ja siitä että sitä tuetaan vain käsin. Tämä

saattaa pahimmassa tapauksessa aiheuttaa kyseisen kuparin uudelleen asennuksen. Samaa lukitustyökalua käytetään kaikille profiilityypeille. Seuraavaksi on esitetty kuva kahdeksan lukitustyökalusta.

Kuva 8. Lukitustyökalu.

Virtakisko sisältää viisi yhtenäistä kuparijohdetta. Virtakiskon päissä kuparijohteet viistetään mahdollista jatkoliitosta tai virransyöttöä varten. Käytössä viimeistelyyn on sivuleikkurit, joten valmistustarkkuus ja -nopeus kärsivät. Tämä johtuu viisteisiin tarvittavasta tarkasta geometriasta. Viisteen pää ei saa jäädä liian teräväksi, jolloin virran kulku heikkenee ja kupari saattaa ylikuumentua. Toinen tärkeä syy viisteelle on jatkoliitoksen asennuksen helpottaminen, sillä asennus työ saatetaan suorittaa esimerkiksi 5m korkeudessa ja yhteen liitettävät profiilit voivat olla pituudeltaan jopa 8 m. Lämpölaajenemisen takia kuperin päät eivät saa jäädä myöskään liian pitkiksi suhteessa profiilin tai kiskon muoviosan päätyyn nähden. Tavoitteena on tehdä viimeistelyvaiheesta selkeä ja tekijästä riippumaton. Viiden kuparijohteen yhtäaikainen viistäminen nopeuttaisi prosessia.

4.2.2 Poraus

Sisäisen virtakiskon asennus teräsprofiiliin vaatii kannatinreikien poraamisen teräsprofiiliin. Reikien tulee olla kohdakkain eri puolilla teräsprofiilia ja jopa muutaman millimetrin erot korkeussuunnassa aiheuttavat virtakiskon kiertymistä. Teräsprofiili valmistetaan hitsaamalla kaksi profiilin puolikasta yhteen siten, että profiiliin asennettavan vaunun kulkupinnat profiilin molemmin puolin ovat samalla tasolla. Profiilin valmistusmenetelmä aiheuttaa

ongelmia reikien poraukseen, sillä reikien paikoitus on valmistusepätarkkuuksista johtuen hankalaa.

Myös profiilin pituussuunnassa reikien paikoituksella on merkitystä, sillä reiän tulee sijaita sopivin välein suhteessa sisälle asennettavaan virtakiskoon. Profiilien pituus vaihtelee aina 2000 mm:stä yli 8000 mm: iin, jolloin reikien määrä vaihtelee profiilikohtaisesti. Koska sisäinen virtakisko valmistetaan useammasta kuin yhdestä PVC-profiilista, reikien paikoitus tulee toteuttaa siten, että jokaiselle PVC-profiilille on riittävä määrä kannatinreikiä. Reikien paikkojen vaihtelu on siis ongelma sekä kiskon kannatukselle, että profiilin ulkonäölle. Tämä ongelma on lähtöisin erityisesti porauksen ohjeistuksesta, sekä valmistuspiirustuksista, mutta vaatii työkaluilta myös toimivaa ja luotettavaa menetelmää reikien paikoitukseen.

Porauksen apuvälineenä paikoituksessa käytetään kuvan yhdeksän mukaista jigiä. Jigin ongelmana on epätarkkuus siirtelyn ja paikoituksen takia. Jigi lukitaan puristimella profiilin ylälaitaa vasten porouksen ajaksi. Jigissä on holkitetut reiät määrittämään porauskohdat. Mitä pidempi profiili on kyseessä, sitä useampi siirto vaaditaan porauksen aikana. Profiilin yläpinta ei ole myöskään oikea paikka paikottaa reikiä, mutta tällä työkalulla se on ainoa mahdollinen. Paikoitus profiilin yläpinnasta aiheuttaa mahdollisesti eroja reikien korkeudessa, erityisesti eri puoliskojen suhteen. Tämä virhe periytyy profiilin puolikkaiden valmistuksesta. Siinä ei ole myöskään minkäänlaisia mittalaitteita.

Kuva 9. Porausjigi.

Poraustyökalujen toimivuus vaikuttaa tuotteen laatuun, sekä läpivientiaikoihin, sillä alkuvaiheessa tehdyt virheet porauksessa joudutaan korjaamaan myöhemmissä työvaiheissa. Tämän takia poraukseen tarvitaan apuvälineitä, joilla paikoitusongelma, sekä käsivaralla syntyvät virheet voidaan välttää. Paikoituksen lisäksi reiät on mahdollista porata vinoon joka aiheuttaa ongelmia virtakiskon asennuksessa. Samalla tärkeää on myös porauksen ohjeistuksen selkeyttäminen.

