



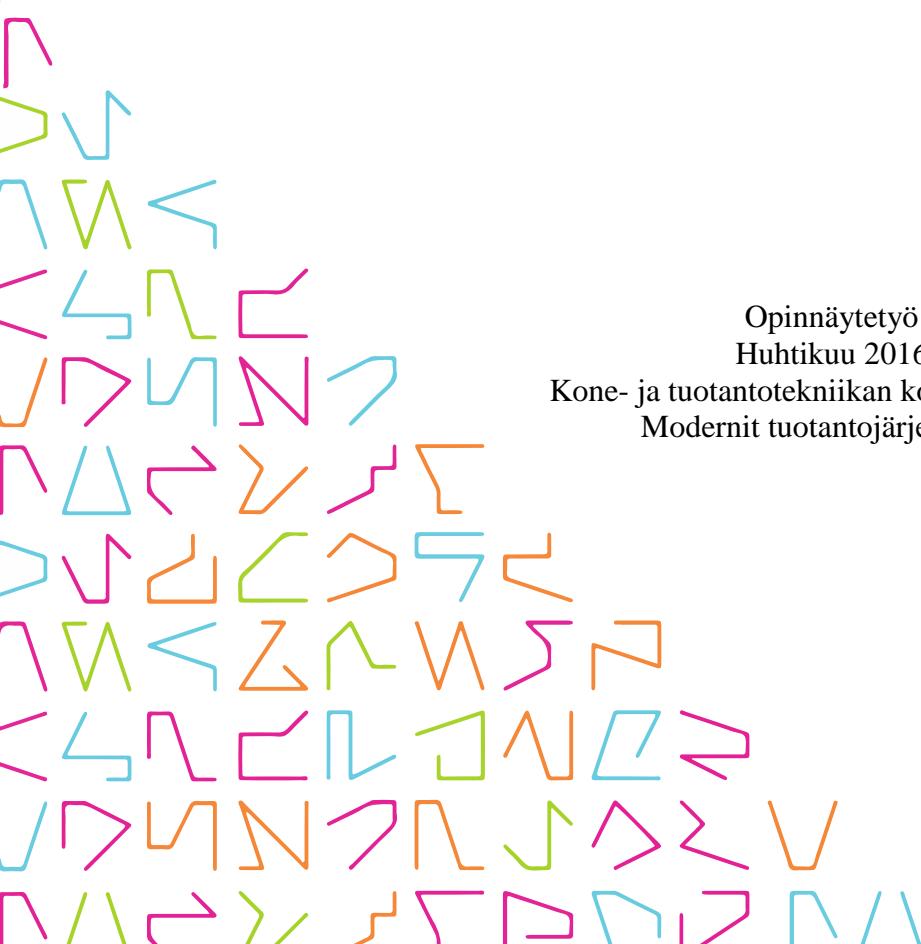
TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

PINTAPORALAITTEIDEN TARKASTUS- JA TESTAUSPROSESSIN KEHITTÄMINEN JA PILOTOINTI

Sähköinen tarkastus- ja testauspöytäkirja

Emmi Ali-Löytty

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2016
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Modernit tuotantojärjestelmät



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Modernit tuotantojärjestelmät

ALI-LÖYTTY, EMMI:

Pintaporalaitteiden tarkastus- ja testausprosessin kehittäminen ja pilotointi
Sähköinen testaus- ja tarkastuspöytäkirja

Opinnäytetyö 123 sivua, joista liitteitä 40 sivua
Huhtikuu 2016

Sandvik AB-konserniin kuuluva Sandvik Mining and Construction Oy on globaali kaivos- ja maanrakennusteollisuuden markkinajohtaja, joka tarjoaa maailman laajimman tuotevalikoiman kallionporaukseen, murskaukseen, louhintaan, rikutukseen sekä materiaalien käsittelyyn. Markkinoiden johtavassa asemassa olevan yrityksen tulee pystyä vastaamaan muuttuviin markkinoihin ja asiakasvaatimuksiin tinkimättä laitteiden ominaisuuksista tai laadusta. Turvatakseen markkina-asemansa ja korkean asiakastytyvyyden yrityksen tulee kehittää toimintaansa jatkuvasti.

Opinnäytetyön toimeksiantona oli Sandvik Mining and Construction Oy:n Tampereen toimipisteen pintaporalaitteiden tarkastus- ja testausprosessin kehitys sekä sähköisen tarkastus- ja testauspöytäkirjan luonti. Toimeksiannon taustalla oli tarve kehittää tarkastus- ja testausprosessia vastaamaan tehokkaammin ja luotettavammin asiakkaiden korkeampiin laatuvaatimuksiin sekä yhtenäistää tuotannon toimintatapoja Surface- ja Mining -liiketoimintojen yhdistyttyä. Kehityksellä tavoiteltiin tuotannon tuottavuuden kasvua ja läpinäkyvämpää toimintaa sekä parempaa tuotelaatua ja asiakastytyvääsyyttä.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsiteltiin eri laatuteorioita ja -työkaluja, joiden avulla tuotannon ja toiminnan laatua oli mahdollista parantaa. Tarkastus- ja testausprosessin kehittämiseksi kartoitettiin tuotannon lähtötilanne tutustumalla eri organisaatioiden toimintaan ja vastuualueisiin sekä selvittämällä tuotantoprosessin vaiheet. Sähköisen tarkastus- ja testauspöytäkirjan luomiseksi selvitettiin tuotannossa käytössä olleen paperisen tarkastus- ja testauspöytäkirjan rakenne ja tarkastuskohtien ajoittuminen tuotantoprosessin eri vaiheisiin. Sähköistä tarkastus- ja testauspöytäkirjaa rakennettaessa hyödynnettiin myös asiakaspalautteita ja tuotannon havaitsemia laatupoikkeamia.

Sähköisen tarkastus- ja testauspöytäkirjan käyttöä pilotoitiin tuotannossa opinnäytetyön aikana. Pilotointi oli opinnäytetyön onnistumisen kannalta oleellinen osa, sillä pilotoinnin avulla saatiin kerättyä tietoa muutoksen tarpeellisuudesta ja asetettujen tavoitteiden toteutumisesta. Sähköisen tarkastus- ja testauspöytäkirjan avulla toiminnan läpinäkyvyys parani sekä laadunvarmistus ja muuttuviin laatuvaatimuksiin vastaaminen helpotui. Pilotoinnin jälkeen sähköinen tarkastus- ja testauspöytäkirja voidaan käyttöönottaa tuotannossa sekä implementoida muille Tampereen tehtaan pintaporalaitteille.

Osa opinnäytetyöstä on luottamuksellista. Luottamukselliset kohdat on poistettu työn julkisesta versiosta.

Asiasanat: tarkastuspöytäkirja, testaus, laatu, lean

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Machine and Production Engineering
Modern Industrial Engineering

ALI-LÖYTTY, EMMI:

Development and Pilot of Inspection and Testing Process of Surface Drills
Electrical Inspection and Testing Sheet

Bachelor's thesis 123 pages, appendices 40 pages
April 2016

Sandvik Mining and Construction Oy, a part of Sandvik AB Group, is a global market leader in mining and construction industry. They offer the world's widest range of products for rock drilling, crushing, hauling extraction and material processing. A company at the top of its competitors needs to be able to adapt to changing markets and customer requirements without compromising on features or quality of the equipment. To secure their market position and high level customer satisfaction they need to develop their operations constantly.

An assignment of this thesis was to develop inspection and testing process and create an electrical inspection and testing sheet for surface drills in Sandvik Mining and Construction Oy's Tampere site. The background of the mandate was to develop a testing process to respond more effectively and reliably to customers' quality requirements. It was also needed to standardize practices after Surface and Mining functions merged. The goal of the development was to grow productivity and achieve more transparent operations. There was also a need to enhance product quality and customer satisfaction.

The theoretical part of this thesis considered different quality theories and tools that improves quality of production and operations. To develop the inspection and testing process, different activities and responsibilities of various organizations were researched, as well as steps of production process were determined. To create the electrical inspection and testing sheet research was done on protocol of paper inspection sheet and timing of the inspections in process. Customer feedback and quality deviations from production was utilized in project.

Electric -inspection and testing sheet was piloted in the production during the thesis. The pilot was a critical part of the project, because it collected the information about the need for change and the realization of the objectives. It is possible to improve the transparency of operations with electrical inspection and testing sheet. It is also easier to handle the quality assurances and to respond to changing quality demands. After the pilot, electrical inspection and testing sheet can be used, as well as implemented, to other surface drills.

Some parts of this thesis are confidential. These parts have been removed from the public version of the thesis.

Key words: inspection and testing sheet, testing, quality, lean

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö pintaporolaitteiden tarkastus- ja testausprosessin kehittämistä ja pilotoinnista tehtiin Sandvik Mining and Construction Oy:n Tampereen toimipisteelle keväällä 2016. Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Tampereen toimipisteen laatu päällikkö Olli Parviainen sekä kokoonpanon tuotelaadun vastaava laatuinsinööri Olavi Korppi.

Haluan kiittää koko laatuorganisaatiota ja heiltä saamaani tukea työn aikana. He mahdollistivat työn toteuttamisen neuvomalla ja ohjastamalla minua tutkimaan projektin kannalta oikeita asioita. Haluan myös kiittää tuotannon työntekijöitä, jotka suhtautuivat projektiin ja sen toteutukseen avoimesti. Heidän halu tuoda ideoitaan ja näkemyksiään esiin sekä positiivinen suhtautuminen projektiin auttoivat työn läpiviennissä.

Haluan kiittää myös opinnäytetyöni ohjausryhmää eli Olli Parviaista, Mika Lindevallia, Olavi Korppia, Anssi Alataloa sekä Ville Vatajaa. He jaksoivat haastaa minua työn aikana etsimään ja selvittämään uusia ratkaisuja sekä ohjasivat työn kulkua oikeaan suuntaan. Erityiskiitos Olavi Korpille, joka auttoi erityisesti työn kirjoitusprosessissa haastamalla minua ajattelemaan asioita eri näkökulmista ja tuomaan esille työn tärkeimpiä osa-alueita.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	8
2	YRITYSESITTELY	10
2.1	Sandvik AB.....	10
2.1.1	Sandvik AB:n pääliiketoiminta-alueet	11
2.2	Sandvik Mining and Construction Oy	13
2.3	Tampereen toimipiste	14
2.3.1	Valmistettavat pintaporolaitteet	15
3	TARKASTUS- JA TESTAUSPROSESSIN KEHITTÄMINEN.....	19
3.1	Projektin syyt	19
3.2	Projektin lähtökohdat	20
3.3	Projektin tavoitteet	21
4	TAVOITTEENA NOLLA-VIRHE –TUOTANTO	22
4.1	Nolla-virhe –ajatusmalli	22
4.2	Tuotannon laadun parantaminen.....	24
4.2.1	TPS – Toyota Production System	24
4.2.2	Lean-johtamisfilosofia	27
4.2.3	Six Sigma	31
4.3	FMEA – vika- ja vaikutusanalyysi	33
5	TUOTTAVUUDEN PARANTAMINEN	34
5.1	Pullonkaulailmiö.....	34
5.2	Laadun merkityksen ymmärtäminen	35
6	TUOTANNON JA LAITEVALMISTUKSEN RAKENNE.....	38
6.1	Organisaatiot.....	38
6.1.1	Tuotanto-organisaatio	39
6.1.2	Laatuorganisaatio	40
6.1.3	Tuotannon ja laadun yhteistyö	41
6.2	DPI –pintaporolaitteen toimitusketju	42
7	TUOTANNON LÄHTÖTILANNE	45
7.1	Tuotannon lähtötilanteen kartoitus	45
7.1.1	Alkuperäinen tarkastus- ja testauspöytäkirja	46
7.1.2	Lähtötilanteen SWOT-analyysi.....	47
7.2	Tarkastus- ja testausprosessin kehittäminen – tavoitteena parempi laatu.....	48
7.2.1	Tarkastus- ja testausprosessin kehityskohteiden kartoitus.....	49
7.2.2	Kehityskohteiden toteutus.....	50
8	SÄHKÖINEN TARKASTUS- JA TESTAUSPÖYTÄKIRJA	52
8.1	Teorian hyödyntäminen toteutuksessa.....	52

8.2	Sähköinen tarkastus- ja testauspöytäkirja	53
8.2.1	Tarkastus- ja testauspöytäkirjan sisältö.....	54
8.2.2	Tarkastus- ja testauspöytäkirjan luonti.....	56
8.3	Sähköisen tarkastuspöytäkirjan käyttöönotto ja pilotointi tuotannossa.....	58
8.3.1	Käyttöönoton ja pilotoinnin toteutus.....	59
8.3.2	Pilotoinnin tulokset	60
9	PROJEKTIN LÄHTÖ- JA LOPPUTILANNE	63
9.1	Projektin läpinäkyvyys ja haasteet.....	63
9.1.1	Nimikenumeroiden tiedot tarkastuspöytäkirjassa	64
9.1.2	Muutoksen hallinta.....	65
9.1.3	IT-järjestelmä	66
9.2	Kehitysehdotukset.....	68
9.2.1	IT-järjestelmän automatisointi	70
9.2.2	Laatukulttuurin kehittäminen	72
9.2.3	SOP-ohjeet osaksi tarkastus- ja testauspöytäkirjaa	74
9.2.4	Testausprosessin kehittäminen.....	74
10	POHDINTA.....	76
	LÄHTEET.....	81
	LIITTEET	84
	Liite 1. Alkuperäinen tarkastus- ja testauspöytäkirja (Sandvik, sisäinen tietokanta)	84
	Liite 2. Sähköinen tarkastus- ja testauspöytäkirja (Sandvik sisäinen tietokanta).....	85

ERITYISSANASTO

DPi	Sandvikin avolouhintaporalaitemalli
DPU	Defects per Unit
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis – vika- ja vaikutusanalyysi
IPV	In-Process Verification
JAPA	Jatkuvan parantamisen tietokanta
JIT	Just-in-Time – Juuri oikeaan aikaan
Lean	Johtamisfilosofia, joka keskittyy seitsemän tuottamattoman toiminnon poistamiseen tuotannosta
PDCA	Plan-Do-Check-Act – ongelmanratkaisutyökalu
PDM	Tuotehallintajärjestelmä
RFID	Radio Frequency Identification – radiotaajuinen etätunnistin
SF	Surface – pintaporalaite
SIPOC	Supplier, Input, Process, Output, Customer – Six Sigma työkalu
SMC	Sandvik Mining and Construction Oy
SOP	Standard Operating Procedures
SWOT	Strenght, Weakness, Opportunity, Threat – liiketoiminnan nelikenttäanalyysi
TPS	Toyota Production System
VSM	Value Stream Mapping – arvovirtakuvaus

1 JOHDANTO

Sandvik Mining and Construction Oy on globaali kaivosalan yritys, joka kuuluu ruotsalaiseen Sandvik AB-teollisuuskonserniin. Yritys valmistaa esimerkiksi avolouhoksille, rakennustyömaille sekä kaivosteollisuuteen sopivia pora-, lastaus- ja pultituslaitteita. Sandvik Mining and Construction Oy:n Tampereen tuotantotiloissa valmistetaan pääasiassa pintaporalaiteita sekä tunnelinvalmistuksessa käytettäviä kaivosporalaiteita ja pultituslaitteita. Tampereen tehtaan tuotantotiloissa on myös kokoonpanovalmius lastauslaitteille.

Tämä opinnäytetyö koostuu kirjallisesta osuudesta sekä Sandvik Mining and Construction Oy:lle tehdystä projektista, joka tehtiin Sandvik Mining and Construction Oy:n Tampereen toimipisteelle laadunohjauksen sekä tarkastus- ja testausprosessin kehittämiseksi. Tampereen tuotantotiloissa oli tarve yhtenäistää pintaporalaiteiden ja maanalaisien laitteiden valmistuksen toimintamalleja tuotannon toimintojen yhdistymisen seurauksena. Yhtenä osatekijänä toimintamallien yhtenäistämiseksi oli pintaporalaiteiden paperisen tarkastus- ja testauspöytäkirjan siirtäminen sähköiseen järjestelmään. Uudistuksella tavoiteltiin pienempää vaihtelua hallinnoitavan määrän ja tuotannossa syntyvän hukkan minimoinnilla. Vaihtelun pienentämisellä voidaan vaikuttaa yrityksen tuottavuuteen ja toiminnan läpinäkyvyyteen sekä valmistaa tehokkaammin asiakkaiden toiveita vastaavia laadukkaampia lopputuotteita.

Sandvik on asettanut pitkän aikavälin tavoitteeksi nolla-virhe –tuotannon, jonka saavuttamiseksi yrityksellä on käytössä erilaisia laatutyökaluja. Opinnäytetyön teoreettisessa osuudessa käsitellään eri laatuteorioita, sekä erilaisia tapoja ja työkaluja, joiden avulla yritys voi tuoda laatukulttuuria läpinäkyvämmäksi toiminnassaan ja siten vaikuttaa lopputuotteen laatuun. Teoreettisessa osuudessa käsitellään myös yrityksen tuottavuuden parantamista, jolla on välitön vaikutus myös tuotelaatuun ja laatukulttuuriin.

Opinnäytetyön projektin läpivientiin valittiin Tampereella valmistettavista pintaporalaiteista yksi poralaitemalli; Pantera DP1100-1500i. Onnistumisen ja tavoitteiden saavuttamisen kannalta oli tärkeä keskittyä vain yhteen poralaitemalliin, jotta pystyttiin suorittamaan tehokas pilotti- eli testijakso. Projektin alussa kartoitettiin nykyprosessin lähtötilaa tutustuen muun muassa valmistusketjun eri vaiheisiin, poralaitteen standardityöjär-

jestykseen sekä paperisen tarkastus- ja testauspöytäkirjan sisältöön. Kartoituksen avulla prosessista löydettiin tarkastusmenetelmiä ja –kohtia, joita muokattiin ja siirrettiin uuden prosessin mukaiseksi. Kartoituksessa hyödynnettiin asentajien tietämystä pintapora-laitteista, kokoonpanossa ilmenneitä laatupoikkeamahavaintoja sekä asiakaspalautteita. Projektin lopputuotteena luotiin sähköinen tarkastus- ja testauspöytäkirja, joka ohjaa asentajien asennustyötä paremman lopputuotteen valmistamiseksi.

Opinnäytetyön projektiosuus toteutettiin tiiviissä yhteistyössä koneasentajien, työnjohdon, laadunohjaajien sekä ylempien toimihenkilöiden kanssa. Projektin läpiviennissä haluttiin huomioida asentajien ja muiden sidosryhmien tietotaito, sillä lopputuotteena syntyneen laatutyökalun haluttiin edesauttavan laadunvarmistusta, tuotannonkehitystä sekä tuotannon tavoitetta nolla-virhe –tuotannon saavuttamisessa. Sähköinen tarkastus- ja testauspöytäkirja on monelle työntekijälle yksi päivittäin käytössä olevista työkaluisista, joten sen suunnittelussa oli tärkeää huomioida erityisesti työkalun käytön sujuvuus sekä toiminnan läpinäkyvyys eri sidosryhmille.

2 YRITYSESITTELY

Opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Sandvik Mining and Construction Oy:n kanssa, joka on osa ruotsalaista Sandvik AB teollisuuskonsernia. Sandvik AB toimii nykyisin maailmanlaajuisesti usealla eri kaivos- ja maanrakennusteollisuuden osa-alueella.

2.1 Sandvik AB

Sandvik AB on vuonna 1862 perustettu ruotsalainen teollisuusalan yritys. Yrityksen on perustanut alkujaan Göran Fredrik Göransson, joka aloitti yritystoiminnan vuonna 1855 ostamalla pienen rautaruukin nimeltä Högbo Bruk, jossa hän toteutti Bessemer-tekniikkaa tuottaakseen korkealaatuista terästä. Myöhemmin Göransson osti itselleen oikeuden tekniikan käyttöön ja sitä kautta hän pystyi vähitellen laajentamaan toimintaa myös lopputuotteisiin, kuten työkaluihin ja teräsputkiin. Laajentumisen seurauksena syntyi Sandvik.

Sandvik AB:llä on pitkä historia ja yritys on pystynyt laajentamaan toimintaansa ja tuotevalikoimaansa jatkuvasti. Vuonna 1907 Sandvik aloitti reiällisen porateräksen tuotannon, minkä jälkeen vuonna 1945 yritys pystyi tuomaan markkinoille ensimmäiset kalli-on poraukseen tarkoitetut kovametalliteränsä. Vuodesta 1987 eteenpäin Sandvik on ostanut osuuksia pienemmistä kaivosalan yrityksistä ja siten kasvanut yrityksenä. Vuonna 1997 Sandvik-konserni osti Suomessa toimineen Tamrockin, minkä seurauksena muodostui Sandvik Mining and Construction ja myöhemmin vuonna 2012 Sandvik Mining ja Sandvik Construction -liiketoiminta-alueet. Viimeisin yrityskauppa on solmittu vuonna 2008, kun Sandvik AB osti saksalaisen AUBEMA Crushing Beteiligungs GmbH:n ja sen tytäryhtiöt. (About Us, 2016.)

Nykyisin Sandvik AB on globaali korkean teknologian teollisuuskonserni, joka tuottaa palveluja ja tuotteita muun muassa kaivos- ja maanrakennusteollisuudelle sekä valmistaa erilaisia työkaluja, ruostumattomia materiaaleja, erikoismetalliseoksia, kestmateriaaleja ja erilaisia prosessijärjestelmiä teollisuuden tarpeiden mukaan. Yrityksellä on toimintaa maailmanlaajuisesti yli 130 maassa ja se työllistää kaiken kaikkiaan eri osa-

alueillaan noin 47 000 työntekijää. Vuonna 2015 yritys onnistui saavuttamaan lähes 91 miljardin Ruotsin kruunun liikevaihdon. (Sandvikin historia, 2016.)

Sandvik AB pyrkii kasvamaan ja kehittymään jatkuvasti pysyäkseen maailman johtavana kaivosteollisuuden yrityksistä, josta viimeisimpänä esimerkkinä on heinäkuussa 2016 voimaanastuva Sandvik Mining ja Sandvik Construction liiketoiminta-alueiden yhdistyminen Sandvik Mining and Rock Technology liiketoiminta-alueeksi. Sandvik markkinoi itseään yrityksenä, joka näyttää muille alan toimijoille mallia bisneksen tekemisestä. Heidän vahvuutensa on intohimo alaan sekä pitkät, vahvat asiakassuhteet. Yritys pitää tiukasti kiinni strategiastaan, jonka mukaan yrityksen työntekijöiden tulee olla valmiita ja halukkaita kasvamaan, olla joustavia tekemisessään, aidosti globaaleja ja parhaita siinä, mitä he tekevät eli heidän tulee olla alan teknologiajohtajia. Sandvik Mining and Rock Technology liiketoiminta-alueen luominen mahdollistaa juuri haasteelliseen markkinatilanteeseen vastaamisen sekä ennen kaikkea se parantaa yrityksen kykyä vastata tulevaisuuden haasteisiin. (About Us, 2016.)