4.3 Ohjeet

Tutkittaessa tuotannon käytössä olevia valmistuspiirustuksia ja ohjeita voitiin huomata puutteita mittatoleransseissa ja geometrisissä toleransseissa, sekä ohjeiden yksiselitteisyydessä. Selkeimmät ongelmat esiintyivät kannatinruuvien kierrereikien porauksessa, sekä kuparijohteiden päiden viimeistelyssä.

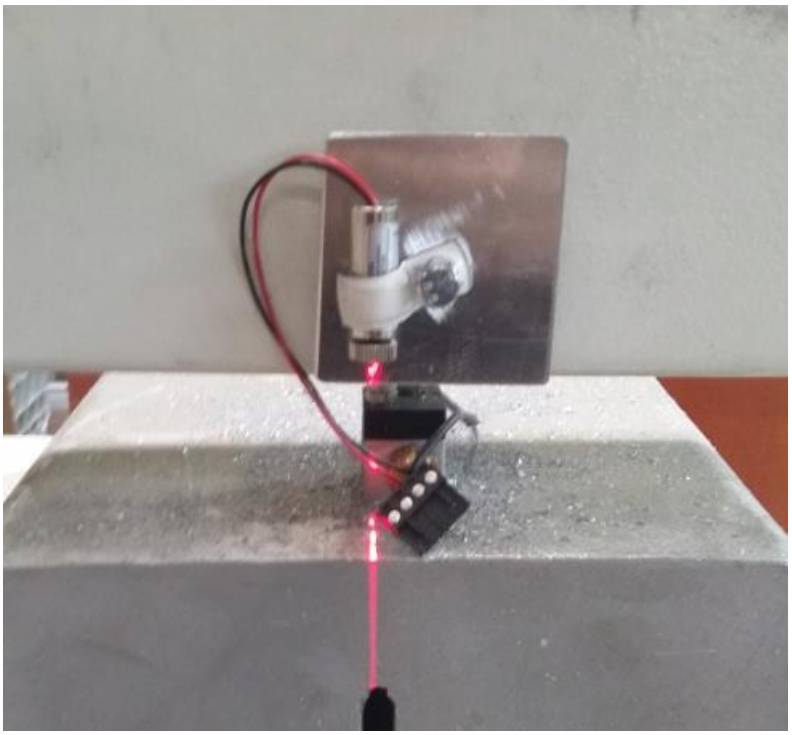
Ohjeiden yksiselitteisyys on tärkeää ja sillä voidaan vähentää virheiden ja ylimääräisen työn aiheuttamia ongelmia. Ohjeet on suotavaa käydä läpi yhdessä kaikkien tuotantoketjuun osallistuvien osapuolien kanssa, jotta ohjeissa esitettyjen vaatimusten syyt ymmärretään kaikissa työvaiheissa. Tällöin ohjeiden noudattaminen on luontevampaa ja mielekkäämpää myös työntekijän näkökulmasta.

Olemassa oleva ohje virtakiskon valmistukseen voitiin todeta epäkäytännölliseksi ja riittämättömäksi kannattavaan toimintaan, joten yhdessä työkalujen ja toimintatapojen vakinaistamisen kanssa päätettiin työohje uusia. Pelkkä ohje ei toisin vaikuta suoraan prosessin tehokkuuteen, mutta se antaa pohjan toiminnalle, jolla tehokkuuteen pyritään.

5 TILANNE MUUTOSTEN JÄLKEEN

Edellisessä luvussa käsiteltiin tilannetta ennen muutoksia; havaittuja laadullisia ja ajallisia ongelmia, sekä syitä niiden taustalla. Tämä luku käsittelee näihin ongelmiin löydettyjä ratkaisuja, sekä saavutuksia ajankäytön ja laadun kannalta.