2.1.1 Sandvik AB:n pääliiketoiminta-alueet

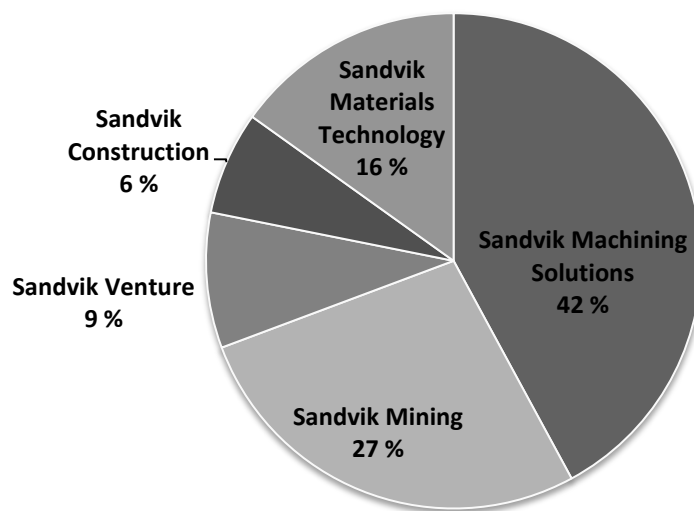
Ennen Sandvik Mining ja Sandvik Construction liiketoiminta-alueiden yhdistymistä Sandvik Mining and Rock Technology liiketoiminta-alueeksi Sandvik AB liiketoimintakonserni jakautuu viiteen eri pääliiketoiminta-alueeseen, jotka ovat

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

Sandvik Machining Solutions keskittyy erilaisten työkalujen sekä työkalujärjestelmien tuottamiseen ja kehittämiseen, joiden avulla pystytään työstämään erilaisia metallisia raaka-aineita. Sandvik Mining tuottaa erilaisia tuotteita, laitteita ja palveluja kaivosalan tarpeisiin, kuten kiven murskaukseen, poraukseen ja lastaukseen. Sandvik Materials Technology on maailman johtavia toimijoita ruostumattomasta teräksestä ja muista erikoisseostetuista teräksistä valmistetuissa tuotteissa. Sandvik Construction on erikoistu-

nut laitteiden ja palveluiden tuottamiseen kiven murskaukseen ja poraukseen erityisesti rakennuspuolella. Pienin liiketoiminta-alue, Sandvik Venture, on erikoistunut luomaan parhaat mahdolliset lähtökohdat liiketoiminnan kasvulle ja kannattavuudelle, joka mahdollistaa nopeasti kasvavan liiketoiminnan luomisen. Kuviossa 1 on esitetty Sandvik AB:n työntekijöiden jakautuminen eri liiketoiminta-alueiden kesken vuonna 2015. (About Us, 2016.)

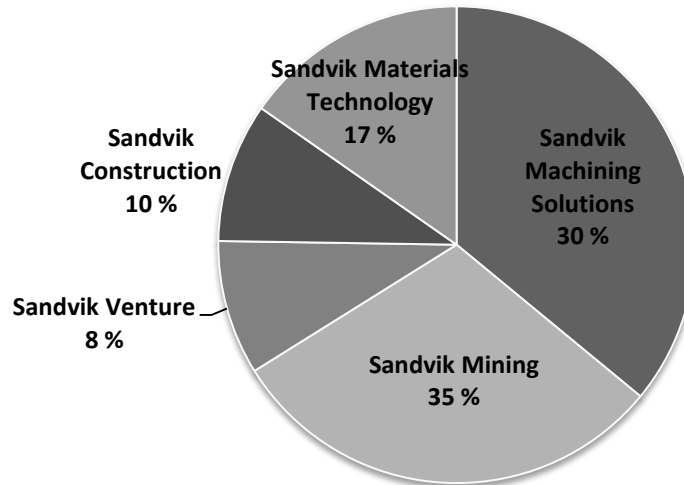
Uuden Sandvik Mining and Rock Technology liiketoiminta-alueen taustalla on halu pystyä vastaamaan nopeasti liiketoiminnan tarpeisiin. Uudella liiketoiminta-alueella tavoitellaan kustannustehokkaampaa ja asiakaslähtoisempää toimintamallia, jossa on jaettu selkeät vastuut tehokkaan toiminnan edellyttämiseksi. Toimialueeltaan Sandvik Mining and Rock Technology vastaa Sandvik Mining ja Sandvik Construction toimialueiden vastuuta. (Sandvik, sisäinen tietokanta.)



KUVIO 1. Sandvik AB:n työntekijöiden jakautuminen liiketoiminta-alueiden kesken vuonna 2015. (About Us, 2016)

Kuviosta 1 nähdään, että Sandvik Machining Solutions on liiketoiminta-alueena suurin työllistäjä. Vuonna 2015 työntekijöitä oli yhteensä 18 100. Toiseksi suurin liiketoiminta-alue on Sandvik Mining, joka työllisti yhteensä 11 700 työntekijää. Kolmanneksi suurin työllistäjä on Sandvik Materials Technology, joka työllisti 6 500 työntekijää. Sandvik Constructionin ja Venturen työntekijöiden välillä ei ole suurta eroa. Construction liiketoiminta-alue työllisti 2 900 työntekijää ja Venture 3 800 työntekijää.

Kuviossa 2 on esitetty Sandvik AB:n eri liiketoiminta-alueiden liikevaihto vuonna 2015. Kuvioista 2 nähdään, että eri liiketoiminta-alueiden prosenttiosuudet eroavat kokonaisuudessaan kuvioon 1 nähden. Verratessa eri liiketoiminta-alueita liikevaihdon kannalta huomataan, että Sandvik Mining on suurin liiketoiminta-alue. Miningin liikevaihto oli vuonna 2015 noin 27 400 MSEK. Machining Solutions liiketoiminta saavutti noin 32 700 MSEK liikevaihdon. Kolmen pienimmän liiketoiminta-alueen liikevaihto sijoittui vuonna 2015 8 300-13 900 MSEK välille (About Us, 2016).



KUVIO 2. Sandvik AB:n liiketoiminta-alueiden liikevaihto vuonna 2015. (About Us, 2016)

2.2 Sandvik Mining and Construction Oy

Sandvik Mining and Construction Oy (SMC) osti Suomessa toimineen Tamrockin ja omistaa nykyisin myös Suomessa toimivan Sandvik Mining and Construction Finland Oy:n, joka vastaa louhinta-, lastaus-, purkaus- ja kaivosporauslaitteiden, tienhoitotuotteiden, porakaluston sekä kuljettimien myynnistä ja huollosta Suomessa. Vuonna 2012 SMC jaettiin kahteen erilliseen liiketoiminta-alueeseen: Sandvik Mining ja Sandvik Construction. Uusien organisaatiomuutosten myötä liiketoiminta-alueet ovat jälleen lähentyneet ja 01.07.2016 alkaen liiketoiminta-alueet yhdistyvät Sandvik Mining and Rock Technologyksi. SMC toimii pääasiassa Suomessa ja sillä on Suomessa viisi eri toimipistettä, joista suurin sijaitsee Tampereen Myllypurossa.

Tampereen toimipisteessä valmistetaan muun muassa erilaisia pora- ja kaivoslaitteita, kuten kaivosporalaitteita, avolouhintalaitteita, pintaporalaitteita sekä kaivostunneleiden pultituslaitteita. Turussa sijaitsevassa toimipisteessä valmistetaan erilaisia kuljetus- ja lastauslaitteita. Lahden tehtaalla valmistetaan hydraulisia poravasaroita sekä leikkurimurskia. Hollolan toimipisteessä ei ole varsinaista tuotantoa, vaan siellä suunnitellaan massatavarankäsittelyyn liittyviä projekteja. Myöskään Vantaan toimipisteellä ei ole tuotantotiloja, vaan siellä toimii Sandvik Mining and Construction Finland Oy:n myyntikonttori, jossa myydään esimerkiksi ruostumattomia putkia, tankoteräksiä sekä sorvaukseen, jyrshintään ja poraukseen tarkoitettuja kovametallityökaluja (Tuotetehtaat Suomessa, 2015.)

2.3 Tampereen toimipiste

Tampereen toimipisteessä toimii Sandvik Mining ja Sandvik Construction liiketoiminta-alueet. Tampereen tehtaan toiminta voidaan jakaa liiketoiminta-alueiden lisäksi myös maanpäällisiin ja maanalaisiin toimintoihin. Suurien tuotantotilojen lisäksi Tampereen tehtaan alueella on käytössä suuri testikaivos, jossa valmistettavia laitteita voidaan testata asiakasvaatimusten mukaisessa ympäristössä. Testikaivoksen ansiosta laitteita voidaan kehittää aina paremmiksi. Kuvassa 1 on ilmakuva Tampereen toimipisteen alueesta.



KUVA 1. Sandvik Mining and Construction Oy:n Tampereen toimipiste. (Sandvik MediaBase, 2010)

Tampereen tehdas on Sandvik konsernille ainutlaatuinen paitsi testikaivoksensa ansiosta, myös siellä tapahtuvan tuotekehityksen vuoksi. Tampereen toimipiste mahdollistaa tuotekehityksen ja protovalmistuksen seurauksena syntyneiden laitteiden nopean tuotannollistamisen eli sarjatuotannon ylösajon, minkä ansiosta Sandvik pystyy vastaamaan nopeasti muuttuviin markkinatilanteisiin ja asiakastarpeisiin. Tampereen tehtaalla tehdään myös markkinoilla olevien laitteiden ylläpitosuunnittelua, minkä seurauksena eri olosuhteista tulevat asiakaspalautteet pystytään huomioimaan tuotannossa. Asiakaspalautteiden huomioiminen ylläpitosuunnittelussa ja tuotannossa mahdollistaa yrityksen pysymisen kilpailun kehityksen kärjessä.

Tampereen tehtaalla ei kuitenkaan ole varsinaisesti valmistusta, vaan tehdas on keskittynyt uustuoteprojektien ja suunnittelutyön lisäksi laitteiden loppukokoonpanoon, testaukseen sekä lopputuotteiden asiakastoimituksiin. Tuotannon osavalmistus ja valmistus ovat ulkoistettu alihankintaan satelliitteihin. Tampereen tehtaalla työskentelee yhteensä lähes 1 000 työntekijää, joista noin puolet on toimihenkilöitä.

2.3.1 Valmistettavat pintaporalaitteet

Tampereen tuotantotiloissa valmistetaan kahdeksaa eri pintaporalaitemallia. Pintaporalaitteet ovat dieselkäyttöisiä poralaitteita, jotka on varusteltu hydraulisella poravasaralla. Pintaporalaitteet ovat käyttökustannuksiltaan edullisia, mutta kuitenkin ympäristöystävällisiä. Tarkastus- ja testauspöytäkirjojen sähköiseen muotoon siirtäminen suoritettiin Pantera DPi –pintaporalaiteille. Siirtoa jatketaan volyymin ja monipuolisuuden pohjalta valikoiduille poralaiteille, jotka ovat Dino DC400Ri sekä Ranger DX –sarjan pintaporalaitteet. Näistä kolmesta poralaitemallista suurimpia ovat Pantera DPi –sarjan pintaporalaitteet.

Pantera DPi –pintaporalaite (Drilling Production i) eli tuotantoporalaitea käytetään yleisimmin avolouhoksilla. Poralaitteen nimen i-kirjain kuvastaa laitteen ohjaustapaa eli laite on väyläohjattu. Pantera DPi –pintaporalaitemallia on saatavilla kahta eri tyyppiä; Pantera DP1100i sekä DP1500i. Nämä laitteet eroavat toisistaan kokonsa ja tehokkuutensa puolesta. Laitteista pienempi on DP1100i ja suurempi DP1500i (kuva 2). Laitteita on myös saatavilla kahdella eri moottorityypillä, jotka ovat Tier3 ja Tier4 moottorit. Moottorityyppi valikoituu laitteen kohdemaan päästörajoitusten mukaisesti.

Pintaporalaitteet on jaettu poraustoiminnaltaan DTH (Down the Hole) ja TH (Top hammer) poralaitteisiin eli uppoporavasariihin ja päältä iskeviin vasaroihin. DTH-laitteissa ei ole muiden pintaporalaitteiden tapaan poravasaraa, joka tekee iskun ja pyöritystyön, vaan laitteissa on pyöritysmoottori. Pyöritysmoottori tekee pyöritystyön ja iskutyöhön käytetään uppoporavasaraa. TH-laitteissa on pyöritystyön ja iskun tekevä hydraulinen poravasara. Pantera DPi –sarjan laitteet ovat tyypiltään TH-poralaitteita. (Sandvik Products, 2015.)



KUVA 2. Sandvik Pantera DP1500i pintaporalaite. (Aggman, 2011)

Laitetta voidaan käyttää porattaessa 89-152mm reikiä. Laitteen moottorin teho, porattavan reiän halkaisija sekä poravasara vaihtelevat laitetyyppien välillä (taulukko 1). Pantera DPi –pintaporalaitteet ovat älykkäitä poralaitteita, joissa on huomioitu ympäristöystävällisyys. Laitteet kuluttavat 15 %:a vähemmän polttoainetta verrattuna perinteiseen pintaporalaitteeseen. Käytännössä tämä tarkoittaa määrällisesti 35 000 CO² päästöjen vähenemistä moottorin 2500 h/vuosi standardikäyttötunneilla. (Sandvik Products, 2015.)

TAULUKKO 1. Sandvik DPi –sarjan laitteiden tuotetiedot. (Sandvik Products, 2015)

Model	Hole range mm	Rock drill	On-board compressor	Engine kW	Weight kg
Pantera DP1500i	102-152	HL1560T, 33kW	14m ³ /min, up to 10 bar	287	23 000
Pantera DP1100i	89-140	HL1060T, 25kW	11m ³ /min, up to 10 bar	224	22 900

Tampereen tehtaalla valmistetaan ketterää ja tehokasta Dino DC400Ri pintaporalaiteita (kuva 3). Dino DC400Ri on täysin uuden sukupolven pintaporalaite. Laite on hydraulisesti toimiva teloilla liikkuva pintaporalaite, jota ohjataan radio-ohjaimella. Laitteessa on uusi RD414 porakone, jolla voidaan porata 51-76 mm reikää. Dino DC400Ri pintaporalaiteessa on keskitytty löytämään tehokkaita toimintaratkaisuja säilyttäen laitteen taloudellinen käytettävyys. (Sandvik Products, 2015.)



KUVA 3. Sandvik DC400Ri pintaporalaite. (Sandvik Dino, 2014)

Tampereen tehtaan volyymituotannossa oleva monipuolisin pintaporalaite on Ranger DX –sarjan poralaite. Ranger DX –sarjan pintaporalaiteita on Pantera DPi – pintaporalaiteiden tapaan saatavilla useaa eri kokoa (taulukko 2). Ranger DX-pintaporalaiteet ovat esimerkiksi avolouhintaan sopivia laitteita, jotka on varusteltu nivelpuomilla ja tehokkaalla hydraulisesti toimivalla poravasarella, jolla voidaan porata 51-127 mm reikiä aina 25 metrin syvyyteen asti. Myös Ranger DX –pintaporalaiteet ovat top hammer –poralaiteita. (Sandvik Products, 2015.)

TAULUKKO 2. Sandvik Ranger DX –pintaporalaaitesarjan tuotetiedot. (Sandvik Products, 2015)

Model	Hole range mm	Rock drill	On-board compressor	Engine kW	Weight kg
Ranger DX800	76-127	HL820T, 19.5kW	8.1m ³ /min, up to 10 bar	168	15 200
Ranger DX700	76-115	HL710, 19.5kW	8.1 m ³ /min, up to 10 bar	168	15 200
Ranger DX600	64-102	HL650, 17.5kW	6.2 m ³ /min, up to 10 bar	168	15 200
Ranger DX500	51-89	HL510, 15.5kW	6.2 m ³ /min, up to 10 bar	168	15 000

Ranger DX –sarjan pintaporalaaitteet ovat ketteriä ja pystyvät liikkumaan vaikeassakin maastossa, minkä vuoksi ne ovat monipuolisimpia tuotannossa olevia pintaporalaaitteita.. Laitteet ovat tehokkaita, tarkkoja ja monipuolisia, minkä vuoksi niitä käytetään paljon rakennus-, louhinta- ja pintaporaustyömailla. Kuvassa 4 on esitelty Ranger DX –pintaporalaitemalliston Ranger DX800 –pintaporalaite. (Sandvik Products, 2015.)



KUVA 4. Sandvik Ranger DX –pintaporalaaitesarjan DX800 -pintaporalaite. (Year in Action 2015, 2015)

3 TARKASTUS- JA TESTAUSPROSESSIN KEHITTÄMINEN

Sandvikin Tampereen tehtaalla on ollut pitkään käytössä paperinen tarkastus- ja testauspöytäkirja, joka on tulostettu jokaiselle tuotannossa olevalle pintaporolaitteelle. Paperinen tarkastus- ja testauspöytäkirja on kulkenut laitteen mukana kokoonpanon alusta loppuun tarkastustietojen keräämiseksi laitekohtaiseen konekorttiin ja arkistointiin. Paperiset tarkastus- ja testauspöytäkirjat ovat jaettu eri osiin kattaen alihankittavat moduulikokoonpanot ja laitteen loppukokoonpanon. Tarkastus- ja testausprosessin ja sitä kautta sähköisen tarkastuspöytäkirjan kehittämisellä tavoiteltiin tehokkaampaa tarkastusprosessia luomalla tarkastuspöytäkirja, joka tukee pintaporolaitteen standardikokoonpanojärjestystä sekä helpottaa mahdollisten laatuerojen havaitsemista kokoonpanoprosessin alkuvaiheissa.

3.1 Projektin syyt

SMC:n Tampereen tehtaan laatuorganisaatiolla oli toimeksianto pintaporolaitteiden tarkastus- ja testauspöytäkirjojen siirtämiseksi sähköiseen järjestelmään. Tarkastus- ja testauspöytäkirjan tietoihin perustuvaa konekorttia on yritetty siirtää sähköiseen muotoon kuluneiden vuosien aikana, mutta Sandvikissa tapahtuneet tuotannosta riippumattomat muutokset ovat estäneet sähköiseen muotoon siirtymisen. Paperinen tarkastus- ja testauspöytäkirja on ollut prosessin toimivuuden ja tietojen luotettavuuden kannalta paras vaihtoehto tuotannollisten ja toiminnallisten muutosten keskellä, vaikka se on haastava ylläpitää ja päivittää nopeatahtisessa, jatkuvasti muuttuvassa tuotannossa.

Toimeksiannon taustalla oli Tampereen tehtaan toimintojen yhdistyminen jo ennen Sandvik Mining and Rock Technology –liiketoiminta-alueen julkaisemista. Tampereen tehtaan useat organisaatiot, kuten hankinta ja tuotanto, olivat saatettu jo yhteen ja yhdistyminen haluttiin saada näkyviin myös toimintamalleissa. Toimintamallien yhdistäminen loi standardoituja työtapoja ja vähensi ylläpidettävän tiedon määrää. Standardoitujen työtapojen avulla toimintoja saatiin selkeytettyä, mikä johti parempaan lopputuotteiden laatuun. Lisäksi toimintamallien yhdistämisellä pystyttiin parantamaan tuotannon ja toimintojen läpinäkyvyyttä eri sidosryhmille.

3.2 Projektin lähtökohdat

Tampereen tehtaan laatuorganisaation toimeksianto toteutettiin opinnäytetyön projektiosuutena. Toimeksiannon taustalla olevat toimintojen ja toimintamallien yhdistymiset antoivat impulssin myös pintaporalaitteiden tarkastus- ja testauspöytäkirjojen sähköiseen muotoon siirtämiselle. Tampereen tehtaan Mining-laitteiden tarkastuspöytäkirjat ovat olleet sähköisessä järjestelmässä muutaman vuoden ajan, minkä vuoksi myös pintaporalaitteiden tarkastuspöytäkirjojen hallinnan siirtäminen sähköiseen muotoon koettiin tarpeelliseksi ja luontevaksi.

Mining-laitteiden sähköisten tarkastuspöytäkirjojen pohjalta IT-järjestelmään linkittyvät edellytykset tarkastuspöytäkirjojen uudistamiselle olivat olemassa, sillä sähköisille Mining-laitteiden tarkastuspöytäkirjoille oli luotu hallinta- ja käyttöjärjestelmä Lotus Notes -tietokantaan. Pintaporalaitteiden sähköisille tarkastus- ja testauspöytäkirjoille ei ollut määritelty sisältöä, rakennetta ja vaatimuksia ennen toimeksiantoa ja projektin alkua, ja niiden määrittely oli yksi projektin osa-alue.

Projektin alussa määritettiin projektin sisältö ja osa-alueet, joita olivat tuotannon ja laiterakenteen lähtötilanteen kartoitus, tarkastus- ja testausprosessiin perehtyminen sekä Pantera DPi -pintaporalaitteiden tarkastus- ja testauspöytäkirjaan tutustuminen. Lähtötilanteen kartoituksen ja projektin onnistumisen kannalta oli myös tärkeää tutustua Tampereen tehtaan eri organisaatioihin, kuten tuotanto- ja laatuorganisaatioihin. Organisaatio selvityksen avulla kartoitettiin tiedonkulkua ja vastuualueita tuotannon eri vaiheissa. Kartoitettavien toimenpiteiden avulla pystyttiin hahmottamaan lähtötilanne sekä löytämään kehityskohteita toimintamalleista ja prosesseista.

Projektin lähtötilanteessa haastateltiin Mining-laitteiden sähköistä tarkastuspöytäkirjaa käyttäviä henkilöitä. Haastattelulla haluttiin kerätä tietoa Mining-laitteiden tarkastuspöytäkirjan kehitysprosessista, tarkastuspöytäkirjojen sisällöstä ja käytöstä sekä mahdollisista haasteista ja niihin löydetyistä ratkaisuista. Lisäksi projektin alussa haastateltiin maanpäällisten poralaitteiden asentajia ja koeporareita, jotta heidän tietotaito ja kehitysehdotukset sekä ennakoitavat haasteet oli mahdollista huomioida projektin läpiviennissä.

3.3 Projektin tavoitteet

Tarkastus- ja testauspöytäkirja toimii tuotannon laatutyökaluna, jonka avulla voidaan jäljittää sarjanumeroseurattavia komponentteja, seurata laitteessa ilmenneitä laatupoikkeamia ja niiden korjaamiseksi löydettyjä ratkaisuja sekä varmistua laitteen laatuvaatimusten täyttymisestä. Projektin tavoitteena oli kehittää laatutyökalu vastaamaan tehokkaammin tuotannon ja toiminnan haasteisiin. Tarkastus- ja testausprosessin kehittämällä sekä sähköisen tarkastus- ja testauspöytäkirjan luomisella tavoiteltiin parempaa tuottavuutta ja tietojen päivitettävyyttä, laadukkaampia lopputuotteita sekä toiminnan läpinäkyvyyden lisäämistä.

Sähköisen tarkastus- ja testauspöytäkirjan avulla oli tehokkaampaa seurata laitteen tuotannon osakokoonpanojen tai loppukokoonpanon valmistumisprosenttia sekä havaita tuotannossa syntyneet laatupoikkeamat tuotannon alkuvaiheessa aiheuttaen mahdollisimman vähän hukkaa prosessiin. Tehokkaamman seurannan ja havainnoinnin seurauksena prosessin on mahdollista tuottaa laadukkaampia lopputuotteita.. Prosessin kehityksen ja sitä kautta laadukkaampien lopputuotteiden avulla yrityksen on mahdollista tavoitella asetettua tavoitetta nolla-virhe –tuotannosta.