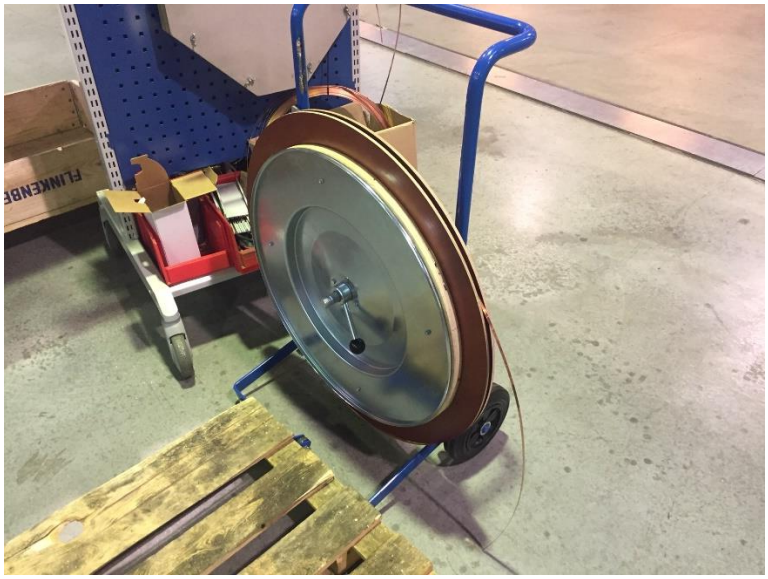
Monet prosessin tehostamiseen kehitetyt ratkaisut olivat yksinkertaisia mutta tehokkaita. Ne helpottivat työn suorittamista ja siten nopeuttivat prosessia. Lisäksi työkalujen ja apuvälineiden tarkkuus parani, jolloin vaadittaviin toleransseihin pääsy helpottui ja tuotteiden laatu parani. Esimerkiksi PVC-sahan tarkkuutta parannettiin yksinkertaisella viivalaserosoittimella, mikä helpotti huomattavasti oikean sahauskohdan määrittämistä. Laserosoitin on esitetty kuvassa 10.



Kuva 10. Laserosoitin sahassa.

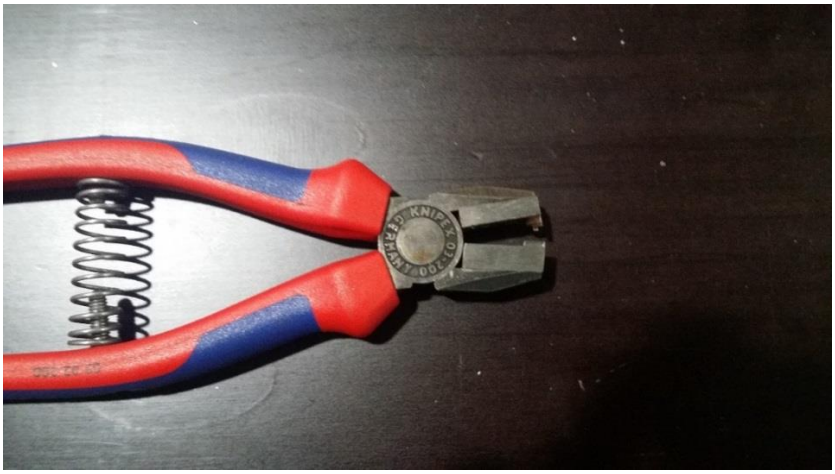
5.1 Uudet työkalut

Kuparin asennuksessa apuvälineenä käytetty työkalu uudelleen suunniteltiin vastaamaan paremmin tuotannon tarpeita. Kupari tilataan 400 m rullissa, jolloin kuparinrullan vaihto tarvitaan 5 kertaa harvemmin. Uusi työkalu suljetaan vain yhdellä kierretangolla vanhan 8 ruuvin sijaan. Tämä nopeuttaa rullan vaihtoa. Kuvassa 11 esitetty uudistettu työkalu.

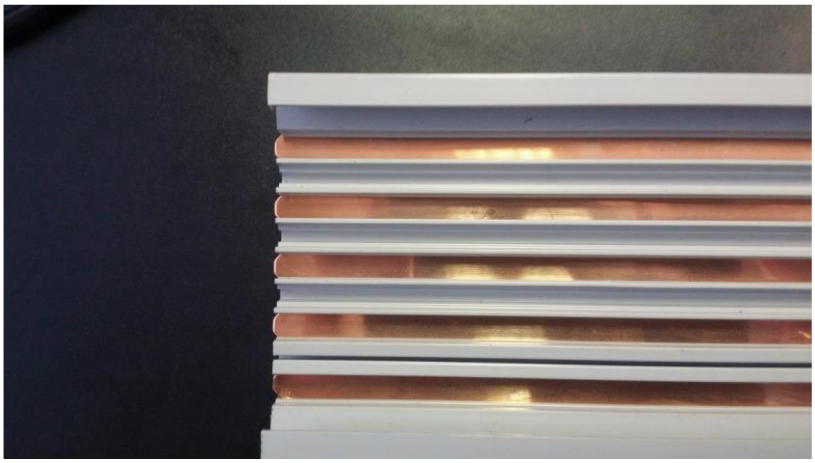


Kuva 11. Uusi asennustyökalu.