Lisäksi sähköinen tarkastus- ja testauspöytäkirja mahdollisti tietojen ja toimintatapojen tehokkaamman ja luotettavamman päivitettävyyden ja mukautumisen tuotannon muutoksiin. Sähköistä tarkastus- ja testauspöytäkirjaa on helppo muokata ja päivittää esimerkiksi tuotannossa ilmenneiden laatupoikkeamien tai etulinjasta saatujen asiakaspalautteiden avulla. Muokkaamalla prosessia laatupoikkeamien ja asiakaspalautteiden pohjalta yritys pystyy vastaamaan tehokkaammin ja nopeammin asiakastarpeisiin sekä tuotannon haasteisiin, minkä ansiosta Sandvikin on mahdollista säilyttää asemansa maailman johtavana poralaitevalmistajana.

4 TAVOITTEENA NOLLA-VIRHE –TUOTANTO

Nolla-virhe –tuotanto on tavoite, johon voidaan pyrkiä hyödyntäen nolla-virhe –ajatusmallia sekä eri laatuteorioita. Sandvik on asettanut pitkän aikavälin tavoitteeksi nolla-virhe –tuotannon. Nolla-virhe –tuotanto pyritään saavuttamaan esimerkiksi hyödyntämällä Six Sigma- ja Lean –oppeja sekä soveltamalla IPV-prosessia (In Process Verification) yrityksen toiminnassa tehtaan toimintatapojen mukaisesti.

4.1 Nolla-virhe –ajatusmalli

Nolla-virhe –ajatusmalli syntyi vuonna 1979, kun Philip B. Crosby (1926-2001) käsittelee aihetta kirjassaan ”Quality is Free”. Crosby pohti kirjassaan laatua käsitteenä, jonka mukaan yrityksen organisaatiot voivat omaksua laadukkaan toimintamallin johdon sitoutuessa kyseiseen laatujohtamismalliin, jossa asennemuutos ei maksa mitään. Nolla-virhe –tuotanto on päämäärä, jonka saavuttaakseen yrityksen tulee keskittyä virheiden syiden poistamiseen sekä ennaltaehkäisyyn. (Väisänen, 2013b.) Yrityksen tulee kuitenkin pystyä määrittelemään ja luokittelemaan tuotannossa syntyvät virheet sekä toimintaansa ohjaavat asiakasvaatimukset.

Crosbyn luoma ajatusmalli on saanut laajalti kritiikkiä, sillä useimmat pitävät nolla-virhe –tuotantoa mahdottomana saavuttaa. Mahdottomuutta perustellaan sillä, että tänään valmistamasi tuote voi olla hetken aikaa täydellinen. Seuraavana päivänä voidaan kuitenkin keksiä esimerkiksi uusi valmistusmenetelmä, joka kumoaa edellisen ja tekee siten eilen valmistetusta tuotteesta virheellisen. (Chandana, 2015.) Nolla-virhe –tuotannon mahdottomuuteen tai saavutettavuuteen vaikuttavat myös yrityksen tapaus suhtautua virheisiin ja niiden luokitteluun sekä heidän tapansa määritellä tuotannon laatu-kriteerit ja tuotantoa ohjaavat asiakasvaatimukset. Nolla-virhe –tuotannon saavuttaminen selkeytyy esimerkiksi tuotannon toiminnan kriteereiden ja virheluokittelun lieventämisellä. Yrityksen tulisikin huomioida toiminnassaan tuotantoa ohjaavat asiakasvaatimukset ja niiden pohjalta tehtävät tuotannon tarkastukset. Tuotannon laadun varmistamiseksi työntekijöiden on suhtauduttava laatuun ja tuotannon tarkastuksiin vastuullisesti ymmärtäen oman työn merkitys lopputuotteen laadun ja asiakastyytyväisyyden kannalta.

Nolla-virhe –ajatusmalli perustuu neljään sääntöön, joiden mukaan

- laatu on määriteltyjä vaatimuksia vastaava varmuuden taso
- ensisijaisesti on huolehdittava laadusta, ei virheiden ratkaisemisesta
- laadun arvo mitataan rahassa
- yrityksen suorituskykyä on arvioitava nolla-virhe –ajatusmallin pohjalta tähtäämällä täydellisyyteen, sillä olemalla vain hyvä ei ole tarpeeksi hyvä.¹ (Chandana, 2015.)

Nolla-virhe –teoria tähtää siihen, että poistamalla tuotannossa aiheutuvien virheiden määrää voidaan saavuttaa kustannussäästöjä. Kustannussäästöjen ja laadukkaampien tuotteiden tai palveluiden ansiosta yritys pystyy parantamaan asiakastytyväisyyttään. Teoria voi kuitenkin aiheuttaa negatiivisia seurauksia, sillä täydelliseen ja virheettöömään tuotantoon pyrkiminen sitoo useita ihmisiä pelkkään laadun tarkkailuun, josta aiheutuu lisäkustannuksia. (Chandana, 2015.) Lisäksi nolla-virhe –kulttuuri voi aiheuttaa työntekijöiden työmotivaation alenemista heidän tavoitellessaan mahdotonta (Williams, i Six Sigma). Esimerkiksi jos työntekijät kokevat, että heidän laatukulttuurin edistämiseksi tekemillään toimenpiteillä ei ole näkyvää seurausta, he voivat kokea tekevänsä turhaa työtä ja lopettavat toimenpiteet.

Sandvik on määritellyt eri laatuteorioihin pohjaten työkaluja nolla-virhe –tuotannon saavuttamiseksi. Yritys pyrkii tunnistamaan tuotannossa erilaisista syistä aiheutuvia laatupoikkeamia. Vikojen ilmettyä pyritään tunnistamaan yleisimmät virhetyypit ja löytämään vian aiheuttama juurisyy, jonka korjaamisella vikoja voidaan ennaltaehkäistä ja poistaa prosessista. Laadun kannalta on tärkeää pystyä löytämään mahdolliset virheet jo tuotantoprosessin aikana, jotta virhe ei pääse laitteen mukana asiakkaalle asti. (Christoforou 2014, 15.) Yritys hyödyntää tuotannossaan Lean-johtamisoppia. Saavuttaakseen asetetut tavoitteet, tuotannossa pyritään esimerkiksi tunnistamaan virheet jo kokoonpanoprosessin aikana hyödyntämällä IPV-prosessia. Toimittamalla tuotannossa oikeat osat oikeaan aikaan laadunohjaus ja tuotannon tarkastusten tekeminen oikea-aikaisesti helpottuu ja laitteen toimitusaikaa pystytään lyhentämään, minkä seurauksena pystytään hyödyntämään enemmän pääomaa sekä tuotantokapasiteettia. IPV-prosessin kokonaisyhtönä kustannukset laskevat sekä tuotantovalmius paranee. (Christoforou 2014, 6.)

¹ ”Performance should be judged as per zero defects theory, i.e. near to perfection. Just being good is not good enough.” (Chandana, 2015.)

4.2 Tuotannon laadun parantaminen

Nolla-virhe –ajatusmallin lisäksi laadukkaan tuotteen valmistamiseksi voidaan hyödyntää laadun hallintaan liittyviä eri toimintatapoja ja laatuteorioita, joiden avulla pyritään saavuttamaan nolla-virhe –tuotanto. Yritys voi hyödyntää toimintatapoja ja laatuteorioita yksittäin tai yhdistelemällä, riippuen siitä minkälaisia tavoitteita yritys on asettanut tuotannon laadulle. Yrityksen tavoitellessa parempaa laatua eri laatuteorioiden ja toimintatapojen lisäksi heidän on tärkeää muistaa, että muutos lähtee yrityksen johtoryhmästä. Esimerkiksi läpinäkyvämmän ja tehokkaamman laatukulttuurin jalkauttamisen onnistumisen edellytyksenä on saada yritysjohto ymmärtämään laadun merkitys tuotannon toiminnan ja asiakastyytyväisyyden kannalta. Työntekijöiden asenne- ja toimintatapamuutosta on haastavaa saada tehokkaasti läpi, jos yritysjohto ei ole itse sitoutunut muutokseen.

Yleisimmin tunnettuja laatuteorioita ja –oppeja ovat Toyota Production System, Lean-johtamisfilosofia ja Six Sigma. Lean-ajattelun peruskivi Toyota Production System (TPS) on teollisuudessa sellaisenaan vähän käytössä, sillä TPS:n sisäänajo toimivaksi laatutyökaluksi on hidasta. Yritykset hyödyntävät enemmän esimerkiksi Toyotan malliin perustuvia Lean-filosofiaa ja Six Sigmaa sekä näiden variaatioita. SMC on alkanut hyödyntämään laatutyökaluinaan ja -teorioinaan erityisesti Lean-johtamisfilosofiaa sekä Six Sigmaa. Tässä luvussa on esitelty näiden lisäksi myös muutamia muita laatuteorioita ja työkaluja, joiden avulla yritys voi pyrkiä vaikuttamaan tuotantonsa laatuun.

4.2.1 TPS – Toyota Production System

Toyotan tuotantojärjestelmä (TPS) perustuu 14 eri periaatteeseen (taulukko 3), jotka voidaan vielä jakaa neljään eri luokkaan: filosofia, prosessi, ihmiset ja yhteistyökumppanit sekä ongelmanratkaisut (Liker 2010, 6). Toyotan filosofian mukaan yrityksen tulee tehdä päätöksiä pitkän aikavälin tähtäimellä, mutta sen tulee kuitenkin uskaltaa tehdä päätöksiä myös lyhyen tähtäimen taloudellisten tavoitteiden kustannuksella (Liker 2010, 13). Taulukossa 3 kuvataan neljän eri luokan ajatusmalleja tarkemmin, erityisesti luokkien ihmiset ja yhteistyökumppanit sekä ongelmanratkaisut sisältöä.

Luokassa yksi on käsitelty pitkän tähtäimen filosofian periaatetta, jonka mukaan yrityksen tulisi pyrkiä tekemään päätöksiä pitkän aikavälin tähtäimellä huomioiden lyhyen aikavälin taloudellisten tavoitteiden kustannukset. Toisen luokan periaatteet käsittelevät oikeanlaisella prosessilla saavutettavissa olevia tuloksia. Kolmannen luokan periaatteet määrittelevät kuinka ihmisiä ja organisaatioita muuttamalla yritys voi tuottaa lisäarvoa. Viimeisessä eli neljännessä luokassa käsitellään jatkuvan parantamisen merkitystä yrityksen kehityksen kannalta.

TAULUKKO 3. Toyota Production Systemin 14 periaatetta. (Liker 2010, 37–41)

PITKÄN TÄHTÄIMEN FILOSOFIA
1. Tee päätöksiä pitkän tähtäimen filosofian pohjalta, mutta myös lyhyen tähtäimen taloudellisten tavoitteiden kustannuksella
OIKEA PROSESSI TUOTTAO OIKEAT TULOKSET
2. Luo jatkuva prosessin virtaus tuodaksesi ongelmat esille
3. Käytä imujärjestelmää välttääksesi ylituotantoa
4. Tasapainota työmäärä
5. Luo kulttuuri, jossa pysähdytään korjaamaan ongelmia, jotta laatu saataisiin kuntoon heti ensimmäisellä kerralla
6. Standardoidut tehtävät ovat jatkuvan parantamisen ja työntekijöiden sitoutumisen perusta
7. Käytä visuaalista ohjausta, jotta ongelmat eivät jää piiloon
8. Käytä ainoastaan luotettavaa, perusteellisesti testattua teknologiaa, joka palvelee ihmisiä ja prosesseja
LISÄARVON TUOTTAMINEN ORGANISAATIOON IHMISIÄ JA YHTEISTYÖKUMPPANEITA KEHITTÄMÄLLÄ
9. Kasvata johtajia, jotka ymmärtävät työn perusteellisesti, noudattavat filosofiaa ja opettavat sitä muille
10. Kehitä poikkeuksellisen etevä ihmisiä ja ryhmiä, jotka noudattavat yrityksen filosofiaa
11. Kunnioita yhteistyökumppaneilla ja alihankkijoilla laajennettua verkostoa tarjoamalla heille haasteita ja auttamalla heitä kehittymään
JATKUVA TAUSTAONGELMIEN RATKOMINEN EDISTÄÄ ORGANISAATIOIDEN OPPIMISTA
12. Mene itse paikan päälle, jotta ymmärrät tilanteen perusteellisesti
13. Tee päätöksiä hitaasti yksimielisyyden pohjalta kaikkia vaihtoehtoja perusteellisesti harkiten ja toteuta päätökset nopeasti
14. Tee yrityksestä oppiva organisaatio väsymättömän arvioinnin ja jatkuvan parantamisen kautta

Toyotan ajattelumalli toisen luokan toiminta keskittyy siis tuotantoprosessiin. Ajatusmallin pohjalta tuotantoprosessista pyritään poistamaan mahdollisimman tehokkaasti erilaisia hukkia, jotka eivät tuota yritykselle lisäarvoa. Prosesseista on tunnistettu seit-

semän eri lisäarvoa tuottamatonta hukkan tyyppiä, joiden poistamista voidaan hyödyntää tuotantolinjalla, vastaanotossa, tuotekehityksessä sekä toimistossa. (Liker 2010, 28.) Nämä seitsemän eri hukkan tyyppiä ovat

- ylituotanto
- odottelu
- tarpeeton kuljettelu
- ylikäsittely tai virheellinen käsittely
- tarpeettomat varastot
- tarpeeton liikkuminen
- viat. (Liker 2010, 28–29.)

Ylituotannolla tarkoitetaan sitä, että yritys valmistaa osia tai tuotteita, joista ei ole tuotantovaiheessa tilausta. Ylituotannosta aiheutuu yritykselle tarpeetonta henkilökunnan palkkaamista sekä ylimääräisiä varastointikustannuksia liiallisen varastoinnin vuoksi. Odottelu määritellään TPS:n mukaan työntekijöiden työajaksi, jolloin heillä ei ole varsinaista työtehtävää. Tällaista työaikaa voi olla esimerkiksi automatisoitujen työkoneiden valvominen tai tarvittavan työkalun vapautumisen odottaminen toisesta tehtävästä. Tarpeettomalla kuljettamisella tarkoitetaan materiaalien tai osien tarpeetonta kuljettamista varastoon, varastosta pois tai prosessista toiseen. Tarpeettomaan kuljettamiseen voidaan yhdistää TPS:n ylikäsittelyn käsite, jolla tarkoitetaan tuotteelle tehtävien tarpeettomien vaiheiden tai käsittelyn suorittamista. Ylikäsittelyn johdosta yritys saattaa tuottaa laadukkaampia tuotteita kuin on välttämätöntä. (Liker 2010, 28–29.)

TPS:n kolme viimeistä hukkaa ovat tarpeettomat varastot, tarpeeton liikkuminen sekä viat. Yrityksen on tärkeä huolehtia varastoistaan, sillä esimerkiksi liiallinen raaka-aineiden tai keskeneräisten tuotteiden varastointi voi aiheuttaa läpimenoaikojen pidentymistä ja myöhästyneitä toimituksia, osien vahingoittumista ja sitä kautta tuotteiden arvon alenemista. Yrityksen tulisi myös pystyä karsimaan tuotantoprosessistaan pois työntekijöiden tarpeeton liikkuminen. Tuotantolinja tulisi rakentaa niin, että työntekijän ei tarvitse esimerkiksi etsiä tai hakea työkaluja ja osia. Viimeisenä hukkan lajina TPS on määritellyt viat. Viat aiheuttavat yritykselle taloudellisia menetyksiä esimerkiksi sitä kautta, että viallisia osia joudutaan korjaamaan tai jopa heittämään pois. Viallisten osien korjaaminen aiheuttaa ylimääräistä työtä, josta aiheutuu ylimääräisiä kustannuksia. (Liker 2010, 28–29.)

Likerin (2010, 28–29) mukaan voidaan määritellä vielä kahdeksas hukan laji, joka on työntekijän luovuuden käyttämättä jättäminen. Liker tarkoittaa tällä sitä, että työnantaja ei hyödynnä riittävästi työntekijöidensä aikaa, ideoita ja taitoja sekä hukkaa oppimis- mahdollisuuksien ja taitojen parantamisen välinpitämättömyydellä. Työnantajan tulisi sitouttaa työntekijät sekä kuunnella heitä, jotta näin ei kävisi. Käytännössä tämä voi tarkoittaa esimerkiksi esimiehen piittaamattomuutta työntekijöiden kehitysehdotuksista tai koulutusmahdollisuuksista sekä esimiehen valtaa estää työntekijänsä urakehityksen omalla itsekkyydellään.

Tärkein hukanlaji Toyotan ajatusmallin mukaan on ylituotanto, jonka seurauksena kaikki muut hukanlajit voivat syntyä. Ylituotannon seurauksena syntyy enemmän tuotteita kun on tilattu, mistä seuraa tuotteiden tai osien ylimääräistä varastointia seuraavaa käsittelyä odotellessa. Ylisuuret varastot aiheuttavat ongelmia varastoitavien nimikkeiden muutoksenhallinnassa, taloudellisia haasteita, hitaasti kiertävän varaston sekä pitkän aikavälin tähtäimellä epäoptimaalista toimintaa, kuten motivaation alenemista jatkuvaa parantamista kohtaan. (Liker 2010, 29.) Noudattamalla TPS:n periaatteita, yritys voi kasvattaa tuottavuuttaan sekä laatuaan ja sitä kautta parantaa asiakassuhteita.

4.2.2 Lean-johtamisfilosofia

Lean-johtamisfilosofia pohjautuu suurelta osin Toyotan tuotantotehtaalla kehitettyyn Toyota Production Systemiin. TPS:n tapaan myös Lean pyrkii poistamaan seitsemää hukanlajia tuotannosta, jotta päästäisiin parempaan asiakastyytyvyyteen, lyhyempään läpimenoaikaan, pienempiin toiminnan kustannuksiin sekä parempaan laatuun. Lean tähtää siihen, että pystytään tekemään oikea määrä oikeanlaatuisia oikeita asioita oikeaan paikkaan ja oikeaan aikaan oikean laatusina. Tämän tavoitteen vuoksi Lean-filosofia voidaan yhdistää Toyotalta lähtöisin olevaan just-in-time (JIT) –filosofiaan. JIT pyrkii Leanin tapaan myös poistamaan tuotannosta hukkaa pienentämällä tarpeetonta kapasiteettia ja varastoa, sekä poistamaan arvoa tuottamattomia toimintoja. (Krajewski, Ritzman & Malhotra 2007, 348–349.) JIT:n avulla yritys pystyy tuottamaan palveluja ja tuotteita vain tarpeeseen, sekä määrittämään eri prosesseista saatavan todellisen arvon (Krajewski ym. 2007, 349).

Lean-malli voidaan karkeasti jaotella viiteen eri prosessivaiheeseen, jotka ovat

- asiakkaan arvon määrittäminen
- arvovirran määrittäminen (VSM)
- prosessin virtaus eli ”flow”
- imuohjaus asiakkaasta taaksepäin
- erinomaisuuden tavoittelu. (Liker 2010, 7.)

ISO 9001 –standardi sisältää määrittelyjä siitä, että prosesseja tulisi pystyä parantamaan jatkuvasti. Standardissa ei kuitenkaan oteta kantaa siihen millä keinoilla niitä voidaan parantaa (ISO 9001, 2015). Lean-filosofia tarjoaa eri työkaluja ja keinoja prosessien jatkuvaksi parantamiseksi. Lean-työkaluja ja -periaatteita (kuvio 3) on kuvattu Toyota talon ryhmitelmänä. Tavoitteiden saavuttamisen pohjana on vakaa tuotanto, joka saavutetaan standardoiduilla prosesseilla ja esimerkiksi hyödyntämällä visuaalista ohjausta (Kanban). Saavutettuaan stabiilin tuotannon tilan, yritys voi pyrkiä parantamaan tuotannon laatua ja tuottavuutta eri työkalujen avulla. Lean-työkaluja ovat muun muassa VSM, imuohjaus, PDCA (Plan-Do-Check-Act), 5S sekä hukkien vähentäminen, josta puhuttiin TPS:n yhteydessä (luku 4.2.1). (Krajewski ym. 2007, 212, 349–356.)



KUVIO 3. Lean-työkalut ja -periaatteet kuvattuna Toyota talon avulla. (Logistiikan maailma, 2015)

Lean-filosofian tavoitteleman vakaan tuotannon toteuttamisen perustana on Kanban, joka onnistuessaan mahdollistaa yritykselle JIT-toiminnan tuotannossa. Kanban auttaa yritystä määrittämään mitä pitää tuottaa, missä tuotetaan ja kuinka paljon tuotetaan. Kanban hyödyntää visuaalisia kortteja, joilla määritetään puskureiden ja varastojen koot. Kanban-prosessissa on tärkeää määrittää visuaalisten korttien oikea määrä, sillä liian suuri korttimäärä kasvattaa tuotannon läpimenoaikaa sekä varastoa. Liian vähäinen korttien määrä aiheuttaa puolestaan resurssien käyttöasteen alenemista prosessien joutuessa odottamaan toimitusta. (Krajewski ym. 2007, 356.) Kanban toimii esimerkiksi kiinnittämällä laatikon sisältöä ja sisällön määrää kuvaavat kortit kahteen raaka-aineita sisältävään laatikkoon. Toinen laatikko on tuotannon saatavilla ja toinen varastossa. Tuotanto kuljettaa raaka-aineista tyhjenneen laatikon varastoon ja ottaa varastosta täyden laatikon tyhjenneen tilalle. Tyhjä laatikko toimii signaalina, jolloin raaka-ainetarpeista lähetetään toimittajalle ostotilaus. Tällöin varastossa odottaa aina täysi laatikko tuotannossa tyhjentyneen tilalla, eikä tuotantoprosessi katkea osapuutteiden takia. (Krajewski ym. 2007, 356.)

Saavutettuaan stabiilin tuotannon yritys voi ottaa käyttöön tuotannon työkaluja ylläpitääkseen saavutetun tuotantotilan. Lean-filosofian keskeinen tuotannon työkalu on imuohjaus, joka linkittyy Kanbanin tavoin JIT-tavoitteeseen. Imuohjauksella pyritään kehittämään materiaalivirtaa niin, että tuotannon eri vaiheet imevät tarvittavia materiaaleja edellisiltä vaiheilta vain tarpeen mukaan. Imuohjaus perustuu varastojen pienentämiseen, sillä ylimääräiset varastot aiheuttavat kustannuksia ja piilottavat siten prosesseissa ilmeneviä ongelmia. (Krajewski ym. 2007, 349.) Imuohjauksen toteutuksessa voidaan hyödyntää esimerkiksi Kanban-ohjauskortteja, jotka viestivät tuotannon eri vaiheille kulloisenkin valmistustarpeen.

Parantaakseen tuotantoprosessinsa laatua ja vähentääkseen hukkia yritys voi hyödyntää 5S-työkalua. 5S tavoittelee viiden eri osa-alueen avulla parempaa laatua ja turvallisuutta, pyrkii luomaan visuaalisesti miellyttävän työympäristön sekä poistamaan arvoa tuottamattomat toiminnot vähentämällä hukkaa. 5S pyrkii yksinkertaistamaan työympäristöä ja prosesseja. 5S-työkalua voidaan käyttää niin tuotantotiloissa kuin toimistossakin. Esimerkiksi Sandvikin Tampereen tehtaalla 5S on käytössä koko tehtaalla laajuisesti. Taulukossa 4 on kuvattu 5S-työkalun osa-alueet. (Krajewski ym. 2007, 353.)