Sivuleikkurit eivät sopineet työkaluksi kuparin viimeistelyyn, sillä viimeistely jälki oli käyttäjästä riippuvainen. Lisäksi työvaihe oli sivuleikkureilla tehtynä hankalaa. Alihankkijan kanssa yhteistyössä toteutettiin leikkuupihdit, joilla viimeistely voitiin suorittaa huomattavasti yksinkertaisemmin. Pihdeissä on mittatilaustyönä tehty terä, jolla yksi leikkausliike viistää kuparijohteen pään juuri oikean malliseksi ja pihteihin suunnitellun vasteen ansiosta kuparin pituus saadaan oikeanlaiseksi hyödyntämällä jatkoliitoksen liikevaraa. Työmenetelmän muutoksen sekä uudenlaisten pihtien suunnittelun ansiosta kuparijohteiden viimeistely nopeutui. Laadun kannalta muutos oli myös tärkeää, sillä nyt jokainen viiste on yhdenmukainen tekijästä riippumatta. Kuvassa 12 on esitetty uuden malliset leikkuupihdit. Kuvassa 13 näkyy viimeistelypihdeillä saavutettu leikkuujälki.



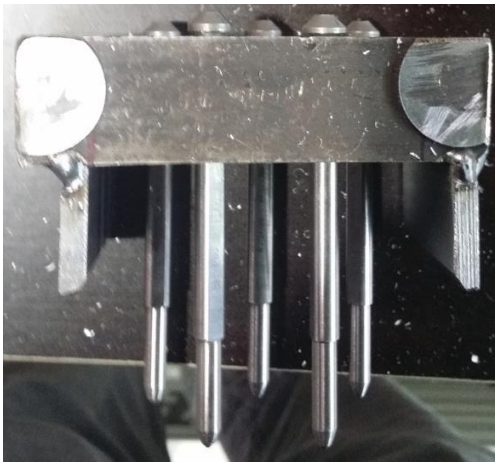
Kuva 12. Uudet viimeistely pihdit.



Kuva 13. Kuparijohteen viimeistely.

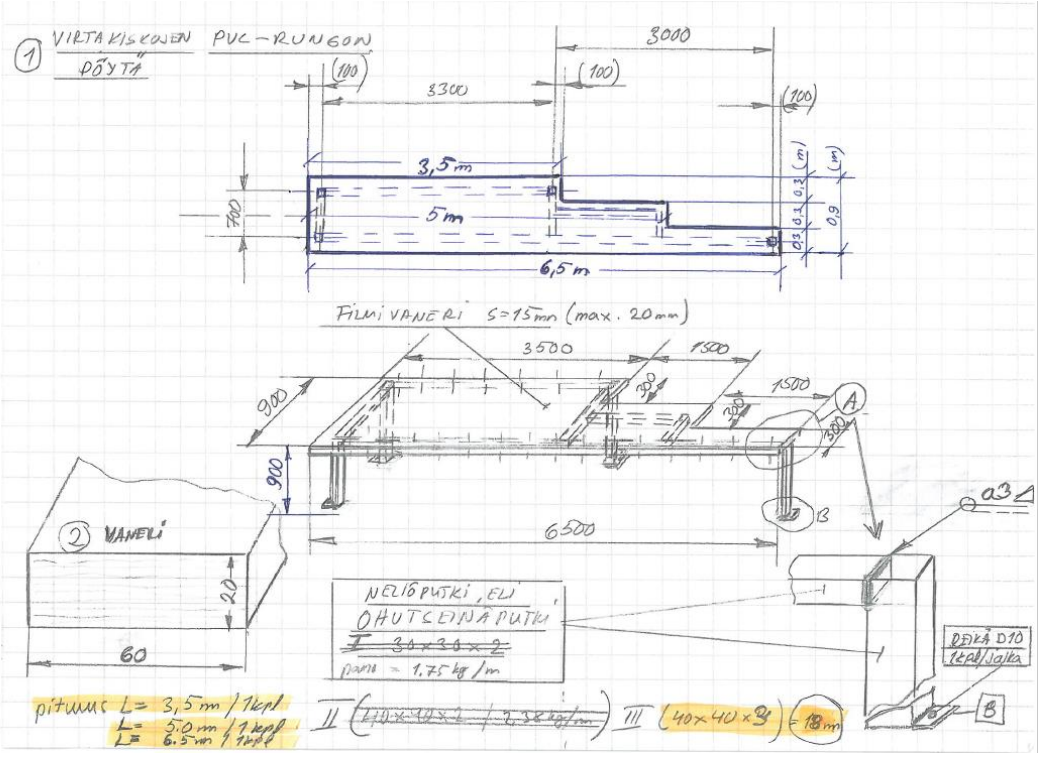
Tulevaisuuden kehityskohteena on viiden kuparin yhtäaikainen viistäminen. Työohjeeseen lisättiin myös sallitut toleranssivälit, jolloin kuparin viimeistelyssä usein aiheutunut yliprosessointi saatiin poistettua.