TAULUKKO 4. 5S-työkalun vaiheet (Krajewski ym. 2007, 353)

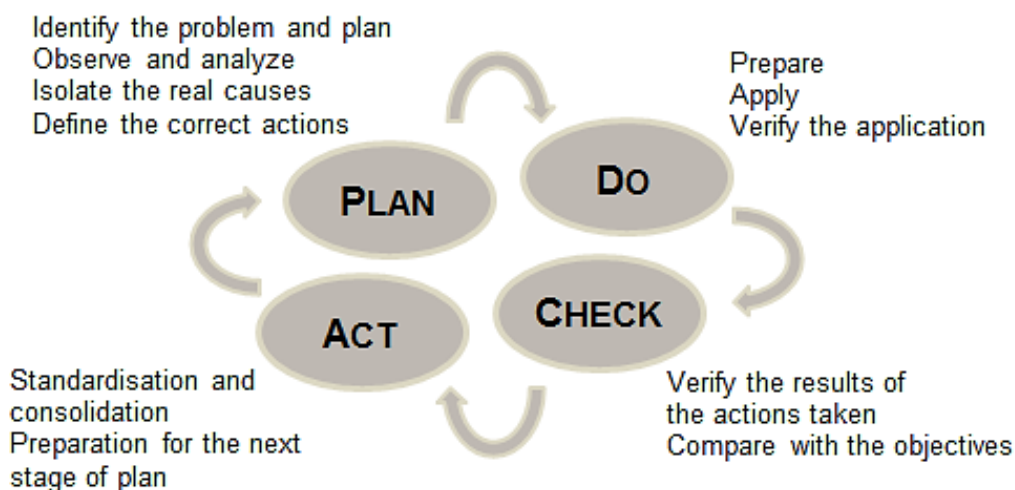
5S Term	Defination
Sort (Sorteeraa)	Separate needed from unneeded items (including tools, parts, materials, paper-work), discard the unneeded.
Straighten (Systematisoi)	Nealty arrange what is left, with a place for everything and everything in its place. Organize the work so that it is easy to find what is needed.
Shine (Siivoa)	Clean and wash the work area and make it shine.
Standardize (Standardisoi)	Establish schedules and methods of performing the cleaning and sorting. Formalize the cleanliness that results from regularly doing the first three S practices so that perpetual cleanliness and a state of readiness is maintained.
Sustain (Seuraa)	Create discipline to perform the first four S practices, whereby everyone understands, obeys, and practices the rules when in the plant. Implement mechanisms to sustain the gains by involving people and recognizig the via performance measurements system.

Kanban, imuohjaus ja 5S keskittyvät tarkemmin prosessin vaiheiden parantamiseen koko prosessin arvovirran huomioimisen sijaan. Lean on määritellyt koko arvovirran määrittelemiseen työkalun, jotka kutsutaan VSM:ksi (Value Stream Mapping). VSM on työkalu, jonka avulla yritys pystyy tunnistamaan laajemmin mahdolliset parannustarpeet ja sitä kautta konkretisoimaan ja priorisoimaan ne. (Väisänen, 2013a.) VSM:n avulla voidaan kuvata tarkasti tuotannon prosessien eri vaiheet, yhteydet, taajuudet, prosessijat sekä varastojen määrät. Väisänen (2013a) mukaan tunnistamalla prosessin vaiheet yritys pystyy määrittelemään tuotannon nykytilan, tunnistamaan kehityskohteet sekä kyseenalaistamaan nykyiset toimintatavat. Kyseenalaistaminen ja uudelleen ajattelu mahdollistaa prosessien kehittämisen.

VSM:n avulla voidaan kuvata koko tuotantoprosessi. Kuvauksesta nähdään kuinka tuotantoprosessin eri vaiheet linkittyvät toisiinsa ja kuinka ne kommunikoivat tuotannonohjauksen sekä toistensa kanssa. VSM:n hyötynä prosessista pystytään tunnistamaan hukan lähteet, mahdolliset ongelmat ja pullonkaulat, materiaalivarastot sekä turvallisuus- ja laitepuutteet. (Väisänen, 2013a.) Yrityksen tuotantoprosessissa voi olla jopa 60 % hukkaa, joka voidaan paikallistaa ja poistaa VSM:n avulla (Krajewski ym. 2007, 360).

Säilyttääkseen tuotteiden laadun ja stabiilin tuotannon yrityksen tulee pystyä parantamaan toimintaansa jatkuvasti. Jatkuvan parannuksen avulla yritys pystyy myös muuttamaan toimintaansa asiakkaiden tarpeita vastaavaksi. Jatkuvan parantamisen työkaluna yritys voi hyödyntää Lean-filosofian määrittelemää PDCA-työkalua. PDCA on William

Demingin kehittämä ongelman ratkaisumalli ja kehittämismenetelmä. PDCA:n (kuvio 4) avulla voidaan esimerkiksi löytää prosessista arvoa tuottamattomat vaiheet ja löytää prosessin toimintamallille vaihtoehtoinen ratkaisu. (Krajewski ym. 2007, 212.)



KUVIO 4. PDCA-menetelmän vaiheet. (Krajewski ym. 2007, 212)

4.2.3 Six Sigma

Six Sigma pohjautuu Philip B. Crosby'n luomaan teoriaan nolla-virhe –tuotannon saavuttamisesta (Väisänen, 2013b). Six Sigma on laatutyökalu, jolla yritys voi pyrkiä vähentämään virheiden määrää vähentämällä lopputuotteiden laadun vaihtelua. Verrattaessa Six Sigmaa ja Leania huomataan, että Six Sigma keskittyy vaihtelun minimoimiseen, kun Lean keskittyy hukkan poistamiseen. Six Sigma on ennen kaikkea johtamisjärjestelmä, jonka avulla yritys voi saavuttaa kestävästi liiketoimintamallin. Six Sigman avulla yritys pystyy määrittelemään omaa toimintavalmiuttaan eri prosesseissa ja sitä kautta se voi pyrkiä saavuttamaan virheettömän tuotannon. (George 2002, 16.) Six Sigma on määrittänyt tuotannossa ilmeneville virheille kuusi eri sallintatasoa (taulukko 5) miljoonaa mahdollisuutta kohden (George 2002, 16). Six Sigman määrittelemä heikoin taso on 1 (1 sigma), jolloin miljoonaa mahdollisuutta kohden sallitaan 690 000 virhettä. Opimalla vaativin taso on 6 (6 sigma), jolloin miljoonaa mahdollisuutta kohden sallitaan vain 3,4 virhettä.

TAULUKKO 5. Six Sigman kuusi laatutasoa. (George 2002, 16)

Sigma Level	Defects per Million Opportunities	Yield
6	3,4	99,9997%
5	233	99,977 %
4	6 210	99,379 %
3	66 807	93,32 %
2	308 537	69,20 %
1	690 000	31 %

Six Sigma on sisällöltään asiakaslähtöinen, sillä asiakkaiden tarpeiden ja niiden ylittäminen on keskeistä Six Sigmassa. Six Sigman mukaan vaihtelun pienentämisellä pyritään siihen, että yritys pystyy tuottamaan täysin asiakkaan tarpeita vastaavan lopputuotteen asiakkaan toivomassa ajassa (George 2002, 18). Six Sigmaa voidaan käyttää tuotteissa ilmenevien virheiden ja vikojen vähentämisen lisäksi myös markkinointiin ja strategiaan kohteisiin.

Six Sigma käyttää kahta työkalua: DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) ja DOE (Design of Experience). DMAIC on järjestelmällinen tapa ratkaista ongelmia ja kehittää niihin ratkaisuja. DMAIC määrittelee ongelman, tutkii prosessia, jossa havaittu ongelma ilmenee, selvittää ongelman lähteitä, ratkaisee kuinka ongelma pystytään poistamaan prosessista sekä selvittää keinon ehkäistä ongelmien uudelleen syntymistä. (George 2002, 25.) DOE pyrkii löytämään prosesseista vaihtelun lähteitä, selvittämään eri ongelmanaiheuttajien keskinäisiä vaikutuksia ja siten optimoimaan prosessia. (George 2002, 26-27.)

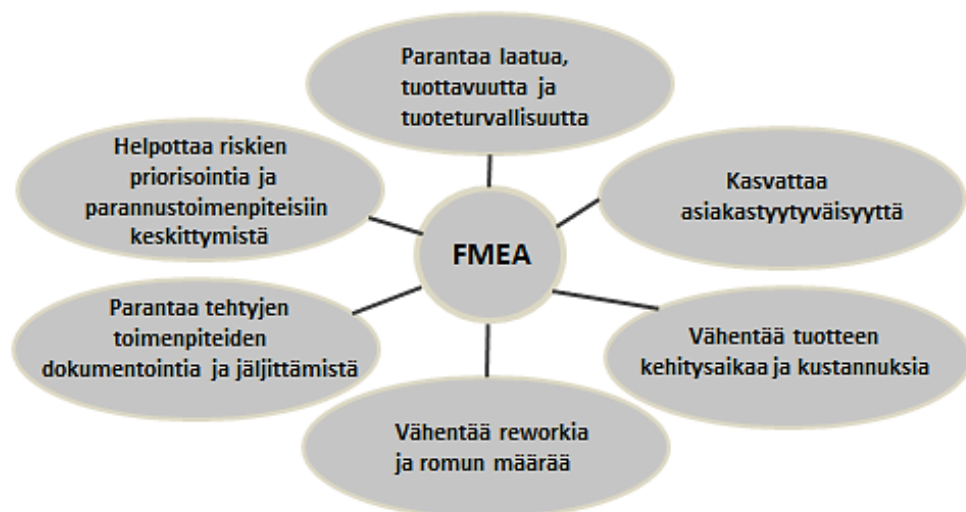
DMAIC-työkalua käytettäessä Define-vaiheessa voidaan hyödyntää SIPOC-työkalua. SIPOC (Supplier, Input, Process, Output, Customer) on työkalu, jonka avulla voidaan määrittää prosessin eri vaiheet. SIPOC:n avulla saadaan selville myös valmistusvaiheita ja prosesseja, joilla on vaikutusta laatuun. Näitä kutsutaan nimellä critical-to-quality (CTQ). (George 2002, 183–185.) Taulukossa 6 on esitetty SIPOC:n vaiheiden periaatteet.

TAULUKKO 6. SIPOC-prosessin vaiheet. (George 2002, 184)

Supplier	The person/process/company that provides whatever is worked on in the process (raw material, a subassembly, information, etc.) The supplier may be an outside vendor or another division.
Input	The material or information provided.
Process	The internal steps (both those that add value and those that do not add value).
Output	The product, service, or information being sent to the customer (preferably emphasizing critical-to-quality features).
Customer	The next step in the process or the final customer.

4.3 FMEA – vika- ja vaikutusanalyysi

FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) on Six Sigmaan sekä Lean-filosofiaan linkittyvä työkalu, jolla prosesseista voidaan tunnistaa ongelmia ja niiden vaikutuksia. FMEA:n avulla pystytään arvioimaan ja tunnistamaan mahdollisia ongelmia ja vikoja sekä niiden aiheuttajia jo ennen niiden ilmestymistä prosessissa. FMEA on työkalu, jonka avulla prosessien laatua voidaan parantaa jo varhaisessa tuotantovaiheessa. Ongelmien ja virheiden varhainen tunnistaminen mahdollistaa tarvittavien korjaustoimenpiteiden tekemisen riittävän aikaisessa vaiheessa tuotantoprosessia ennen lopputuotteen siirtymistä asiakkaalle. FMEA:n avulla voidaan vikojen tutkimisen lisäksi tutkia myös itse prosesseja ja toimintatapoja ja niiden mahdollisia riskejä. (Forrest, i Six Sigma.) FMEA:n hyötyjä on esitetty kuviossa 5.



KUVIO 5. FMEA:n hyödyt. (Karjalainen & Karjalainen, 2002)

5 TUOTTAVUUDEN PARANTAMINEN

Yrityksen tuottavuutta voidaan parantaa eri keinoin. Edellisessä luvussa käsiteltiin eri laatutyökaluja ja toimintatapoja, joiden avulla voidaan parantaa laatukulttuuria ja tehdä laatutoiminnasta läpinäkyvämpää sekä kasvattaa tuottavuutta. Tuottavuuteen voidaan kuitenkin vaikuttaa myös huomioimalla ja korjaamalla prosessin ongelmakohtia, kuten esimerkiksi tuotantolinjalle syntyneitä pullonkauloja.

5.1 Pullonkaulailmiö

Pullonkaulailmiöksi kutsutaan ilmiötä, joka ilmenee tuotannon eri vaiheissa aiheuttaen esimerkiksi jonoa jollekin työpisteelle ja siten aiheuttaa muun muassa läpimenoaikojen pidentymistä. Modigin ja Åhlströmin (2013, 37) mukaan pullonkaulat ovat prosessin vaiheita, joko osaprosesseja tai yksittäisiä toimintoja, jotka rajoittavat läpimenoa. Lähtökohtaisesti koko tuotantoprosessin läpimenoaika riippuu siitä prosessin vaiheesta, jolla on pisin jaksoaika. Jaksoajalla tarkoitetaan keskimääräistä aikaa, joka kuluu esimerkiksi yhden tuotteen valmistukseen yhdessä tuotantoprosessin vaiheessa. Prosessin pullonkaulan voidaan todeta olevan se vaihe, jonka läpivirtaus on pienintä ja siten sen määritellään rajoittavan koko prosessin läpivirtausta (Modig & Åhlström 2013, 35, 37-38).

Pullonkaulailmiölle voidaan määritellä kaksi ominaispiirrettä. Ensimmäisen piirteen mukaan pullonkaulan eteen muodostuu aina jono. Jono muodostuu riippumatta siitä mitä prosessin läpi virtaa. Toinen selkeä piirre on se, että pullonkaulan jälkeiset prosessivaiheet joutuvat odottelemaan vuoroaan ja sitä kautta toimivat niin sanotusti tyhjäkäynnillä. (Modig & Åhlström 2013, 38.) Pullonkauloja syntyy kahdesta syystä. Ensimmäinen aiheuttaja on tuotantoprosessin järjestys. Prosessi täytyy aina suorittaa tietyssä järjestyksessä, mitä on käytännössä vaikea välttää. Toinen aiheuttaja on prosessin vaihtelu. Myös vaihtelua on käytännössä mahdotonta välttää. Vaihtelua aiheuttavat kolme eri tekijää, jotka ovat resurssit, virtausyksiköt ja ulkoiset tekijät. Resursseilla tarkoitetaan muun muassa työkoneita, jotka voivat olla epäkunnossa aiheuttaen prosessin vaiheen läpimenoajan vaihtelua. Virtausyksiköiden vaihtelua ovat esimerkiksi työstettävissä tuotteissa ilmenevät viat ja ongelmat. Vaihtelua aiheuttava ulkoinen tekijä on esi-

merkiksi äkillisesti kasvanut tilausten määrä, johon tuotanto ei pysty vastaamaan vaaditulla nopeudella. (Modig & Åhlström 2013, 39-40.)

Sandvikin Tampereen tehtaan tuotannossa vaihtelua voivat aiheuttaa esimerkiksi resurssit eli asentajien sairauspoissaolot sekä uusien asentajien palkkauksesta aiheutuva hetkellinen resurssien vajavuus, joka johtuu asentajien perehdyttämiseen kuluvasta ajasta. Virtausyksiköiden vaihtelua voi olla muun muassa alihankkijan tuotannossa syntyneet laatupoikkeamat, jotka ilmenevät vasta loppukokoonpanossa. Ulkopuolista vaihtelua voi aiheutua loppuasiakkaan toiveesta kokoonpanon aikana tehtäviin myyntispesifikaation ja laiterakenteen muutoksiin, jotka aiheuttavat muutoksia esimerkiksi loppukokoonpanon aikataulussa ja kuormituksessa.

5.2 Laadun merkityksen ymmärtäminen

Globaalit markkinat muuttuvat jatkuvasti ja yritysten tulee pystyä sopeutumaan nopeisiin muutoksiin. Jotta yritykset säilyttävät kilpailukykynsä markkinoilla, tulee niiden pystyä parantamaan omaa tuottavuuttaan. Tuottavuuden parantamiseen on monia tapoja, mutta ainoa työtä ja myyntiä lisäävä tapa on laadun parantaminen. W. Edwards Deming käsitteli kirjassaan ”Out of the Crisis” tuottavuuteen liittyviä ongelmia ja esitteli ongelmanratkaisuksi laadun parantamisen. (Karjalainen, 2015.) Jotta yritys pystyy kasvattamaan tuottavuutta parantamalla laatua, tulee heidän ensin ymmärtää mitä laatu on ja minkälaista laatua he tuotteiltaan haluavat. Laatua voidaan tutkia useista eri näkökulmista, joiden pohjalta voidaan määritellä tavoiteltu laatu. Laatu voi olla esimerkiksi nopeutta, ketteryyttä, käytettävyyttä ja luotettavuutta. Laadun käsitteen määrittely määrittää toimenpiteet, joilla haluttua laatua voidaan tavoitella.

Laadun parantaminen on seurausta tehdystä muutoksesta. Muutoksia voidaan tehdä kahdella tavalla. Yritys voi tutkia nykyisiä toimintamallejaan etsien niistä mahdollisia puutteita ja parannusehdotuksia asiakkaan näkökulmasta tai yritys voi kehittää täysin uuden toimintamallin tuntematta nykyistä toimintatapaa. (Karjalainen, 2015). Yritykset kohtaavat kuitenkin parannusprosessissa nopeasti mahdollisia ongelmia, sillä parannukset vaativat muutoksia, mutta kaikki muutokset eivät välttämättä tuo toivottua parannusta. Yritysten tulee tutkia mahdollisia uusia muutoksia eri näkökulmista, jotta saadaan selville muutoksesta aiheutuvat hyödyt ja haitat. Muutoksen seurauksia tutkiessa voi-

daan esimerkiksi pohtia kolmea kysymystä: Mitä muutoksella halutaan saavuttaa? Kuinka tiedämme, että muutos on parannus? Mitä muutoksia tulee tehdä, jotta tuloksena on parannus? (Karjalainen, 2015).

Laadukkaiden tuotteiden tuottaminen ja laadun ylläpitäminen ei ole yritykselle kuitenkaan ilmaista. Riippumatta siitä miten ja millä tasolla yritys toteuttaa laatua, aiheuttaa se kustannuksia. Kuviossa 6 on esitetty yritykselle laadusta aiheutuvia kustannuksia. Yrityksen tulee ylläpitää sekä kehittää jatkuvasti jo olemassa olevaa laatu järjestelmäänsä säilyttääkseen kilpailukykyensä ja vastatakseen asiakkaiden tarpeisiin. Kehittämisestä aiheutuvat investointikustannukset ovat niin sanotusti positiivisia kustannuksia, sillä niiden avulla yritys pystyy kasvattamaan myös tuottavuuttaan. Positiivisiin investointikustannuksiin kuuluu myös valvonnasta aiheutuvat kustannukset. (Kakkonen, 2013.) Esimerkiksi Sandvikin Tampereen tehtaalla on tärkeää pystyä kehittämään laitteiden testausta jatkuvasti niin, että testaus on mahdollisimman tehokasta ja luotettavaa kuitenkaan kasvattamatta kustannuksia tai testaukseen käytettävää tuotantokapasiteettia. Testauksen kehittämisessä tulee myös huomioida muuttuvat markkinat ja asiakasvaatimukset, joihin vastaamalla yritys pystyy säilyttämään markkina-asemansa ja sekä ylläpitämään korkean asiakastytyvyyden.

Laatukustannusten PAFF-malli

(Prevention Costs, Appraisal Costs, Failure Costs (internal), Failure Costs (external))



KUVIO 6. Yritykselle aiheutuvat laatukustannukset esitetynä PAFF-mallin avulla. (Kakkonen, 2013)

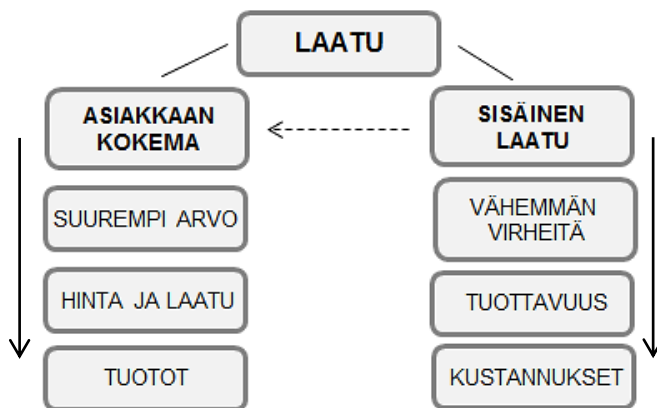
Sijoittamalla investointikustannuksiin yritys pystyy pienentämään heikosta laadusta aiheutuvia kuluja. Esimerkiksi tuotantolinjalla löytynyt kokoonpanovirhe tai laitteen toiminnallisuuteen liittyvä virhe aiheuttavat ylimääräisiä kustannuksia jo menetettynä valmistuskapasiteettina. Välttääkseen virheiden löytymistä myöhäisissä tuotantovaiheissa, valmistettavalle tuotteelle tehtäviä tarkastuksia tulee ajoittaa mahdollisimman aikaiseen vaiheeseen. Tällöin tuotannolla on enemmän aikaa korjata viat ja ongelmat ennen lopputuotteen asiakkaalle toimitusta. Virheellisen lopputuotteen lähettämisestä asiakkaalle aiheutuu suurimmat kustannukset ja tappiot. Yritys voi joutua maksamaan asiakkaalle laitteen korjauksesta aiheutuvia kustannuksia tai esimerkiksi korjaukseen käytetystä ajasta aiheutuvia tuotannollisia tappioita. Virheellisten tuotteiden toimittamisen myötä myös asiakassuhteet kärsivät ja yritys voi menettää asiakkaita epäluotettavana toimittajana, minkä seurauksena yrityksen myynti heikkenee. (Kakkonen, 2013.)

6 TUOTANNON JA LAITEVALMISTUKSEN RAKENNE

Sandvikin Tampereen tehtaan laitteiden tilaus-toimitus –prosessi koostuu useista eri osista ja eri henkilöiden yhteistyöstä. Tampereen tehtaalla kokoonpantaville laitteille on määritetty tarkka vaihemalli, jonka mukaan laitteen kokoonpano aikataulutetaan ja kuormitetaan. Laitteen kokoonpanon läpiviemiseen osallistuu henkilöitä eri organisaatioista. Yhteistyöllä pyritään saavuttamaan tavoite eli virheettömän laitteen toimittaminen asiakkaalle aikataulun mukaisesti.

6.1 Organisaatiot

Laatu ja yrityksen menestyminen ovat sidoksissa toisiinsa (kuvio 7). Hyvä laatu näkyy yritykselle kustannussäästöinä, parempana tuotantokapasiteettina sekä työn tuottavuuden parantumisena. Lisäksi hyvä laatu vastaa asiakkaan etua ja mahdollistaa paremman hinnoittelun, mikä parantaa yrityksen kilpailuasemaa. (Kinkki, Hulkko, Lehtinen-Toivola & Mäkinen 1997, 41–42.) Jotta yritys saavuttaisi tuotteiden hyvän laadun, tulee laatuajattelu jalkauttaa yrityksen jokaiseen organisaatioon. Laatuajattelua pidettiin aiemmin vain tuotantoa ja tuotannon organisaatioita koskevana käsitteenä, mutta nykyisin laatuajattelun sijaan puhutaan laadunvarmistuksesta ja laatujohtamisesta, joilla tähdätään korkeampaan asiakastyytyväisyyden ja prosessien jatkuvaan kehittämiseen kaikissa organisaatioissa. (Rissanen, Sääsäski & Vornanen 1996, 81–82.)