Kuparin lukitukseen suunniteltiin myös uuden tyyppinen työkalu. Työkalun ajatuksena oli se, että yhdellä asetusliikkeellä suoritetaan kaikkien viiden kuparin lukitus. Työkaluun lisättiin tukipalat, jolloin työkalu voitiin tukea pöytää vasten lukitusvaiheessa. Lisäksi työkalun valmistustarkkuutta parannettiin ja sen laitaan lisättiin vaste, jolla kuparin päät tasataan oikean mittaiseksi ennen kuparien lukitusta. Tätä vastetta hyödynnetään yhdessä pihtien ja jatkoliitoksen liikevaran kanssa, jolloin kuparit saadaan hyvin helposti oikean mittaiseksi. Kuvassa 14 on esitetty kuparin lukitukseen tarkoitetun työkalun prototyyppi.



Kuva 14. Kuparinlukitustyökalun prototyyppi.

PVC-profiilin muodosta johtuen virtakiskon alle tuli asettaa puupalikka tukemaan iskukohtaa. Virtakiskot valmistettiin alun perin profiilien päällä, mikä vaikeutti työn suorittamista. Virtakiskon valmistusta varten suunniteltiin työpöytä kuvan 15 mukaisesti. Pöytään liitettiin myös tukipalat lukitusta varten ja työpöytä muotoiltiin sopimaan erimittaisille virtakiskoille.

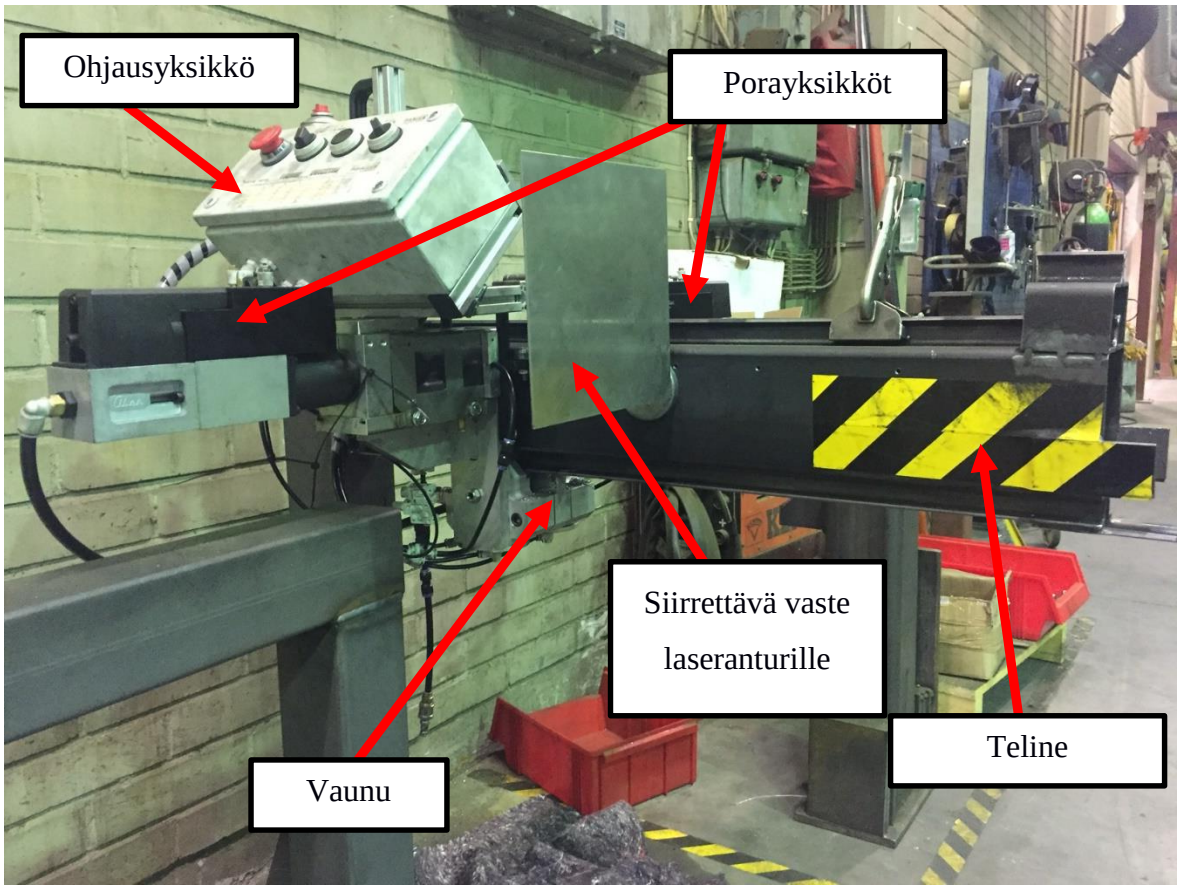


Kuva 15. Virtakiskon kokoonpanopöytä (Kuntsi 2015).

5.2 Ohjeiden päivittäminen

Työohjeen ja valmistuspiirustusten päivittäminen auttoi laatuongelmien ratkaisemisessa. Kannatin- ja kiinnitysruuvien paikat määriteltiin uudestaan siten, että jokaiselle PVC-profiilille saadaan teräsprofiilissa tarvittava määrä kannatinruuveja. Lisäksi ruuvien paikat määritettiin tasavälein riippuen profiilin pituudesta, jolloin tuotteen ulkonäkö parani. PVC-profiilien minimipituus määriteltiin, jotta lukitus alumiiniprofiilissa ei häiritse jatkoliitoksen toimintaa. Lisäksi lukitusruuvien paikat määritettiin PVC-profiilin mukaan, jotta lukitus sijaitsee aina keskellä PVC-profiilia ja lämpölaajeneminen jakautuu täten tasaisesti. Tällöin myös profiilin ulkonäkö parani.

Kannatinreikien poraukseen kehitettiin porauslaitteisto, jossa porausyksikkö suorittaa sekä poraamisen että kierteittämisen yhdellä työliikkeellä molemmin puolin profiilia. Laite suunniteltiin paikoittamaan reikä vaunun kulkupinnasta, mikä on virtakiskon kannalta tärkein toiminnallinen sekä valmistustoleranssien mukaan tarkin mitta. Porauslaitteeseen yhdistettiin myös lasermittalaitteet, joiden avulla pituussuuntainen paikoitus on helppoa. Uudistettujen ohjeiden ja porauslaitteen ansiosta laadulliset virheet, kuten virtakiskon kiertyminen, kallistuminen tai kannatinruuvien epätasainen sijainti eivät ole mahdollisia. Kuvassa 16 on esitetty uusi porauslaitteisto.



Kuva 16. Porauslaite telineessä.

6 TULOKSET

Tutkimuksen lopussa mitattiin uudelleen virtakiskon valmistuksen läpimenoaikoja. Taulukon kaksi. mukaiset ajat mitattiin 12 satunnaisesti valitulle profiilille. Profiileista kuusi ensimmäistä oli alumiiniprofiileja ja loput kuusi teräs profiileja. Mittaustarkkuus oli 30 sekuntia.

Taulukko 2. Virtakiskon valmistus muutosten jälkeen (ajat minuutteina).

Virtakiskon valmistus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Profiilin pituus	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4500	6000	3300	5300	5000	3000
PVC-sahaus	5	8,5	10	8	8	8	6,5	7	8,5	7	5,5	6
Kuparien asennus	6	7,5	13	6	7,5	7	8,5	8,5	6,5	8,5	8,5	8
Yht.	11	16	23	14	15,5	15	15	15,5	15	15,5	14	14

Keskimääräinen aika profiilia kohden oli uusien mittausten perusteella 15 minuuttia ja 20 sekuntia. Keskimäärin virtakiskon valmistus profiilia kohden nopeutui siis noin 7 minuuttia.

6.1 Tulosten analysointi

Keskiarvojen eron merkitsevyyden tarkastelussa käytettiin apuna T-testiä. T-testi on tilastollinen testi, joka toimii kahden otoksen tarkastelussa. Tässä työssä voitiin olettaa, että otokset ovat toisistaan riippumattomia, joten käytettiin kahden riippumattoman otoksen t-testiä. T- testin käyttö edellyttää tai enemmän otosta, mutta mikäli otosten voidaan olettaa noudattavan normaalijakaumaa, myös pienempi otos kelpaa. (Taanila 2016.)