KUVIO 7. Laadun yhteys yrityksen menestykseen. (Kinkki ym. 1997)

Sandvikin Tampereen tehtaalla tuotannon ja laadun organisaatiot toimivat yhteistyössä muiden sidosryhmien kanssa halutun tavoitteen saavuttamiseksi. Organisaatioiden toiminta ulottuu koko tehtaalla laitevalmistukseen laitemallista ja –tyypistä riippumatta. Tässä luvussa on kuvattu laatu- ja tuotanto-organisaatioiden rakennetta ja toimintaa sekä pohdittu organisaatioilta vaadittavaa yhteistyötä, jota tavoitteenmukaiselta laitekokoonpanolta odotetaan.

6.1.1 Tuotanto-organisaatio

Tuotanto-organisaatio vastaa kaikista Tampereen tehtaalla kokoonpantavista laitemalleista. Tuotanto-organisaatiossa on jaettu vastuita esimerkiksi loppukokoonpanon, modulkokoonpanojen, alihankinnan ja logistiikan kesken. Tuotanto pyrkii valmistamaan laadukkaita laitteita määrättyyn kokoonpano-aikaan. Laitteiden läpimenoaikojen vaihtelu riippuu valmistettavasta laitemallista sekä erityisesti maanalaisissa laitteissa laitespesifikaatiosta. Pintaporolaitteissa läpimenoaika on vakioitunut laitemallien mukaiseksi eikä myyntispesifikaation muutokset aiheuta tietyn laitemallin läpimenoajoissa eroja. Tuotannon toiminnan sujuvuuteen vaikuttavat osapuutteet, työntekijöiden perehdytys ja koulutuksen ylläpito, kapasiteetin hallinta sekä myynnin laitespesifikaatioennusteiden ja suunnittelutyön onnistuminen. (Vataja 2016.)

Tuotannon toimivuutta mitataan laitteiden kokoonpanon vaiheajoja ja läpimenoajoja seuraamalla. Lisäksi asentajat tekevät havaitsemistaan laatupoikkeamista JAPA-ilmoituksia (Jatkuva parantaminen). Kirjatessaan laatupoikkeamia asentajat tekevät poikkeamista missed/found –luokittelua. JAPA-ilmoitukseen voidaan kirjata havaitun laatupoikkeaman oletettu syntypaikka sekä tieto siitä, missä prosessin vaiheessa laatupoikkeama havaittiin. Missed-havainnolla tarkoitetaan laatupoikkeamaa, jota ei ole havaittu poikkeaman syntypaikassa vaan se on löydetty vasta prosessin myöhemmässä vaiheessa. Laatupoikkeamien missed/found –havaintojen tekeminen on oleellista prosessin sujuvuuden kannalta, jotta laatupoikkeamat voitaisiin huomata mahdollisimman aikaisessa vaiheessa prosessia ja niiden korjaamiseksi jäisi riittävästi aikaa. (Vataja 2016.)

Laatupoikkeamien missed/found –luokitteluun sisältyy kuitenkin prosessin sujuvuuden ja luotettavuuden kannalta riskejä. Jotta laatupoikkeamien ja niiden syntypaikkojen poh-

jalta voidaan luotettavasti ennaltaehkäistä uusien laatupoikkeamien syntymistä ja kehittää prosessia, tulee niiden kirjaajan tuntee tuotannon prosessi hyvin. Sandvikin Tampereen tehtaalla tuotantoprosessi on pilkottu ja vaiheistettu useisiin osiin. Tuotannonkehityksen kannalta on oleellista pystyä määrittelemään laatupoikkeamien syntypaikat luotettavasti, jotta tuotannon kehitystoimenpiteet pystytään suuntaamaan oikeisiin tuotantoprosessin vaiheisiin. Kehitystoimenpiteillä ei ole yrityksen tuottavuuden ja laadun parantamisen kannalta merkitystä, jos kehitystoimenpiteitä tehtäessä ole tiedossa miten ja miksi jotain tulisi tehdä ja mitä parannusta kehitystoimenpiteillä tavoitellaan.

6.1.2 Laatuorganisaatio

Laatuorganisaatio vastaa kaikista Tampereen tehtaalla sekä alihankinnassa kokoonpantavista laitemalleista. Laatuorganisaatio vastaa valmistettavien laitteiden kokoonpanovaiheiden laadunvarmistuksesta. Laatuorganisaatiolle kuuluu toimittajavastuu virheellisten tuotteiden reklamoinnin osalta sekä tuotantoa koskevat laadulliset vastuut, kuten tarkastuspöytäkirjojen ylläpito, laadullisten dokumenttien laatiminen sekä laatupoikkeamien käsittely. Lisäksi laatuorganisaatio voi toteuttaa yhteistyössä hankinnan kanssa toimittajiin liittyviä laadullisia kehitysprojekteja. (Parviainen 2016.)

Laatuorganisaatio työskentelee tuotannon lisäksi tiiviisti myös suunnittelun kanssa. Laatuorganisaatio voi ratkoa suunnittelun kanssa pienempiä laatuun ja komponenttien suunnitteluun liittyviä ongelmia tai yhteistyö voi koskea suurempia koko laitetta koskevia suunnittelumuutoksia. Esimerkiksi tuotannossa löytyneestä suunnitteluvirheellisestä osasta laatuorganisaatio tekee suunnittelulle ongelmaraportin. Ongelmaraportin tarkoituksena on tuottaa suunnittelulle impulssin kyseisen osan valmistuskuvien tai kokoonpanokuvien muuttamiseksi. Ongelmaraportti voi koskea myös muunlaisten laatupoikkeamien muutostarvetta. Tällöin laatuorganisaatio ja suunnittelu tekevät tiivistä yhteistyötä ongelman ratkaisemiseksi. Muutosilmoitusten käsittelyn lisäksi suunnittelu vastaa laadullisesti uustuoteprojekteista sekä tuotteiden ylläpitosuunnittelusta. (Parviainen 2016.)

Laatuorganisaation käyttämät laadun päämittarit ovat laiteauditoinnit sekä DPU-määrien (Defects per Unit) seuranta. Auditoidava laite pisteytetään määrättyissä kategorioissa arvioimalla virheitä ja ongelmia kriittisyyden mukaan. Auditointi toimii laatu-

työkaluna, jonka avulla voidaan nostaa paremmin esiin asiakastyytyväisyyteen vaikuttavia laatupoikkeamia. Auditoinneissa nousee esille esimerkiksi laitteen visuaaliseen laatuun vaikuttavia laatupoikkeamia. Auditoinneissa löytyvien laatupoikkeamien uudelleensyntymistä voidaan ennaltaehkäistä muuan muassa erilaisilla tuotannonkehitysprojekteilla, laadun parantamisella tai tuotantoprosessien kehityksellä.

Seuratumpi laatumittari on DPU, jolla seurataan laitekohtaisten laatupoikkeamien määrää. Laatupoikkeamat voivat olla toimittajalla, suunnittelussa ja kokoonpanossa aiheutuneita ongelmia. DPU:lla seurattavien laatupoikkeamien missed/found –havaintojen avulla pystytään seuraamaan myös ongelmien syntypaikkoja. Syntypaikkojen avulla voidaan tutkia ongelmia esimerkiksi solukohtaisesti, jolloin pystytään tutkimaan tarkasti laatupoikkeamien määrää ja syytä. Laatupoikkeamien keräämisessä ja seuraamisessa hyödynnetään Jatkuvan parantamisen –tietokantaa (JAPA), jossa työntekijät voivat tehdä ilmoituksia havaituista laatupoikkeamista. (Parviainen 2016.)

6.1.3 Tuotannon ja laadun yhteistyö

Tuotannon ja laadun yhteistyötä voidaan kuvata asiakassuhteena. Laatuorganisaatio on palveluorganisaatio, jonka asiakkaana on tuotanto. Laadun tehtävänä on tuottaa tuotannolle tarvittavaa tietoa, jotta tuotanto pystyy jatkamaan toimintaansa suunnitellusti. Jos tuotannossa olevassa laitteessa ilmenee ongelmia tai laatupoikkeamia, tuotannon intressi on saada laadulta tarvittava tieto ja toimenpiteet ongelman korjaamiseksi, jotta kokoonpanoa voidaan jatkaa aikataulun mukaisesti. (Parviainen 2016.) Tuotannon tehtävänä ei ole ongelmanratkaisu, vaan heidän on tärkeää havainnoida ja informoida löydetyistä ongelmista ja laatupuutteista, jotta laatuorganisaatio voi ratkaista ilmenneet ongelmat. Laadun on tärkeää tuoda ongelmiin ja laatupuutteisiin löydetyt ratkaisut näkyviksi myös tuotannossa, jotta seuraavan laitteen valmistuksessa voidaan kiinnittää huomiota aiempiin ongelmiin ja sitä kautta mahdollisesti välttää niiden uudelleensyntyminen. (Vataja 2016.)

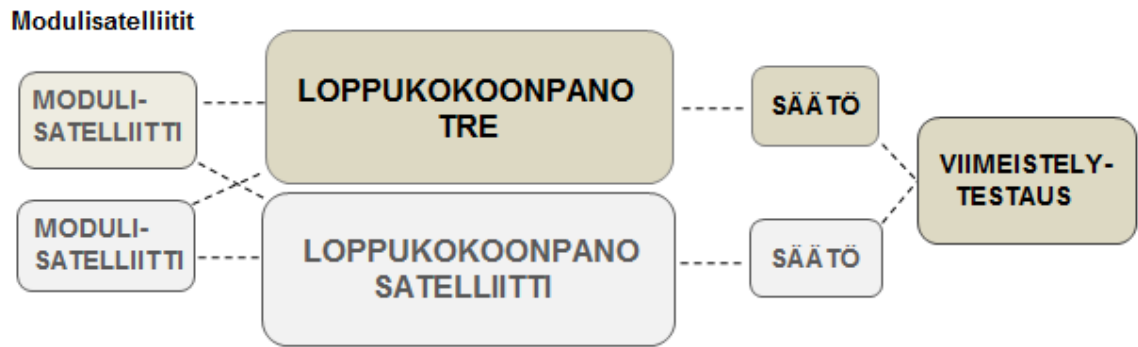
Jos kokoonpanossa olevassa laitteessa ilmenee ongelma, tuotanto haluaa laadun selvittävät ongelman juurisyyn ehkäistäkseen saman ongelman syntymisen muissa työllä olevissa laitteissa. Ongelman juurisyyn selvittämisessä ja korjaamisessa käytetään kolmea eri toimenpidettä: välittömät toimenpiteet, rajaavat toimenpiteet sekä korjaavat toimen-

piteet. Välittömät toimenpiteet koskevat yhdessä laitteessa ilmenneen ongelman korjaamista. Jos ilmenneen ongelman syntymistä pyritään ehkäisemään myös muissa työllä olevissa laitteissa, puhutaan rajaavista toimenpiteistä. Korjaavat toimenpiteet ovat esimerkiksi juurisyyn perusteella toimittajalle tehtäviä reklamaatioita. Laadun ja tuotannon yhteistyö ilmenee parhaiten välittömien ja rajaavien toimenpiteiden tuottamisessa. (Parviainen 2016.)

Yrityksen johdolta on saatu vahva tuki laatukulttuurin jalkauttamiseksi ja tuomiseksi entistä selvemmin osaksi Tampereen tehtaan tuotantoa. Lopputuotteiden parempaa laatua ei saavuteta ilman laatuun panostamista ja Tampereen tehtaan johto on merkittävässä asemassa siinä. Muutokset lähtevät ensisijaisesti johdosta ja heidän asenteistaan. Virheetön tuotanto on vaikeasti saavutettavissa, mutta panostamalla laatuun ja virheitä aiheuttaviin tekijöihin, kuten kiireeseen ja materiaalipuutteisiin, voidaan lopputuotteiden laatua parantaa asteittain. Tuotannon ja laadun yhteistyötä voisi kasvattaa enemmän myös muiden Sandvikin tuotantotehtaiden välillä, jotta toimivaksi todettuja toimintamalleja voitaisiin hyödyntää kaikkialla tuotannossa. (Vataja 2016.)

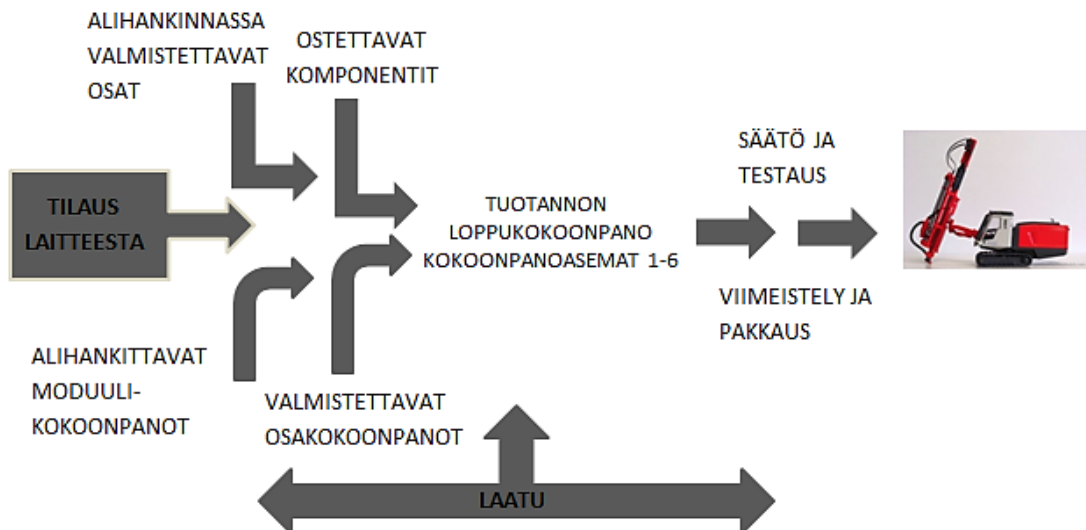
6.2 DPi –pintaporolaitteen toimitusketju

DPi –pintaporolaitteen toimitusketju rakentuu useista eri osista asiakkaan tilauksesta valmiin laitteen toimittamiseen asiakkaalle. Tällä hetkellä pintaporolaitteita valmistetaan kahdessa eri tuotantotilassa, Tampereen tehtaalla sekä alihankkijalla satelliitissa. Kuviossa 8 on esitetty karkeasti laitteen toimitusketju modulikokoonpanoista viimeistelyyn asti. Laitteen valmistus lähtee alihankkijoilta. Alihankinnassa valmistetaan modulikokoonpanoja, kuten voimayksikkö ja syöttölaite, jotka toimitetaan valmistuttuaan laitteen loppukokoonpanopaikasta riippuen joko Sandvikin Tampereen tehtaalle tai satelliittiin. Loppukokoonpanopaikassa laitteelle tehdään loppukokoonpanon jälkeen säätö. Riippumatta kokoonpanopaikasta laitteet tulevat Tampereen tehtaalle testaukseen ja viimeistelyyn, jonka jälkeen laite pakataan ja lähetetään asiakkaalle.



KUVIO 8. Poralaitteen toimitusketju modulisatelliiteista laitteen testaukseen.

Laitteen toimitusketjua voidaan tarkastella myös tarkemmin (kuvio 9). Tarkemmin tarkasteltuna laitteen toimitusketju alkaa asiakkaan tilauksesta. Tilauksen jälkeen laitteelle luodaan rakenne ja materiaalit, mikä luo ERP-järjestelmään materiaalivarauksia sekä laitteen valmistuksen ajankohdan. Laitteen rakenteen avaamisen jälkeen ostajat tekevät ostotilaukset tarvittavista komponenteista ja tuotanto määrittää laitteen modulikokoonpanoille ja loppukokoonpanolle sopivan aloitusajankohdan ja kuormituksen. Määritetyn aikataulun mukaan alihankkijat alkavat valmistaa moduulikokoonpanoja, jotka toimitetaan valmistuspaikkaan loppukokoonpanoa varten määrättyyn päivään mennessä. Myös oston tulee huolehtia, että osto-osat saapuvat ajoissa tuotantoon.



KUVIO 9. Laitteen toimitusketju asiakkaan tilauksesta toimitukseen.

Modulikokoonpanojen valmistuksen rinnalla aloitetaan laitteen loppukokoonpano. Loppukokoonpano kulkee Tampereen tehtaalla tuotantolinjalla, jossa on kuusi eri kokoonpanoasemaa. Tuotannon loppukokoonpanossa Pantera DPi –sarjan pintaporalaitteet

noudattavat joustavasti, mutta johdonmukaisesti, standardityöjärjestystä, joka suunniteltiin opinnäytetyöprojektina (Länsimies, 2013). Standardityöjärjestystä käytettiin sähköisen tarkastus- ja testauspöytäkirjan rakenteen pohjana. STD-työjärjestyksen avulla pystyttiin määrittämään uudelle tarkastuspöytäkirjalle johdonmukainen järjestys niin, että tuotannon loppukokoonpanojärjestys ja tarkastuspöytäkirja tukevat toisiaan.

Loppukokoonpanon jälkeen pintaporalaite kulkee säätöön ja testaukseen. Säädössä tehdään muun muassa tarvittavat venttiilien paineiden säädöt sekä komponenttien kalibrointeja. Testauksessa laite esimerkiksi koeporataan joko testipenkkiin tai kiveen. Testauksesta laite viedään viimeistelyyn, jossa siihen esimerkiksi asennetaan kateet sekä kiinnitetään tarrat ja turvaohjeita sisältäviä kilpiä. Lopuksi laite kulkee pakkaamoon, jossa se viimeistellään ja lastataan asiakkaalle toimitusta varten. Pakkaamossa muun muassa pakataan käyttö- ja turvaohjeet laitteen mukaan. Laatu osallistuu poralaitteen toimitusketjun kaikkiin vaiheisiin varmistaen ja auttaen laadukkaan lopputuotteen saavuttamisessa. Laatu muun muassa auttaa kokoonpanon aikana ilmenneiden ongelmien ratkaisussa ja pyrkii ehkäisemään havaitun ongelman syntymisen muissa työllä olevissa laitteissa.

7 TUOTANNON LÄHTÖTILANNE

Sähköisen tarkastus- ja testauspöytäkirjan kehittämisen kannalta oli tärkeää tarkastella tuotannon lähtötilannetta eri näkökulmista. Lähtötilanteen kartoituksessa tarkasteltiin toimitusketjun rakennetta, laitteiden tarkastus- ja testausprosessin sisältöä kokoonpanon eri vaiheissa sekä laitteiden standardi kokoonpano- ja työjärjestystä. Lähtötilannetta kartoittamalla pyrittiin selvittämään nykyprosessin vahvuuksia ja heikkouksia sekä sitä kautta nostamaan esiin projektissa huomioitavia mahdollisia rajoitteita ja kehitysmahdollisuuksia.

7.1 Tuotannon lähtötilanteen kartoitus

Tuotannon lähtötilanteen kartoituksessa otettiin huomioon eri tehtävissä työskentelevien henkilöiden kokemus ja näkemys poralaitetuotannosta. Lähtötilannetta lähdettiin avaamaan toimitusketjun rakenteen selvittämällä haastattelemalla muun muassa tuotanto-päällikköä, satelliitti- ja modulivastaavia, tuotannon työnjohtajia sekä laadun johtoa (luku 6.1 & 6.2). Kartoituksessa haastateltiin myös asentajia, jotka työskentelevät tiiviissä kontaktissa pintaporalaitteiden kanssa. Projektissa haastateltiin sekä maanalaisten poralaitteiden että pintaporalaitteiden asentajia. Maanalaisten poralaitteiden asentajilta pyydettiin käytännönkokemuksia heillä käytössä olevasta sähköisestä tarkastuspöytäkirjasta. Pintaporalaitteiden asentajia haastateltiin, jotta saatiin kerättyä tietoa nykyisestä tarkastus- ja testausprosessista, sen sisällöstä, heikkouksista ja vahvuuksista. Lisäksi asentajilta haluttiin kerätä alkuperäisen tarkastus- ja testauspöytäkirjan pohjalta tehtäviä kehitysehdotuksia, jotka huomioitiin sähköistä tarkastuspöytäkirjaa suunniteltaessa. Asentajien tietotaidon ja mielipiteiden huomioiminen koettiin tärkeäksi, sillä sähköisen tarkastuspöytäkirjan haluttiin palvelevan asentajien työtä parhaalla mahdollisella tavalla vaikeuttamatta tai hidastamatta päivittäistä työskentelyä.

Käyttäjahaastatteluiden lisäksi lähtötilanteessa kartoitettiin nykyisen tarkastus- ja testauspöytäkirjan sisältöä tutkimalla yksittäisiä alihankkijoilla käytössä olevia modulikokoonpanojen tarkastuspöytäkirjoja sekä tutustumalla tuotannon tarkastus- ja testauspöytäkirjaan. Modulikokoonpanojen pöytäkirjoista selvitettiin modulikokoonpanojen nykyisten tarkastusprosessien sisältö ja sisällön vastaavuutta todelliseen tarkastussisällön

tarpeeseen. Pintaporalaitteiden tuotannon tarkastusprosessin sisältöä selvitettiin tutkimalla tarkastusten sijoittumista loppukokoonpanon eri vaiheisiin sekä tutkimalla suoritettavien tarkastusten sisältöä. Lisäksi tarkasteltiin vastaavatko nykyiset tarkastukset lopputuotteelta vaadittua laatua ja mahdollistavatko ne vaaditun laadun saavuttamisen.

7.1.1 Alkuperäinen tarkastus- ja testauspöytäkirja

Alkuperäinen tarkastus- ja testauspöytäkirja oli jaettu useaan eri osa-alueeseen. Tarkastuspöytäkirja koostui moduli- ja osakokoonpanojen yksittäisistä tarkastuspöytäkirjoista sekä tuotannon tarkastus- ja testauspöytäkirjasta (liite 1), joka kattoi tarkastus- ja testausprosessin loppukokoonpanosta laitteen pakkaukseen asti. Alihankkijoiden modulkokoonpanojen tarkastuspöytäkirjojen täyttö suoritettiin alihankkijoiden toimesta. Modulikokoonpanon asentajat täydensivät tarkastuspöytäkirjan kokoonpanon yhteydessä, jonka jälkeen se toimitettiin Sandvikille. Sandvikilla tarkastuspöytäkirjasta kirjattiin määritellyistä komponenteista tarvittavat nimiketiedot ja sarjanumerot laitekohtaiseen konekorttiin. Lisäksi yksittäiset tarkastuspöytäkirjat liitettiin osaksi tuotannon tarkastus- ja testauspöytäkirjaa. Modulikokoonpanojen ja osakokoonpanojen tarkastuspöytäkirjat kattoivat seuraavat osa-alueet:

- telastokokoonpano ja voimayksikkö (voimansiirto)
- syöttölaite- ja lokasuojakokoonpano
- vesi- ja öljynjäähdytinkokoonpano, venttiilikeskus
- ohjaamon sähkö tarkastus
- loppukokoonpanon sähkö tarkastus

Tuotannon tarkastus- ja testauspöytäkirja kattoi pintaporalaitteen loppukokoonpanon osalta seuraavat osa-alueet:

- laitteen tyyppi ja tunnistetiedot
- loppukokoonpanon tarkastukset
- säätö ja testaus
- viimeistely
- pakkaus

Tuotannon tarkastus- ja testauspöytäkirjassa oli määritelty komponentit, joista asentajat keräävät tunnistetiedot laitekohtaiseen konekorttiin, loppukokoonpanon ja säädön aikaiset tarkastukset, testauksen vaiheet sekä viimeistelyssä ja pakkaamossa huomioitavat työvaiheet. Tuotannon tarkastus- ja testauspöytäkirjan rakenne noudatti otsikoiden osalta kokoonpanon vaiheistusta, mutta esimerkiksi loppukokoonpanon aikaiset tarkastukset eivät noudattaneet jaottelultaan standardityöjärjestystä.

Jokaisesta pintaporalaitteesta tehtiin kokoonpanon jälkeen konekortti, johon kerättiin lista määräytyistä nimikkeistä. Laitekohtaiseen konekorttiin on määritelty komponentit, joista asentajien keräävät kokoonpanon aikana sarjanumerotiedot komponenttien jäljitettävyyden varmistamiseksi. Jäljitettäviä komponentteja olivat esimerkiksi runko, moottori, syöttölaite ja sylinterit. Alihankkijat keräävät konekorttia varten myös joitakin nimikenumeroita, mutta loppukokoonpanossa asentajat keräävät vain sarjanumerotiedot. Konekortissa on esitettyä myös komponentteja, joista esitetään vain nimiketiedot.

7.1.2 Lähtötilanteen SWOT-analyysi

SWOT-analyysi (Strength, Weakness, Opportunity, Threat) on Albert Humphreyn kehittämä tutkimusmenetelmä, jossa voidaan selvittää nelikentän avulla esimerkiksi yrityksen tai organisaation tämänhetkistä tilaa. SWOT-analyysi sopii kaiken tyyppisille yrityksille ja sen avulla voidaan tarkastella koko yritystä tai yksittäistä toimintamallia. Analyysin tulosten perusteella voidaan tehdä johtopäätöksiä, esimerkiksi miten sisäisiä vahvuuksia voidaan kehittää edelleen. Johtopäätösten jälkeen valitaan toimenpiteet, joiden pohjalta voidaan pyrkiä heikentämään heikkouksien vaikutuksia. (Paukkala, 2014.)

SMC:n tuotannon tämänhetkisestä tarkastus- ja testaus pöytäkirjasta sekä prosessista luotiin SWOT-analyysi (kuvio 10), jossa tutkittiin nykytilanteen vahvuuksia ja heikkouksia sekä mahdollisuuksia ja uhkia tarkastus- ja testauspöytäkirjan osalta. Analyysin avulla haluttiin selvittää käytössä olevan tarkastuspöytäkirjan vahvuuksia ja tulevaisuuden mahdollisuuksia, mutta konkretisoida myös nykytilan heikkoudet ja uhat, jotka huomioitiin sähköisen tarkastuspöytäkirjan kehitysprojektissa. Analyysissa ei otettu kantaa nykyisen tarkastus- ja testausprosessin sisältöön tai testausmenetelmiin.

Analyysin avulla saatiin selville joitakin kehityskohteita. Lähtötilanteen kartoituksessa asentajien todettiin tekevän loppukokoonpanon aikana huomaamattaan tarkastuspöytäkirjan ulkopuolisia tarkastuksia, joihin alkuperäinen tarkastuspöytäkirja ei ottanut sisällöllään kantaa, mutta joilla oli lopputuotteen laadun kannalta huomattava merkitys. SWOT-analyysissä selvitettiin lähtötilanteen heikkouksia ja uhkia. Analyysiin perusteella kehitettävää on erityisesti tarkastusprosessin vaiheiden ajoittamisessa, tarvittavien tarkastuskohtien määrittämisessä sekä tarkastuksia koskevassa ohjeistuksessa. Näiden kohtien kehittämällä sähköisestä tarkastus- ja testauspöytäkirjasta saatiin työkalu, joka parantaa tuottavuutta ja lopputuotteen laatua.



KUVIO 10. Tarkastus- ja testausprosessin lähtötilanteen SWOT-analyysi.

7.2 Tarkastus- ja testausprosessin kehittäminen – tavoitteena parempi laatu

Tarkastus- ja testauspöytäkirjan sisällön lisäksi projektissa selvitettiin pintaporalaitteiden tarkastusprosessin vaiheita ja mahdollisia kehityskohteita. Tarkastusprosessin vaiheita lähdettiin selvittämään vaiheittain toimitusketjun ensimmäisistä osista. Tampereen

tehtaalla oli käynnissä yhtäaikaaisesti IPV-projekti, jossa yhtenä kehityskohtena oli asiakas- ja tuotanto-ohjureiden määrittäminen. Määriteltyjä ohjureita hyödynnettiin tarkastus- ja testausprosessin kehityskohteiden kartoituksessa. Ohjureiden perusteella pysyttiin löytämään ja lisäämään tarkastusprosessiin uusia tarkastuskohtia, jotka auttavat tuotantoa saavuttamaan ohjureiden määrittelemät tavoitteet.

Kokonaistavoitteeksi projektille asetettiin sähköisen tarkastus- ja testauspöytäkirjan kehittäminen, joka kokonaisuutena parantaisi tarkastusprosessin laatua tuotannon jokaisessa vaiheessa ja sitä kautta auttaisi yritystä saavuttamaan paremman lopputuotteen laadun. Projektin onnistumisen kannalta oli tärkeää tutustua tarkastuspöytäkirjan sisällön lisäksi myös tarkastusprosessin sisältöön ja testausmenetelmiin, jotta tarkastusprosessin mahdolliset kehityskohteet voitiin huomioda tarkastuspöytäkirjan tarkastus- ja testauskohtia määritettäessä. Tarkastusprosessin kehittämiseen tuotiin IPV-projektin myötä myös niin sanotut laatuportit, joiden sisältöä päivitetään ilmoitettujen laatupoikkeamien ja asiakaspalautteiden avulla esimerkiksi kuukausittain tai viikoittain.

7.2.1 Tarkastus- ja testausprosessin kehityskohteiden kartoitus

Yhtenä tarkastus- ja testausprosessin ja -pöytäkirjan kehityskohtena olleet laatuportit haluttiin saada tukemaan tuotannossa ilmenevien akuuttien ongelmien vähentämistä. IPV-projektin myötä tulleet laatuportit ovat valituille prosessivaiheille määriteltyjä tarkastusvaiheita, joiden sisältö voidaan määrittellä esimerkiksi asiakaspalautteiden avulla. Sähköiseen tarkastuspöytäkirjaan laatuportit määriteltiin alihankittaville modulikokoonpanoille, loppukokoonpanoon, säätöön ja testaukseen. Laatuporttiin määritetyt tarkastuskohdat eroavat tarkastuspöytäkirjan tarkastuskohdista siten, että laatuportin kohtien sijaintia tai määrää tarkastusprosessissa voidaan muuttaa tarpeen mukaan, mutta tarkastuspöytäkirjassa määritetyt kohdat ovat luokiteltu olennaiseksi osaksi tarkastusprosessia.

Tarkastusprosessin kehityskohteita lähdettiin kartoittamaan hyödyntämällä SIPOC-menetelmää, tutkimalla Jatkuva parantaminen –kantaan tehtyjä laatupoikkeamia sekä valmiista laitteista tulleita asiakaspalautteita. SIPOC-menetelmän avulla tutkittiin tuotannon sisäisiä toimittaja–asiakas –ketjuja määrittäen esimerkiksi alihankkija –

loppukokoonpano asema 1 välillä tapahtuva prosessi ja lopputuote. Erityisesti SIPOC:n Process –kohdasta saatua tietoa voitiin hyödyntää kehityskohteiden määrittelyssä.

JAPA-ilmoituksia ja asiakaspalautteita tutkimalla löydettiin esimerkiksi toistuvia, virheellisestä asennuksesta johtuvia ongelmia ja laatupoikkeamia, jotka jouduttiin korjaamaan prosessin myöhemmässä vaiheessa. Useimmissa tapauksissa laatupoikkeama ilmeni vasta kokoonpanon jälkeen laitteen ollessa säädössä tai testauksessa. Jokainen virheellinen asennus aiheuttaa hukkaa prosessiin lisäämällä turhaa työtä ja laatupoikkeaman ilmetessä vasta prosessin loppuvaiheessa se voi pahimmassa tapauksessa aiheuttaa laitteen myöhästymisen suunnitellusta toimituspäivästä. JAPA-ilmoituksia kategorioitiin vakavuuden mukaan eri ryhmiin, joiden perusteella määriteltiin uusia tarkastuskohtia tarkastuspöytäkirjaan tai laatuportteihin.

7.2.2 Kehityskohteiden toteutus

JAPA-ilmoitusten ja asiakaspalautteiden perusteella määritetyt kehityskohteet kirjattiin ylös ja luokiteltiin riskiryhmien mukaan tarkastuskohtien tai laatuporttien alaisiksi (taulukko 7). Riskiluokat määriteltiin välille 1-3. Luokan 1 riski aiheuttaa toteutuessaan hukkaa vain vähän. Luokan 2 riski aiheuttaa huomattavasti hukkaa tuotannossa. Luokan 3 riski aiheuttaa toteutuessaan merkittävästi tuotannon hukkaa tai riskin asiakkaalle. Luokan 3 riskit määriteltiin lähes kaikissa tapauksissa tarkastuskohdiksi. Luokan 2 riskit määriteltiin tapauskohtaisesti laatuporttiin tai tarkastuskohdaksi.

TAULUKKO 7. Esimerkki havaittujen ongelmakohtien riskiluokittelusta.

Havaittu ongelma / Mistake or problem	Riski / Risk			Tarkastus - Laatuportti / Check - Quality Gate
	1	2	3	
Nesteiden tarkastus kokoonpanon aikana			o	Tarkastus - useita kohtia
Jakovaihteen mittatikku paikallaan		o		Laatuportti
Air Press Max arvon muuttaminen	o			Ongelma poistunut softapäivityksen myötä, ei toimenpiteitä

Kehityskohteiden riskiä ja sisältöä kartoitettiin vielä esimerkiksi haastattelemalla säädön ja testauksen työnjohtajaa. Työnjohtajan haastattelun avulla kartoitettiin havaitun

ongelman tai laatupoikkeaman yleisyyttä sekä ongelman sen hetkistä tilannetta. Kartoituksen avulla tarkastuskohtien riskiryhmä ja sisältö saatiin varmistettua sekä määriteltyä havaittuja ongelmakohtia vastaavaksi. Näin varmistuttiin, että määritelty tarkastuskohta mahdollistaa tarkastuskohtaa vastaavan ongelman ratkaisun.

8 SÄHKÖINEN TARKASTUS- JA TESTAUSPÖYTÄKIRJA

Tarkastus- ja testausprosessin sisällön kartoituksessa kerättyjen tietojen perusteella kehitettiin uusi sähköinen tarkastus- ja testauspöytäkirja, joka kattaa kaikki tuotannon osa-alueet. Tässä luvussa kerrotaan teorian hyödyntämisestä projektin läpiviennissä, sähköisen tarkastus- ja testauspöytäkirjan sisällöstä sekä pilotoinnista ja sen tuloksista.

8.1 Teorian hyödyntäminen toteutuksessa

Sähköisen tarkastuspöytäkirja sisällön kartoituksessa hyödynnettiin tehtaalla käytössä olevaa Lean Six Sigma -laatuteoriaa sekä tulevaisuuden tavoitetta nolla-virhe – tuotannosta. Tarkastuspöytäkirjan luonnissa tutkittiin myös Joseph M. Juranin (1904-2008) luomaa Juranin Trilogiaa. Juranin Trilogia perustuu kolmeen laatujohtamisen universaaliin periaatteeseen, jotka ovat ohjauksen, läpimurtoparannuksen ja laadun suunnittelun universaalit periaatteet. Universaalien periaatteiden toteutukseen on luotu työkaluja ja konsepteja, joita on määritelty Juranin Trilogiassa (taulukko 8). (Piirainen, 2016.)

TAULUKKO 8. Juranin Trilogia (Piirainen, 2016)

JURANIN TRILOGIA		
LAADUN SUUNNITTELU	LAADUN OHJAUS	LAADUN PARANNUS
Luo tavoitteet	Määritä ohjauksen kohteet	Osoita tarve liiketoimintatapauksen avulla
Tunnista, keitä asiakkaat ovat	Mittaa todellinen suoritusarvo	Laadi projektin infrastruktuuri
Määritä asiakkaiden tarpeet	Vertaa todellista suoritusarvoa tavoitteisiin ja päämäärään	Tunnista parannusprojektit
Kehitä ominaisuudet, jotka vastaavat asiakkaiden tarpeisiin	Tee toimenpiteitä kohtiin, joissa on eroa	Luo projektitiimejä
Kehitä prosessit, jotka ovat kyvykkäitä tuottamaan tuotteet	Jatka mittaamista ja ylläpidä suoritusarvoa	Osoita tiimeille resurssit, koulutus ja motivaatio: diagnosoi syyt, kannusta parannukseen
Luo prosessin ohjaukset		Luo ohjaustoimenpiteet parannusten ylläpitämiseksi
Siirrä suunnitelmat operatiivisille voimille		
DESIGN FOR SIX SIGMA (DFSS)	STATISTICAL PROCESS CONTROL (SPC)	LEAN SIX SIGMA JA LEAN

Tarkastus- ja testausprosessin kehitysprojektin onnistumisen kannalta tärkeimpiä konsepteja on määritelty Juranin Trilogin laadun suunnittelussa. Jotta uusi tarkastus- ja testauspöytäkirja vastasi asetettuja tavoitteita, täytyi määritellä asiakkaiden tarpeet ja toimintatavat, joilla asiakkaan tarpeisiin voidaan vastata. Kehitysprosessin sekä IPV-projektin myötä kehitettiin myös prosessinohjausta, jotta tuotannon toiminta olisi läpinäkyvämpää ja mahdollisia ongelmia tai laatupoikkeamia olisi helpompi havaita. Trilogiasta löytyy projektin kannalta huomattavia konsepteja myös laadun parannuksesta. Projektin aikana tuli tunnistaa parannuskohteet, miettiä oikeanlainen ratkaisu parannuksen saavuttamiseksi sekä pohtia kuinka parannusten ylläpito toteutetaan.

Tarkastus- ja testauspöytäkirjan kehitysprojektissa huomioitiin myös Lean-filosofian määrittelemä hukan vähentäminen tarkastelemalla alkuperäisen tarkastuspöytäkirjan tarkastuskohtien sisältöä ja tarpeellisuutta muuttamatta tarkastuskohtien määrää olennaisesti. Sähköisestä tarkastuspöytäkirjasta poistettiin kohtia, jotka eivät olleet enää ajankohtaisia sekä muutettiin kohtia, joiden sisältöä täytyi päivittää nykyprosessia vastaavaksi. Joitakin uusia tarkastuskohtia, jotka ilmenivät kehityskohteiden kartoituksessa, lisättiin tarkastuspöytäkirjaan. Tällaisia kohtia lisättiin ensisijaisesti laatuporttien puolelle.

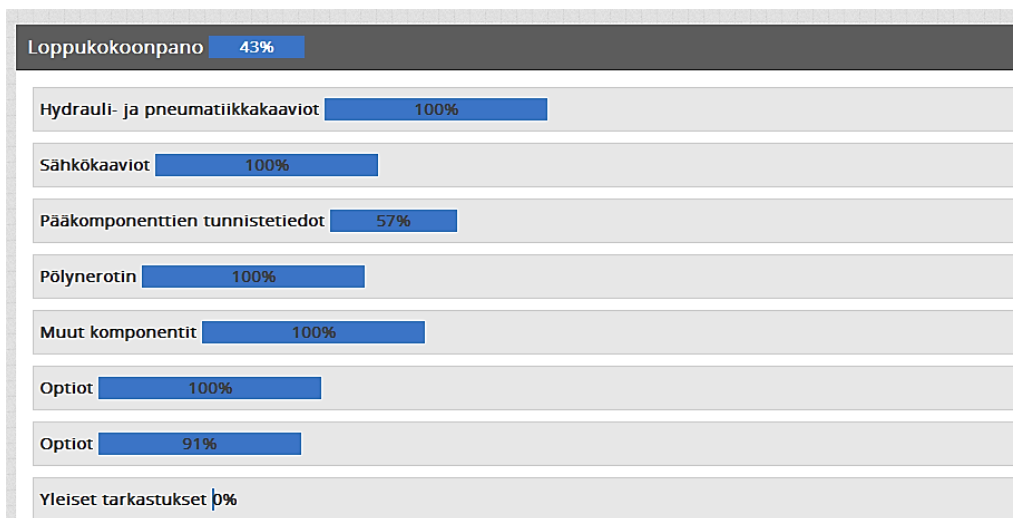
8.2 Sähköinen tarkastus- ja testauspöytäkirja

Sähköinen tarkastus- ja testauspöytäkirja on web-selaimessa toimiva laitekohtainen tarkastuspöytäkirja. Laitekohtainen tarkastuspöytäkirja avataan manuaalisesti laitteen tuotannon aloituspäivämäärän lähestyessä. Tarkastuspöytäkirjaa luodessa pöytäkirjaan valitaan valmistettava laitetyyppi (Pantera DP1100i TIER3/4, Pantera DP1500i TIER3/4). Tarkastuspöytäkirjan pohja on luotu niin, että se vastaa kunkin laitetyypin rakennetta ja sisältää myyntispesifikaation mukaiset komponentit ja tarkastuskohdat automaattisesti.

Vaihtoehtoinen luontitapa olisi ollut täysin laitekohtainen tarkastuspöytäkirja. Tällöin tarkastuspöytäkirjan pohjaan olisi luotu kiinteät peruskomponentit (basic units) ja niiden tarkastukset, jotka eivät varioidu laitteen myyntispesifikaation mukaan. Lisäksi jokaiselle laitetyypin mukaan varioituvaan komponenttiin liittyvälle tarkastuskohdalle olisi luotu oma alusta ja tarkastuspöytäkirjaa luodessa olisi valittu laitteen myyntispesifikaation mukaiset tarkastuskohdat tarkastuspöytäkirjan sisällöksi. Laitteen myyntispesifikaation

mukaan varioituva tarkastuspöytäkirja olisi aiheuttanut luontivaiheessa manuaalista työtä ja hukan määrää haluttiin minimoida, joten tarkastuspöytäkirjasta luotiin laite-tyyppien mukaiset perusrakenteet sisältäen automaattisesti kaikki variaatiovaihtoehdot. Tässä mallissa tarkastuspöytäkirja sisältää esimerkiksi kaikkien mahdollisten optiovaihtoehdojen nimiketieto- ja tarkastuskohdat, joista asentaja täyttää vain myyntispesifikaation mukaiset kohdat.

Sähköisessä tarkastus- ja testauspöytäkirjassa jokainen tarkastuspöytäkirjan sisältöä tarkasteleva henkilö voi seurata laitteen kokoonpanon etenemistä. Tarkastuspöytäkirjassa näkyy pääkategorioiden mukaan jokaisen otsikkotason valmius prosentteina välillä 0-100 %:a (kuva 5). Tuotannon etenemisen läpinäkyvyyden ansiosta asentajien, työnjohdon ja laadun on helppo seurata laitteen kokoonpanon etenemistä sekä huomata, mikäli joitain tarkastuskohtia jäänyt täyttämättä.



KUVA 5. Esimerkki sähköisen tarkastuspöytäkirjan asentajanäkymästä JAPA-tietokannassa. (Sandvik, sisäinen tietokanta)

8.2.1 Tarkastus- ja testauspöytäkirjan sisältö

Sähköisen tarkastus- ja testauspöytäkirjan (liite 2) sisältö määräytyi tarkastusprosessin kartoituksen seurauksena. Kartoituksessa selvitettiin eri tarkastusosa-alueet sekä haluttu tarkastussisältö. Tarkastuspöytäkirjan sisältö haluttiin määritellä laitteen standardikokoonpanojärjestyksen mukaiseksi. Standardikokoonpanojärjestys huomioitiin tarkastuspöytäkirjassa siten, että tarkastuspöytäkirjan pääkategoriat alkavat alihankittavien mo-

dulikokoonpanojen tarkastusvaiheista ja etenevät loppukokoonpanon, säädön, testauksen ja viimeistelyn kautta laitteen pakkaamiseen. Näiden pääkategorioiden alla olevien alakategorioiden ja tarkastuskohtien järjestys määriteltiin noudattelemaan esimerkiksi linjakokoonpanon asemien työvaiheiden järjestystä. Sähköisen tarkastuspöytäkirjan pääkategoriat on esitetty taulukossa 9 tarkastuspöytäkirjaan määritetyssä järjestyksessä. Pääkategorioiden määrä ei muuttunut projektin myötä alkuperäiseen tarkastus- ja testauspöytäkirjaan verrattuna, mutta uudessa tarkastuspöytäkirjassa kaikki laitteeseen kuuluvat tarkastuspöytäkirjan osuudet löytyvät samasta paikasta koottuna laitteen kokoonpanojärjestyksen mukaiseen järjestykseen.

TAULUKKO 9. Sähköisen tarkastus- ja testauspöytäkirjan pääkategoriat.

SÄHKÖINEN TARKASTUS- JA TESTAUSPÖYTÄKIRJA	
ALIHANKKIJA	TUOTANTOTEHDAS
Oikea lokasuoja	Puomikokoonpano
Telastokokoonpano	Ohjaamon esivarustelu
Voimayksikkökokoonpano	Loppukokoonpanon sähkö tarkastus
Syöttölaitekokoonpano	Loppukokoonpano
Ohjaamo	Säätö
Ohjaamon sähkö tarkastus	Testaus
	Viimeistely
	Loppu tarkastus
	Pakkaus

Pääkategorioiden sisällöt määriteltiin siis noudattelemaan laitteen standardityöjärjestystä, joka aiheutti joidenkin pääkategorioiden sisältöön huomattavia eroavaisuuksia alkuperäiseen tarkastuspöytäkirjaan verrattaessa. Esimerkiksi pintaporolaitteen säädön tarkastukset oli jaoteltu alkuperäisessä tarkastuspöytäkirjassa neljän eri otsikkotason alle kattaen laajoja tarkastusalueita. Sähköisessä tarkastuspöytäkirjassa säädön tarkastusvaiheet jaettiin Pantera DPi –pintaporolaitteen säätöohjeen mukaiseksi noudattaen säädön etenemisjärjestystä. Tämän seurauksena säätö koostuu uudessa tarkastuspöytäkirjamallissa 14 alakategoriasta, mutta tarkastuskohtien määrä on pystynyt samana. Uuden mallin mukaan koeporareiden ei tarvitse seurata eri järjestyksessä olevia ohjetta ja tarkastuspöytäkirjaa.

Uutena kohtana sähköiseen tarkastuspöytäkirjaan tuotiin viimeistelyn jälkeen tehtävä lopputarkastus. Lopputarkastuksen tavoitteena on havaita mahdolliset laatu poikkeamat ja suorittaa korjaavat toimenpiteet vielä ennen laitteen pakkaamista ja asiakkaalle toimimista. Lopputarkastus ei sisällä enää komponenttien testausta vaan tarkoituksena on

varmistua visuaalisten tarkastusten avulla lopputuotteen laadusta. Lopputarkastukseen määritettiin tarkastuskohdat, jotka kattavat tarvittavat tarkastukset laadun varmistamiseksi.