6.1.1 T-testi

Testin tarkoituksena on tutkia kahden otoksen keskiarvojen erotusta. Tavoitteena on tutkia, milloin otosten keskiarvo eroaa riittävästi, jotta tulos olisi tilastollisesti merkittävä. T-testi antaa p-arvo eli todennäköisyyden keskiarvojen eron satunnaisuudesta. Eli onko havaittu ero seurausta esimerkiksi mittausepätarkkuuksista. Mitä pienempi p-arvo saadaan, sitä merkittävämpi keskiarvojen ero on tilastollisesti:

- $p < 0.05$ ero on melkein merkitsevä
- $p < 0.01$ ero on merkitsevä
- $p < 0.001$ ero on erittäin merkitsevä

(Taanila 2016.)

Taulukoiden 1 ja 2 analyysin perusteella p-arvo oli 0,002678 eli tulosten ero oli merkitsevä. On huomioitava, että pienen otoskoon takia eron yleistäminen on hankalaa, mutta suunta on ainakin oikea. Tulosten analysointi osoittaa, että tehdyillä muutoksilla saatiin tehostettua tuotannon nopeutta.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen alkuvaiheessa oli selvää, että prosessin tehostaminen tulisi tapahtua nopeasti. Tämä johtui tilauskannan nopeasta kasvusta, johon täytyi reagoida heti. Yksi heränneistä kysymyksistä olikin: miten tehostaa virtakiskon valmistusprosessia nopealla aikavälillä? Ongelmien ja sitä kautta parannuskeinojen etsiminen lähti liikkeelle työskentelyllä virtakiskon valmistuksessa, minkä avulla hiljaisen tiedon hyödyntäminen ongelmien löytämisessä nousi tärkeään rooliin. Hiljaisen tiedon eli työntekijöiden tietotaidon ja omakohtaisen kokemuksen avulla ongelmakohtien löytyminen nopeutui ja ratkaisuja pystyttiin lähteä etsimään hyvinkin pian tutkimuksen aloittamisesta. Tarvittavat mittaukset otettiin myös alkuvaiheessa, jotta kehittymistä pystyttiin arvioimaan myös tilastollisesti.

Ratkaisut, jotka voitiin toteuttaa 1-3 kuluessa olivat huomion kohteena. Tällaiset ratkaisut olivat hyvin yksinkertaisia toteuttaa eivätkä ne vaatineet suuria investointeja. Pienet investoinnit ja nopeasti toteutettavat ratkaisut oli helppo perustella yhtiön johdolle, jolloin päätökset näiden toteuttamisesta tapahtuivat ripeästi. Mielestäni tämä nopeutti prosessin kehitystä, sillä ylimääräiseen puntarointiin käytetty aika oli mahdollisimman vähäistä. Tilanteessa, jossa löydetty ratkaisu ei toimi, pystytään se hylkäämään ilman suurempia taloudellisia tai ajallisia seurauksia.

Virtakiskon valmistuksessa suurimpina ongelmina olivat työnhankaluus, siisteys, työpisteen epäkäytännöllisyys ja hankalat tarkkuusvaatimukset. Työpisteeseen ja siisteyteen vaikutettiin 5S-järjestelmän ja työpöydän avulla. Näiden toteuttaminen päätöksestä alkaen onnistui noin viikon aikana, mukaan lukien pöydän tilaus ja toimitus. Saman aikaisesti toteutettiin myös siirtyminen mittatilaustyönä tehtyihin pihteihin. Pihtien toteutus onnistui noin kolmen viikon aikana. Lisäksi kuparin asennuksessa käytetty teline toteutettiin muutaman päivän aikana, mutta vasta kun kuparin toimittajalta oli selvitetty mahdollisuus suurempaan rullakokoon.

Samaan aikaan työkaluissa tehtyjen parannusten kanssa työohjeeseen tehtiin päivityksiä. Tämä oli mielestäni erittäin tärkeää, koska kun työkalut olivat valmiina tuotannon käyttöön,

myös ohjeistus oli ajan tasalla. Tällöin siirtymisessä uusiin menetelmiin oli mahdollisimman vähän epäselvyyttä ja siirtymisaika pysyi lyhyenä.

Porauslaitteiston toteutus tapahtui noin kolmen kuukauden kuluessa, jolloin se ei mielestäni lukeudu samaan kategoriaan muiden parannusten kanssa. Tästä huolimatta porauslaitteisto oli laadullisesti ja ajallisesti merkittävä tekijä virtakiskon valmistuksessa, joten sen kehittämistä pyrittiin nopeuttamaan mahdollisuuksien mukaan. Tämä tarkoitti porauslaiteen saapumiseen valmistavien toimenpiteiden suorittamista hyvissä ajoin sekä ohjeistuksessa että tehtaalla. Mielestäni tässä onnistuttiin erittäin hyvin ja porauslaitteen saavuttua se saatiin tuotantokäyttöön vain muutaman päivän aikana.