Tarkastuspöytäkirjan sisältöä luodessa tuli myös huomioida laitekohtaiseen konekorttiin kerättävien komponenttien tiedot. Sisällön määrittelyssä määritettiin konekortissa näkyvät komponentit ja näistä komponenteista etsittiin kaikki mahdolliset nimikenumerot laitevariaatioiden mukaan. Huomioitavia laitevariaatioita oli neljä; Pantera DP1100i TIER3 ja TIER4 sekä Pantera DP1500i TIER3 ja TIER4.

Uuden konekortin sisältämien nimiketietojen määrittämiseksi oli kaksi vaihtoehtoa. Ensimmäisessä vaihtoehdossa konekortissa esitettävien nimikkeiden sisältöä ei muuteta. Vaihtoehto tarkoitti sitä, että kaikkien komponenttien nimikevariaatiot selvitettiin ja nimikkeet luotiin tarkastuspöytäkirjan tarkastuskohdiksi. Tällöin asentajien täytyy kuittaa tarkastuspöytäkirjassa mainittu nimikenumero laitteen myyntispesifikaation mukaisesti sekä kirjata määrättyihin komponentteihin myös sarjanumero. Toinen vaihtoehto oli määrittää konekorttiin vain sarjanumerotietoa sisältävät komponentit ja niiden myyntispesifikaation mukaiset variaatiot, jolloin konekortin sisältö olisi muuttunut. Tarkastuspöytäkirjan kehitysprojektissa päädyttiin konekortin sisällön säilyttämisessä alkuperäisenä. Tähän ratkaisuun päädyttiin, sillä pintaporalaitteiden varaosakirjoista ei löydy luotettavasti laitteen rakenteenmukaisten nimikkeiden tietoja. Varaosakirjojen kehittäminen laiterakennetta vastaavaksi kirjattiin prosessissa ilmenneeksi kehityskohteeksi ja asia tuotiin esiin varaosakirjoista vastuussa oleville henkilöille.

8.2.2 Tarkastus- ja testauspöytäkirjan luonti

Sähköisen tarkastus- ja testauspöytäkirjan rakenteen luonti aloitettiin hahmottelemalla tarkastuspöytäkirjan sisältö Exceliin. Rakenteen hahmottelu mahdollisti sisällön modifioinnin ennen järjestelmään siirtämistä sekä helpotti tietojen siirtämistä järjestelmään. Tarkastuspöytäkirjan rakenne tehtiin pääosin englanniksi ja suomeksi. Tarkastuspöytäkirjan englanninkielisiä osioita olivat sähköiseen konekorttiin kirjattavat komponenttiedot sekä tarkastuspöytäkirjan testausosuus, joka toimitetaan tarvittaessa myös asiakkaalle esimerkiksi tullausta varten.

Tarkastuspöytäkirjan rakenteen valmistuttua määriteltiin konekorttiin vaaditut komponentit, joiden sarjanumeron tarkastuskohta lisättiin komponentit asennuspaikkaa vastaavan pääkategorian alle. Esimerkiksi telaston ajovaiheesta ja telaohjureista kerätään sarjanumerotiedot, jolloin näiden komponenttien nimiketietojen sekä sarjanumeroiden tarkastuskohdat määritettiin telastokokoonpanon alle. Määritetyistä komponenteista kirjattiin Excel-taulukko, josta näkyivät kaikkien laitetyyppien komponenttien nimikevariaatiot. Excel-taulukosta oli helposti hahmotettavissa laitetyyppin mukaisesti varioituvat komponentit, ja laitetyyppistä riippumattomat vakiokomponentit.

Sähköisen tarkastuspöytäkirjaan rakenteen määrittelyn jälkeen aloitettiin tarkastuspöytäkirjan siirtäminen JAPA-tietokantaan. JAPA koostuu hallinta- ja käyttöpuolesta. Järjestelmän hallintapuoli on luotu Lotus Notes –tietokantaan ja asentajien käyttöpuoli toimii web-selaimessa. Tarkastuspöytäkirjan tiedot (kuva 6) syötettiin diplomityöprojektina syntyneeseen Lotus Notesin Sandvik Inspection Sheets –tietokantaan luoden eri kategorioita (Isotalo, 2013). Kategoriat jaettiin pää- ja alakategorioihin. Kaikki pääkategoriat esitettiin taulukossa 9.

106	[-]	DP1100i TIER3 Laitekokoonpano
2	[+]	01 - Oikea lokasuoja
8	[-]	02 - Telastot
		01 [D] Telastopari
		02 [D] Telaston tunnistetiedot, vasen
		03 [D] Telaston tunnistetiedot, oikea
		04 [D] Telastojen harjaisuus
		05 [D] Telaston tarkastukset, vasen
		06 [D] Telaston tarkastukset, oikea
		07 [D] Nesteiden tarkastus
		08 [D] Laatuportti
9	[+]	03 - Voimayksikkö
10	[+]	04 - Syöttölaite
12	[+]	05 - Ohjaamon sähkö tarkastus
3	[+]	06 - Ohjaamo
4	[+]	08 - Puomi

KUVA 6. Sandvik Inspection Sheets –tietokannassa luotu tarkastuspöytäkirjan pääkategoria (DP1100i TIER3 Laitekokoonpano), alakategoriat (Oikea lokasuoja, Telastot yms.) ja tarkastuskohdat. (Sandvik, sisäinen tietokanta)

Pääkategorioiden alle luotiin tarkastuskohtia sisältävät alakategoriat (kuva 7). Alakategorioita ovat esimerkiksi syöttölaite, loppukokoonpano ja testaus. Alakategorioiden alla olevat tarkastuskohdat luotiin template-sivuille, joissa määriteltiin muun muassa tarkastuskohdan tyyppi, tarkastuskohtaan linkitettävä alakategoria sekä tarkastuskohtien sisältö ja ohjeistus. Alakategorioita ja tarkastuskohtia luodessa huomioitiin vaihtuva laite-tyyppi ja jokaiselle laitetypille (Pantera DP1100i TIER3/4, Pantera DP1500i TIER3/4) luotiin variaatioiden mukaan omat alakategoriat.

Template
History

Categories

Maincategory :	DP1100i TIER3 Laitetekoonpano ▾
Subcategory :	<input type="button" value="Change"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Update rows"/> 08 - Suomi
Subcategory :	<input type="button" value="Change"/> <input type="button" value="Reset"/> -

Table Details

Table name :	Yleiset tarkastukset ▾
Type :	Inspection Sheet ▾
Table number :	04 ▾
Rows :	6 ▾

Languages

Primary language (fi) :	Finnish
Alternative language (en) :	English
Alternative language (fr) :	Francese
Current display language :	Finnish ▾

Table content

Template top text
fi : ▾

Table header:		
fi : Yleiset tarkastukset ▾		
Row	Row label:	Row entry help text (tooltip text):
1	fi : Paineakkujen paineistus ▾	fi : ▾
2	fi : Nippojen rasvaus ▾	fi : ▾
3	fi : Sylinterien rasvaus ▾	fi : ▾

KUVA 7. Template-sivun sisällön eli alakategorian tarkastuskohtien muokkausnäkö Sandvik Inspection Sheets –kannassa. (Sandvik, sisäinen tietokanta)

8.3 Sähköisen tarkastuspöytäkirjan käyttöönotto ja pilotointi tuotannossa

Pilotoinnilla tarkoitetaan esimerkiksi kokeilua, testausta tai testijaksoa. Pilottijaksolla voidaan suorittaa muun muassa uuden innovatiivisen tuotteen, tuotantotavan tai prosessin testaaminen tuotantolaitoksessa tai uuden toimintatavan tai järjestelmän kehittäminen ja toiminnan varmistaminen todellisessa toimintaympäristössään. Pilotti voidaan

suorittaa nopeasti ja ketterästi tai se voi olla osa pitkää kehitysprosessia esimerkiksi prosessiteollisuudessa. Pilotointi voi olla osa kehitysprojektia tai oma erillinen projektinsa. (Kehittäminen ja pilotointi, Tekes.)

Sähköisen tarkastuspöytäkirjan käytettävyyden ja kehityksen kannalta oli tärkeää pilotoida tarkastuspöytäkirjan sisältöä, käyttöä ja toimivuutta ennen varsinaista käyttöönottoa. Pilotoinnin tarkoituksena oli kuvata projektin myötä aiheutuvaa muutosta ja sen seurauksia eli mitä muutettiin, miksi muutettiin ja mitä muutoksella saavutettiin. Pilotoinnin avulla havainnoitiin tarkastuspöytäkirjan rakenteen ja sisällön toimivuutta sekä tarkastuspöytäkirjaan syötettyjen tietojen paikkansapitävyyttä. Pilotoinnissa haluttiin myös kerätä tarkastuspöytäkirjan käyttäjiltä kommentteja ja kehitysehdotuksia sisällön sekä käytön kehittämiseksi.

Sähköisen tarkastuspöytäkirjan pilotoinnin avulla pystyttiin myös harjoittelemaan uuden työkalun käyttöä ja harjoittelussa pystyttiin opastamaan asentajia aina tarpeen vaatiessa. Käytön perehdytyksellä ja opastuksella pystyttiin vaikuttamaan positiivisesti asentajien asenteeseen toimintatapamuutosta kohtaan. Uuden työkalun käyttöönotossa oli tärkeää huomioida asentajat ja kuunnella heidän toiveitaan, jotta kokonaisvaltainen siirtyminen sähköiseen tarkastuspöytäkirjaan tapahtuisi sujuvasti ilman ongelmia.

8.3.1 Käyttöönoton ja pilotoinnin toteutus

Pilotiksi valittiin yksi Tampereen tuotantoon ajoitettu Pantera DPi –pintaporalaite. Pilotointi toteutettiin sähköisen tarkastuspöytäkirjan osalta Tampereen toimintojen laajuisesti loppukokoonpanosta pakkaukseen. JAPA-järjestelmän käyttöönottoa ja ohjeistusta ei saatu suoritettua alihankkijoille aikataulun sisällä, joten modulikokoonpanot jätettiin JAPA-kannassa suoritettuna pilotoinnin ulkopuolelle. Modulikokoonpanot otettiin pilotointiin mukaan kuitenkin Excelin avulla eli alihankkijat täyttivät Exceliin tehdyt tarkastuspöytäkirjat, jotka olivat sisällöltään samat kuin JAPA-kannassa olevat modulikokoonpanoja koskevat tarkastuskohdat. Alihankkijoilta kerättiin palaute tarkastuspöytäkirjojen sisällöstä ja tarkastuskohtien tiedot siirrettiin manuaalisesti Excelistä sähköiseen tarkastuspöytäkirjaan.

Tampereen tuotannon osalta pilotti aloitettiin laitteen loppukokoonpanon aloituksen yhteydessä. Pilotti eteni laitteen loppukokoonpanon mukana ja sähköisen tarkastuspöytäkirjan sisältöä ja käyttöä koulutettiin asentajille aina laitteen siirtyessä seuraavaan prosessivaiheeseen. Asentajia tuettiin sähköisen tarkastuspöytäkirjan käytössä laitteen kokoläpimenon ajan. Pilotoinnissa kerättiin asentajien palaute ja kehitysehdotukset aina laitteen siirtymävaiheessa, jolloin asentajilla oli palaute ja käyttökokemukset hyvin muistissa. Pilotoinnin lisäksi asentajat täyttivät sähköisen tarkastuspöytäkirjan rinnalla myös paperista tarkastuspöytäkirjaa. Paperisen tarkastuspöytäkirjan rinnalla viennillä pystyttiin takaamaan tarkastustietojen luotettavuus sekä konekortin tietojen saatavuus. Paperisesta tarkastuspöytäkirjasta luovutaan vasta, kun sähköisen tarkastuspöytäkirjan toiminta on pilotoitu luotettavasti koko toimitusketjun osalta ja sähköinen tarkastuspöytäkirja otetaan käyttöön.

8.3.2 Pilotoinnin tulokset

Projektin pilottijakso toteutettiin Tampereen tehtaan loppukokoonpanon, säädön, testausten ja viimeistelyn osalta yhdelle Pantera DPi –laitteelle. Alihankkijat olivat pilotissa mukana Excel-pohjaisilla tarkastuspöytäkirjoilla, mutta heidän roolinsa ei ollut yhtä merkittävä lopputulosten kannalta kuin muun tuotantoprosessin, sillä tarkastuspöytäkirjan modulikokoonpanojen osuuden rakenteeseen ja sisältöön tehtiin vain vähäisiä muutoksia.

Ennen kehitystoimenpiteiden aloittamista selvitettiin vastauksia kysymyksiin mitä kehitetään ja miksi kehitetään. Kehitystoimenpiteiden toteutuksen jälkeen kartoitettiin vastauksia kysymykseen mitä kehityksellä saavutettiin. Pilottijakson avulla saatiin vastauksia juuri näihin kysymyksiin. Projektin tarkoituksena oli kehittää Tampereen tehtaan Pantera DPi –pintaporalaiteiden tarkastus- ja testausprosessia sekä luoda web-selaimessa toimivaan JAPA-kantaan sähköinen tarkastus- ja testauspöytäkirja. Toiminnan kehityksellä tavoiteltiin tehokkaampaa tuotantoa, toiminnan läpinäkyvyyden lisäämistä, tuottavuuden paranemista, laadukkaampia lopputuotteita sekä korkeampaa asiakastyytyväisyyttä.

Pilottijakson avulla saatiin tietoa alussa asetettujen tavoitteiden saavuttamisesta ja siten myös projektin onnistumisesta. Pilotin avulla asentajilta saatiin kerättyä ideoita tarkas-

tuspöytäkirjan rakenteen ja sisällön kehittämiseksi. Kehityskohteita löytyi esimerkiksi komponenttien nimiketietojen kirjauksesta sekä osakokoonpanojen ohjaustavasta. Osakokoonpanojen ohjaustapaa muuttamalla komponenttien nimiketietojen kirjaus voitaisiin tehdä jo kokoonpanon valmistusvaiheessa.

Pilottijakson aikana huomattiin myös tarkastuspöytäkirjan sisällön muutoksen sekä sähköiseen malliin siirtymisen hyötyjä. Tarkastuspöytäkirjan sisällön muutoksia tehtiin muun muassa loppukokoonpanon toiminnallisiin tarkastuksiin sekä lisäämällä tarkastuspöytäkirjaan laatuportteja. Erityisesti laatuportit todettiin pilotin avulla toimiviksi juuri niiden reaaliaikaisesti päivitettävän sisällön vuoksi. Laatuporttien avulla on mahdollista kiinnittää tarkemmin huomiota tuotannossa ilmenneisiin kriittisiin laatupoikkeamiin sekä asiakaspalautteisiin. Näiden tarkemman huomioimisen hyötynä mahdolliset laatupoikkeamat havaitaan tehokkaammin ennen lopputuotteen toimitusta asiakkaalle. Sähköiseen järjestelmään siirtyminen mahdollisti esimerkiksi kokoonpanon aikana havaittujen laatupoikkeamien kirjaamisen tarkastuspöytäkirjan laatupoikkeamien alle, jolloin laitteesta saatiin koottua selkeä yhtenäinen vikalista. Vikalistasta oli selkeästi havaittavissa laatupoikkeamien syyt sekä niille tehdyt korjaustoimenpiteet. Paperisessa tarkastus- ja testauspöytäkirjassa vikalistoja oli useilla eri sivuilla, jolloin esimerkiksi laitetta viimeisteltäessä oli haastavaa saada selville mitä vikoja kokoonpanon aikana oli havaittuja ja mitkä niistä oli korjattu ennen laitteen viimeistelyä.

Pilottijakson myötä saatiin selvitettyä myös tuotannossa tarvittavien käyttöpäätteiden määrä, jotta sähköinen tarkastus- ja testauspöytäkirja on mahdollista käyttöönottaa ilman prosessiin aiheutuvaa hukkaa. Pilotin aikana tuotannossa oli käytössä vain yksi tietokone, joka ei palvele kuuden kokoonpanoaseman tarpeita. Kokoonpanolinjalla oleva pöytä tietokone vaikeuttaa tarkastuspöytäkirjan täyttämistä, sillä asentajat joutuvat kulkemaan tietokoneen ja laitteen väliä useita kertoja täyttäessään esimerkiksi komponenttien tunnistetietoja. Väärä määrä vääränlaisia käyttöpäätteitä aiheuttaa prosessiin hukkaa vaikeuttamalla sähköisen tarkastuspöytäkirjan käyttöä. Käytön haastavuus vaikuttaa käyttäjien motivaation alenemiseen, mikä aiheuttaa riskin tarkastuspöytäkirjan tietojen luotettavuuteen sekä siten myös lopputuotteiden laatuun.

Pilotin avulla kartoitettiin myös sähköisen konekortin toimintaa. Alkuperäisen ja sähköisen konekortin tietoja sekä tietojen täyttämiseen kuluva aika vertailtiin laitteen loppukokoonpanon jälkeen. Konekortin valmistamiseen kuluva aika lyheni sähköisen

konekortin myötä, mutta sähköisen järjestelmän kautta toteutettavan toimintamallin havaittiin kasvattavan riskiä tarkastuspöytäkirjan komponenttiedoissa esiintyviin virheisiin. Virheiden esiintymisen riskiä olisi mahdollista pienentää esimerkiksi IT-järjestelmän toimintojen automatisoinnilla.

Tuotannon asentajat suhtautuivat pilottijaksoon ja sähköisen tarkastuspöytäkirjan käyttöön positiivisesti, verrattuna projektin alussa huomioituihin pelkoihin ja muutosvastarintaan, mikä edesauttoi pilottijakson onnistumisessa. Pilottijakson jälkeen todettiin, että sähköinen tarkastuspöytäkirja lisäsi huomattavasti toiminnan läpinäkyvyyttä sekä mahdollisti laatupoikkeamien havaitsemisen mahdollisimman varhaisessa vaiheessa loppukokoonpanoa. Tehokkaamman laatupoikkeamien havaitsemisen ja toiminnan läpinäkyvyyden lisäämisen avulla tuottavuus kasvaa, lopputuotteiden laatu paranee ja asiakas-tyytyväisyys säilyy korkealla tasolla.

Ennen sähköisen tarkastus- ja testauspöytäkirjan käyttöönottoa tuotannossa tulee suorittaa vielä vähintään yksi pilottijakso. Toisen pilottijakson tulee kattaa koko toimitusketju, jotta tarkastuspöytäkirjan toiminnan luotettavuus ja käytettävyys pystytään varmistamaan. Toisen pilottijakson avulla voidaan myös varmistaa ensimmäisen pilottijakson seurauksena tehtyjen tarkastuspöytäkirjan rakennemuutosten toimivuus. Ensimmäisen pilottijakson pohjalta voidaan kuitenkin todeta, että sähköinen tarkastus- ja testauspöytäkirja on käyttöönotettavissa ilman suuria muutoksia sekä implementoitavissa myös muille Tampereen tehtaan pintaporälaitteille.

9 PROJEKTIN LÄHTÖ- JA LOPPUTILANNE

Opinnäytetyöprojektin alussa Sandvikin Tampereen tehtaalla kokoonpantavilla pintapöytälaitteilla oli käytössä manuaalisesti paperille tulostettava loppukokoonpanon kattava tarkastus- ja testauspöytäkirja. Tarkastuspöytäkirjan muut osat toimitettiin alihankkijoille sähköpostilla täytettäväksi ja ne liitettiin täytön jälkeen osaksi tuotannossa täytettyä tarkastus- ja testauspöytäkirjaa, joka arkistoititiin määrääjäksi. Projektin tavoitteena oli luoda sähköinen tarkastus- ja testauspöytäkirja, joka parantaa tuotannon toiminnan läpinäkyvyyttä ja tuo halutun laadun saavuttamisen vahvemmin esiin.

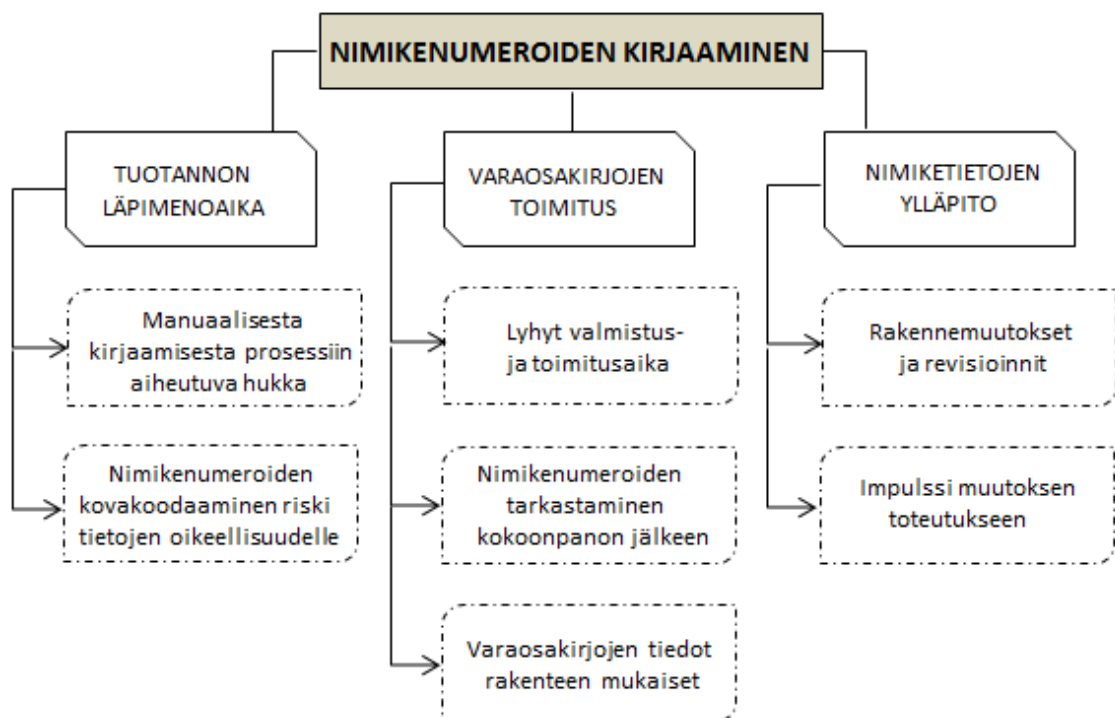
9.1 Projektin läpinäkyvyys ja haasteet

Opinnäytetyön projektin alussa yrityksellä oli käytössä tarkastus- ja testauspöytäkirja, joka oli hajautettu useisiin eri osa-alueisiin. Lopputuotteen laadun kannalta tarkastuspöytäkirja sisälsi suunnittelun ja laadun vaatimat tarkastuskohdat, mutta tarkastuspöytäkirja ei palvellut halutulla tavalla kokoonpanon aikana syntyneiden laatuerojen havaitsemisessa. Poikkeamat havaittiin usein vasta laitteen säädössä tai testauksessa, mikä kuormitti tuotantolinjan loppua. Sähköisen tarkastuspöytäkirjan myötä tarkastusten sisältöä ja ajoitusta kehitettiin ja laatuerojen havainnointia pystyttiin parantamaan. Sähköisen tarkastus- ja testauspöytäkirjan avulla havaittujen ongelmien tila on selvästi havaittavissa, ja korjaamattomat ja korjatut viat on helppo erotella toisistaan. Ongelmien havaitseminen prosessin alkuvaiheissa helpottui, jolloin tuotannon loppuvaiheiden, kuten säädön, testauksen ja viimeistelyn, laatueroista ja korjaustyöstä aiheutuvaa kuormitusta on mahdollista saada tulevaisuudessa pienennettyä.