Lean-järjestelmää on käytetty useilla erilaisilla aloilla tuotannon tehostamiseen. Kaikki tutkimuksessa löydetyt ongelmakohdat virtakiskon valmistuksessa voidaan sijoittaa johonkin Lean-järjestelmän kahdeksan hukan kategoriaan. Tämän pohjalta tuntui mielekkäältä pyrkiä parantamaan prosessin ajankäyttöä ja laatua vähentämällä hukkia virtakiskon valmistuksessa.

Parhaat tulokset saavutettiin laadun kannalta, sillä suurin osa tyypillisistä laatuvirheistä johtui vääränlaisten menetelmien ja työkalujen käytöstä. Tärkeimmät hukat, joihin tutkimuksessa pystyttiin vaikuttamaan olivat: odotus, virheet, yliprosessointi sekä liike. Työkaluja ja työmenetelmiä kehittämällä yliprosessointia sekä virheitä pystyttiin vähentämään. Tämä vaikutti myös odotuksen vähenemiseen, sillä kuparin asennustyökalu vähensi kuparin vaihtoon kuluvaa aikaa ja porauslaitteisto siirsi virtakiskonvalmistusta kuormittavan työvaiheen eli porauksen ja kierteittämisen sopivampaan kohtaan tuotantoa. Ylimääräistä liikettä pyrittiin vähentämään 5S-järjestelmän avulla sekä vakiinnutetulla työpisteellä. Tulosten valossa näyttää siltä, että hukkien vähentäminen paransi tuotannon tehokkuutta noin 30%.

Ajallisesti saavutettiin toki kohtuullisen merkittäviä parannuksia, mutta loppuvaiheen mittauksia tehtäessä huomattiin erilaisia ongelmia prosessin tukipalveluihin, kuten nostureihin ja layouttiin liittyen. Tämä tarkoitti sitä, että prosessin nopeuduttua siihen liittyvät erityyppiset tukipalvelut aiheuttivat uusia ongelmakohtia tuotteen valmistuksessa. Mielestäni nämä asiat ovat mahdollisia kehityskohteita tulevaisuudessa.

LÄHTEET

Ali H., Hossam A. K. & Hussein M. H. 2015. [Luku 8:] Lean Manufacturing. Teoksessa: Davim, J. P. (editor) Modern Manufacturing Engineering. Springer International Publishing. S. 249–269.

Biman, D., Uday, V. & Pankajkumar, P. 2014. Applying lean manufacturing system to improving productivity of airconditioning coil manufacturing. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 71: (1). S. 307–323.

Chiarini, A. 2013. [Luku 2:] The Seven Wastes of Lean Organization. Teoksessa: Chiriani, A., Lean Organization: from the Tools of the Toyota Production System to Lean Office. Springer Milan. S. 15–30.

Erikkilä, M. 2016. Profiilin kuvat [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Konsta Lempiäinen. Lähetetty 15.02.2016 klo 15.21 (GMT +0200). Liitetiedostot: ”P200_teräs.jpeg, profilealu.jpeg”.

Krafcik, J. 1988. Triumph of the Lean production system. Sloan Management Review, 41 S. 41–52.

Kuntsi, R. 2015. Kuva pöydästä [yksityinen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Konsta Lempiäinen. Lähetetty 29.12.2015 klo 11.34 (GMT +0200). Liitetiedosto: ”Shallinto15122911140.pdf”.

Newcastle systems. 2016. Lean Focuses on the Elimination of Waste in a Process. Päivitetty 21. lokakuuta 2016. [Viitattu 21.10.2016]. Saatavissa: http://www.newcastlesys.com/lean

Quality Knowhow Karjalainen Oy. 2016a. Lean Six Sigma DMAIC. Päivitetty 8. helmikuuta 2016. [Viitattu: 8.2.2016]. Saatavissa: http://www.sixsigma.fi/fi/six-sigma/dmaic/

Quality Knowhow Karjalainen Oy. 2016b. Viiden ässän kehitystyökalu. Päivitetty 30. maaliskuuta 2016. [Viitattu 8.2.2016]. Saatavissa: http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/viiden-aessaen-kehitystyoekalu/

Sanjay, B. 2015. Lean Management Beyond Manufacturing A Holistic Approach. Springer Cham Heidelberg: New York Dordrecht London. 291 s.

Taanila, A. 2016. SPSS: Kahden riippumattoman otoksen vertailu. Päivitetty 27. huhtikuuta 2016. [Viitattu 22.10.2016]. Saatavissa: https://tilastoapu.wordpress.com/tag/kahden-riippumattoman-otoksen-t-testi/