Projektin läpiviennin aikana havaittiin kuitenkin useita huomioitavia haasteita. Haasteita ilmeni eri osa-alueilla, kuten prosessissa ja IT-järjestelmässä, ja niihin pyrittiin löytämään kehitystoimenpiteitä toimivan lopputuloksen saavuttamiseksi. IT-järjestelmään linkittyvät haasteet ilmenivät sähköisen tarkastus- ja testauspöytäkirjan käyttöjärjestelmän hallinta- ja käyttöpuolella. Tuotantoprosessin haasteita ilmeni esimerkiksi toimintatavoissa ja muutoksen hallinnassa. Tässä luvussa on käsitelty esiin nousseita haasteita ja niiden ratkaisemiseksi löydettyjä kehitysehdotuksia käsitellään luvussa 9.2.

9.1.1 Nimikenumeroiden tiedot tarkastuspöytäkirjassa

Konekortissa esitettyjä nimiketietoja käytetään kokoonpanon jälkeen esimerkiksi varaosien myynnissä. Laitteen komponenttien nimiketiedot tulee olla laiterakenteen ja myyntispesifikaation mukaiset, jotta myöhemmin tarvittava tieto on validia. Alkuperäiseen tarkastus- ja testauspöytäkirjaan ei kirjattu nimikenumeroita, vaan niitä käsiteltiin konekortin valmistuksen yhteydessä käyttäen aiemmin valmistetun samankaltaisen laitteen konekorttia pohjana. Vanhan konekortin pohjan nimiketietoihin tehtiin myyntispesifikaation mukaiset muutokset, jotta tiedot saatiin vastaamaan kyseisen laitteen myyntispesifikaatiota. Sähköisen konekortin myötä nimiketietojen lisääminen tarkastuspöytäkirjaan oli välttämätöntä, sillä konekortti valmistetaan tarkastuspöytäkirjan tietojen pohjalta. Nimiketiedot vaikuttavat prosessin useisiin vaiheisiin, mistä aiheutuu haasteita (kuvio 11).



KUVIO 11. Nimikenumeroiden kirjaamisesta aiheutuvia haasteita.

Nimikenumeroiden kirjaaminen vaikuttaa tuotannon läpimenoaikaan, varaosakirjojen toimitusaikaan ja sisällön validiuteen sekä nimiketietojen ylläpitoon. Tietojen kirjaamiseksi oli kaksi vaihtoehtoa; manuaalinen kirjaaminen tai kovakoodaaminen tarkastuspöytäkirjaan. Nimikenumeroiden manuaalinen kirjaaminen vie asentajien kokoonpanoaikaa ja aiheuttaa hukkaa prosessiin. Asentaja selvittää ja varmistaa asennettavan kom-

ponentin nimikenumeron laiterakenteelta tai komponenttiin liitetystä keräilytarrasta ja kirjaa numeron tarkastuspöytäkirjaan. Manuaalisessa kirjaamisessa kirjoitusvaiheessa tapahtuvan inhimillisen virheen riski on suuri. Nimiketietojen kovakoodaaminen pienentää inhimillisen virheen syntymistä sekä hukan aiheutumista prosessissa. Kovakoodaamisella tarkoitetaan nimikenumeroiden syöttämistä tarkastuspöytäkirjan hallintapuolen template-sivuille, jolloin ne näkyvät asentajille tarkastuspöytäkirjassa, eikä asentajien tarvitse kirjata nimikenumeroita. Kovakoodaamisen seurauksena tietojen ylläpitoon tulee kuitenkin varata resursseja, jotta nimiketiedot ovat viimeisimpien revisio- ja rakennemuutosten mukaisia. Tietojen käsittelijä saa impulssin revisio- tai rakennemuutoksesta, jonka jälkeen nimiketieto on muutettava manuaalisesti myös tarkastuspöytäkirjaan. Lisäksi sähköisestä konekortista on varmistettava, että nimiketiedot ovat myyntispesifikaation mukaiset, mikä ei vähennä konekortteja valmistavien henkilöiden kuormitusta.

Asiakkaalle laitteen mukana toimitettavat varaosakirjat koostuvat laiterakenteen mukaisista nimiketiedoista. Laiterakenne ja sitä kautta varaosakirjan sisältö voi muuttua vielä prosessin lopussa kokoonpanon jälkeen, jolloin varaosakirjojen valmistukseen ja toimitukseen ei jää paljoa aikaa. Nimiketietojen manuaalinen kirjaaminen aiheuttaa riskin varaosakirjojen toimituksen myöhästymisestä, sillä tietojen tulee olla kirjattuna tarkastuspöytäkirjassa ennen varaosakirjojen valmistuksen aloittamista. Nimiketietojen kovakoodaaminen pienentää varaosakirjojen toimituksen myöhästymisen riskiä, mutta tietojen oikeellisuus on edelleen tarkastettava.

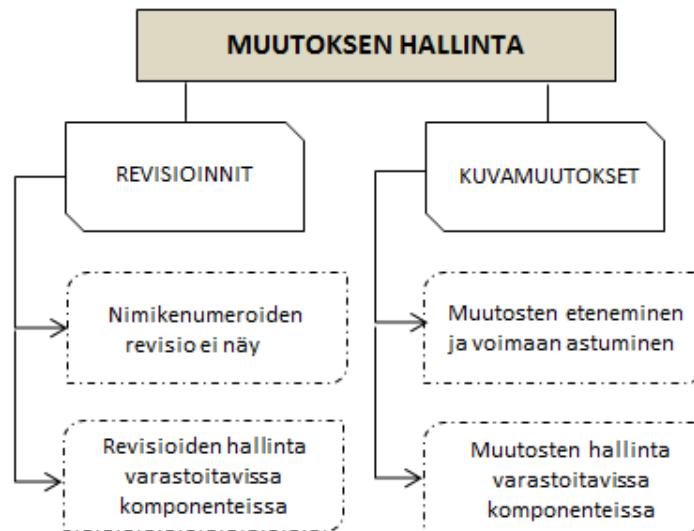
9.1.2 Muutoksen hallinta

Muutos ja tuotekehitys ovat välttämättömiä yrityksen kannattavuuden ja kilpailukyvyn säilyttämisen kannalta. Muutosta ja sen etenemistä tulee kuitenkin pystyä seuraamaan ja hallitsemaan. Hallitsemattoman muutoksen seurauksena varastoitavien komponenttien revisioita ja revisioiden voimaan astumista tuotannossa voi olla vaikea seurata.

Prosessin aikainen muutoksen hallinta ja sen haasteet nousivat esiin projektin aikana (kuvio 12). Laittekokoonpanossa ilmenee revisioiden ja puutteellisen tiedonkulun seurauksena laatupoikkeamia, joiden juurisyyn selvityksestä ja vian korjauksesta aiheutuu hukkaa. Laatupoikkeamat voivat johtua esimerkiksi valmistuskuvien muutoksesta ja

revisioinnista ja niitä seuranneista päivitetystä työ- ja kuvaohjeista, joita ei ole huomioitu tuotannossa kokoonpanon aikana.

Revisio- ja kuvamuutoksia käsitellään tuotehallinta- eli PDM-järjestelmässä, jossa suunnittelusta vapautetut viimeisimmän kuvarevisiot ovat nähtävissä. Revisiotieto ei kuitenkaan siirry PDM:stä ERP-järjestelmään, minkä vuoksi esimerkiksi varastoitavien komponenttien revisioita ei pysty seuraamaan ERP-järjestelmän kautta. Varastoitavien komponenttien revisiot eivät ole usein nähtävissä itse komponenteista esimerkiksi nimiketietotarran avulla, minkä vuoksi revisioinnin seuraaminen on haasteellista. Tästä johtuen kokoonpanolinjalla asentajien ja työnjohdon on vaikea erottaa uuden ja vanhan revision mukaiset komponentit toisistaan sekä todeta selvästi, mistä työnumerosta alkaen laitteisiin on asennettu revisiomuutoksen mukaan valmistetut komponentit.



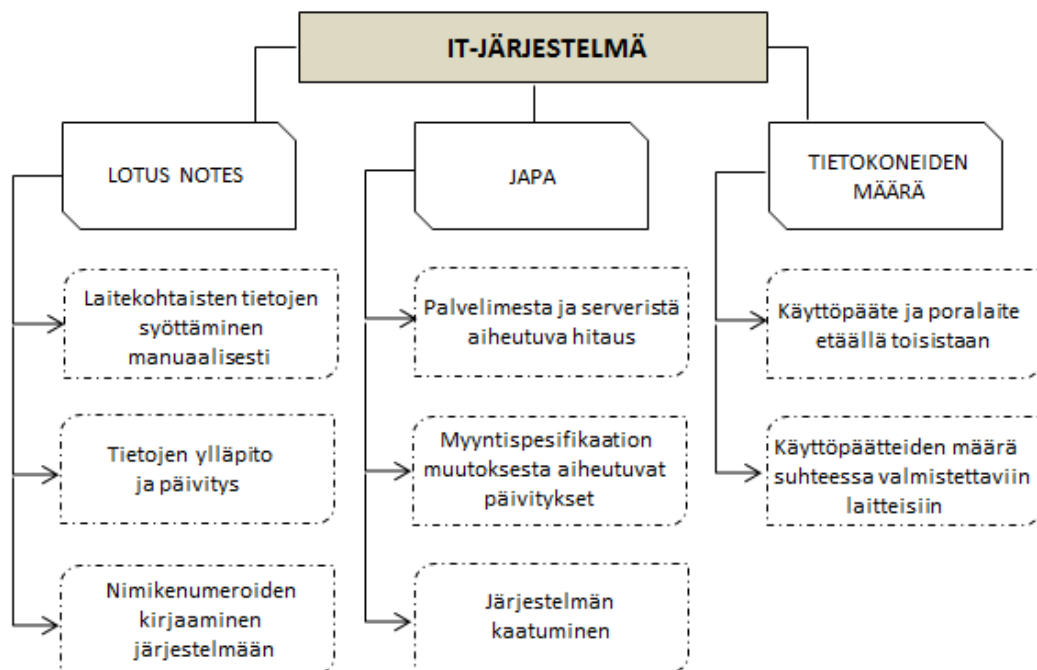
KUVIO 12. Muutoksista aiheutuvat haasteet.

9.1.3 IT-järjestelmä

Sähköinen tarkastus- ja testauspöytäkirja luotiin Lotus Notes –tietokantaan, jossa myös maanalaisten laitteiden tarkastuspöytäkirjoja hallitaan ja ylläpidetään. Tarkastuspöytäkirjan hallintajärjestelmäksi ei ollut muita vaihtoehtoja, minkä vuoksi järjestelmän aiheuttamien haasteiden minimoimiseksi ja työkalun käytettävyyden parantamiseksi tuli löytää ratkaisuja. IT-järjestelmä aiheutti haasteita (kuvio 13) hallinta- ja käyttöpuolella, mutta suurimmat haasteet ilmenivät järjestelmän hallintapuolella.

Tarkastuspöytäkirjan rakennetta suunniteltaessa tuli huomioida konekorttiin kerättävien nimikkeiden tarkastuskohdat. Järjestelmä ei mahdollistanut laiterakenteen nimiketietojen automaattista hakua ERP-järjestelmästä, minkä vuoksi nimiketiedot täytettiin manuaalisesti tarkastuspöytäkirjan hallintapuolen tarkastuskohtiin. Manuaalisen kovakoodauksen seurauksena asentajien ei tarvitse kirjata nimiketietoa, mutta konekorttia tehdessä nimiketiedot tulee kuitenkin tarkastaa ja varmentaa. Manuaalisen työn vuoksi myös ylläpidettävien tietojen määrä lisääntyy.

Tarkastuspöytäkirjan avaaminen kokoonpanon alkaessa tehdään manuaalisesti. Manuaalinen tarkastuspöytäkirjan hallinta on riski tuotannon nopean tahtiajan ja suuren laitevoilymin vuoksi. Oikeanaikaisen tarkastuspöytäkirjojen avaamisen lisäksi niiden sisältöä tulee päivittää kokoonpanon aikana tehtyjen rakennemuutosten seurauksena. Laitteen rakenne voi elää koko kokoonpanoprosessin ajan, minkä vuoksi manuaalista päivitystyötä on paljon.



KUVIO 13. IT-järjestelmästä aiheutuvia haasteita.

Hallintapuolen haasteet heijastuivat myös IT-järjestelmän käyttöpuolella. Laiterakenteen kokoonpanonaikaisista muutoksista johtuvat tarkastuskohtien muutokset tulee huomioida myös tarkastuspöytäkirjan täytössä. Asentajien tulee saada impulssi uusien tarkastuskohtien täyttämiseksi. Impulssin puuttuessa on riski, että rakenteelle lisätyn

komponentin sarjanumerotieto jää keräämättä. IT-järjestelmän ongelmia aiheutui myös järjestelmän hitaudesta ja kaatumisesta. Järjestelmän hitauteen löydettiin ratkaisu lisäämällä serverin käyttökykyä. Järjestelmän kaatuessa tuotannossa otetaan väliaikaisesti paperiset tarkastuspöytäkirjat käyttöön, jotta tuotanto ei pysähdy ja tarvittava tieto saadaan siirrettyä myöhemmin sähköiseen tarkastuspöytäkirjaan.

Sähköiseen tarkastus- ja testauspöytäkirjaan siirtyessä tuli huomioida myös asentajilla käytössä olevien käyttöpäätteiden määrä. Kokoonpanolinjalla oli asentajien käytettävissä yksi pöytätietokone, jonka tarkoituksena oli palvella koko linjaa. Kokoonpanolinjalla voi olla maksimissaan kuusi pintaporalaitetta yhtäaikaisesti työn alla, minkä vuoksi myös käyttöpäätteitä tulisi olla kuusi. Käyttöpäätteen tulisi olla helposti liikuteltavissa, jotta tarkastuspöytäkirjaan kirjattavat tiedot olisi mahdollista kirjata poralaitteen läheisyydessä. Käyttöpäätteenä voidaan käyttää esimerkiksi kannettavaa tietokonetta. Kannettavia tietokoneita tulisi hankkia myös loppukokoonpanon jälkeisiin toimintoihin, eli säätöön ja testaukseen, jolloin asentajat pystyisivät seuraamaan yhtäaikaisesti työohjeita ja tarkastuskohtia esimerkiksi testauksen aikana.

9.2 Kehitysehdotukset

Projektin läpiviennin aikana nousi esille useita eri osa-alueita koskevia haasteita ja niihin liittyviä kehitysehdotuksia. Kehitysehdotuksia löydettiin niin toiminnasta ja toimintatavoista kuin myös järjestelmistä ja niiden toimimisesta. Projektin läpiviennin aikana ei otettu toiminnallisesti kantaa kehitysehdotusten tarpeellisuuteen tai toiminnan riskialttiuteen ilman kehityksen toteuttamista, vaan kaikki esille nousseet kehitysehdotukset kirjattiin ylös ja niitä tutkittiin tarkastus- ja testauspöytäkirjan pilotoinnin jälkeen.

Projektin ja pilotoinnin aikana esille nousseita haasteita ja kehitysehdotuksia taulukoi-
tiin ja arvioitiin 0-5 luokittelulla. Arvioinnissa 0 kuvasi tarpeen tai kuvauksen minimaalisuutta ja 5 kuvasi suurta tarvetta. Luokittelun perusteella kehitysehdotuksia listattiin tarpeellisuuden ja toteutuksessa huomioitavien osa-alueiden perusteella. Luokittelusta ei kuitenkaan saatu kehitysehdotuksen toteutukseen vaadittavia kaikkia tietoja, vaan luokittelu toimi suuntaa-antavana työkaluna. Tämän opinnäytetyön projektin sisältöön ei kuulunut kehityskohteiden toteutus, vaan projektin aikana kartoitettiin mahdollisia kehityskohteita, joita voidaan huomioida esimerkiksi sähköisten tarkastus- ja testauspöytä-

kirjojen siirtämisessä muille pintaporalaitteille. Taulukossa 10 on esitetty haasteiden ja kehitysehdotusten luokittelua. Taulukosta nähdään esimerkiksi, että nimikkeiden kirjaamisesta aiheutuviin haasteisiin järjestelmän automatisointi on tarkastus- ja testauspöytäkirjan luotettavuuden ja käytettävyyden kannalta kriittinen kehitystoimenpide, mutta sen toteuttaminen vaatii paljon resursseja sekä aikaa. Toiminnan sujuvuuden, luotettavuuden ja laadun parantamisen kannalta kehitystoimenpide on kuitenkin välttämätön.

TAULUKKO 10. Esimerkki nykytilan haasteiden ja kehitysehdotusten luokittelusta. Luokittelussa arvosana 5 ja punainen väri vastaavat kriittistä tarvetta ja arvosana 1 ja vihreä väri pientä tarvetta.

TOIMENPIDE / RESURSSIT	HAASTE / KEHITYSKOHDE		
	Järjestelmän automatisointi	SOP-ohjeet	Laatukulttuurin kehittäminen
Tarpeellisuus	5	3	4
Kiireellisyys	4	3	3
Aiheutuva hukan määrä	4	4	2
Resurssit	vähäiset	hyvät	hyvät
Aikataulu	pitkä	normaali	normaali
Toteutus	Järjestelmän kehitys kallista ja kestää pitkään, resurssit toteuttamiseen heikot	Sitoo henkilön/henkilöitä joksikin aikaa asennuskuvien ja ohjeiden luonnin vuoksi. Arvioitu kesto 2-3kk	Ulkopuolisen pitämä laatu-koulutus, laatuteorioiden ja työkalujen koulutus työntekijöille

Suurin tuotantoon ja toimintaan vaikuttava kehitysehdotus on sähköisen tarkastus- ja testauspöytäkirjan siirtäminen kaikille Tampereen tuotannossa valmistettaville pintaporalaitteille. Muilla Tampereella valmistettavilla pintaporalaitteilla on käytössä paperille tulostettava tarkastus- ja testauspöytäkirja, joka arkistoidaan laitteen valmistuttua. Sähköisen tarkastus- ja testauspöytäkirjan käyttöönotto koko tuotannon laajuisesti yhtenäistää toimintatapoja, jolloin esimerkiksi eri työtavoista aiheutuvien laatuerojen riski

pienenee. Sähköiset tarkastus- ja testauspöytäkirjat on tarkoitus ottaa käyttöön muillakin pintaporolaitteilla kesän 2016 aikana.

Muita huomioitavia kehitysehdotuksia olivat muun muassa loppukokoonpanoon valmistettavien osakokoonpanojen ERP-ohjauksen muuttaminen varastoon ohjautuvasta työlle ohjautuvaksi, mikä mahdollistaisi komponenttien sarjanumeroiden kirjaamisen jo kokoonpanoa tehdessä. Nykytilanteessa osakoonnassa valmistettu kokoonpano viedään varastoon, eikä siitä voida kirjata tarkastus- ja testauspöytäkirjaan tarvittavia sarjanumeroita, sillä kokoonpanon valmistusvaiheessa ei ole vielä tietoa mihin laitteeseen kyseinen kokoonpano asennetaan.

Lisäksi tarkastus- ja testauspöytäkirjan hallintajärjestelmää tulisi kehittää niin, että konekortin sisältö on mahdollista määrittää rivikohtaisesti. Nykytilanteessa laitekohtaisen konekortin sisältö määritetään tarkastuspöytäkirjan avulla niin, että pääotsikot on vapaasti muokattavia, mutta pääotsikoiden alla oleva tieto ohjautuu automaattisesti tarkastuspöytäkirjasta valittujen alakategorioiden ja tarkastuskohtien mukaisesti. Konekortti toimii useiden eri toimijoiden apuvälineenä ja sitä hyödynnetään esimerkiksi tuotannossa, varaosapuolella sekä etulinjassa varaosakirjojen tukena. Konekortin layout aiheutti projektin aikana haasteita, sillä layout haluttiin säilyttää alkuperäisenä, mutta järjestelmä ei mahdollistanut sitä. Ratkaisuna konekortin sisältämä nimiketieto säilytettiin alkuperäisenä pienin layout muutoksin.

Tässä kappaleessa on esitelty projektin aikana esiin nousseita kehityskohteita, jotka luokiteltiin arvioinnin mukaan kriittisiksi tai välttämättömiksi kehityskohteiksi toiminnan parantamisen ja laadun varmistuksen kannalta. Joidenkin kehityskohteiden käyttöönottoa suunniteltiin ja aloitettiin resurssien salliessa jo projektin aikana.

9.2.1 IT-järjestelmän automatisointi

Sähköisen tarkastus- ja testauspöytäkirjan hallintajärjestelmä on manuaalisesti Lotus Notes –tietokannassa toimiva järjestelmä. Tarkastuspöytäkirjojen hallinnan osalta tarkastuskohtien ja sisällön luonnin lisäksi tarkastuspöytäkirjojen avaaminen ja rakenteen mukaisten tarkastuskohtien valitseminen, tietojen ylläpito sekä konekortin valmistus suoritetaan manuaalisesti. Sähköisen järjestelmän käytön osalta manuaalista työtä aiheu-

tuu rakenteen mukaisten nimikenumeroiden löytämisestä ja kirjaamisesta sekä optiotarkastusten kuittaamisesta. Manuaalinen työ aiheuttaa hukkaa prosessiin, vaikeuttaa tarkastuspöytäkirjojen tietojen ylläpidettävyyttä, hidastaa työskentelyä lisäten haasteita nopeatahtiseen volyymituotantoon sekä kasvattaa inhimillisen virheen syntymisen mahdollisuutta.

IT-järjestelmän hallinnan ja käytön manuaalisia haasteita ja riskejä voidaan poistaa järjestelmän automatisoinnilla. Automatisointi mahdollistaisi:

- laiterakenteen mukaisen tarkastus- ja testauspöytäkirjan automaattisen luonnin laiterakenteen auettua ERP-järjestelmään
- laiterakenteen mukaisten nimikenumeroiden automaattisen haun tarkastus- ja testauspöytäkirjan nimiketietokenttiin
- laiterakenteen muutosten automaattisen siirtymisen ja päivittymisen tarkastus- ja testauspöytäkirjan sisältöön
- nopean impulssin laiterakenteen muutosten aiheuttamien uusien tarkastuskohtien täyttämiseksi
- konekortin tietojen paremman luotettavuuden ja nopeamman käsittelyn
- tarkastus- ja testauspöytäkirjan tehokkaamman ylläpidon ja päivitettävyyden.

Automatisoinnin myötä tarkastus- ja testauspöytäkirjan avaamisesta, käytöstä ja ylläpidosta aiheutuvan hukan määrä vähenisi huomattavasti. Hallintapuolen manuaaliseksi työksi jäisi vain tarkastuspöytäkirjojen tietojen ylläpito ja kehittäminen. Käyttöpuolen manuaaliseksi työksi jäisi asentajille vain komponenttien sarjanumeroiden kirjaaminen ja tarkastuskohtien kuittaaminen. Konekortin osalta manuaalista työtä olisi vain sarjanumeroiden oikeellisuuden tarkastaminen.

Automatisointi mahdollistaisi myös nykyisten tarkastus- ja testauspöytäkirjojen rakenteen muuttamisen laitteen myyntispesifikaatiota vastaavaksi. Pantera DPi – pintaporolaitteiden tarkastus- ja testauspöytäkirjan rakenne sisältää kaikkien mahdollisten optiovariaatioiden tarkastuskohtat, minkä vuoksi asentajien tulee kuitata myös laitteen myyntispesifikaatioon kuulumattomia tarkastuskohtia 100 %:n tarkastettavuuden saavuttamiseksi. Ylimääräisten tarkastuskohtien kuittaaminen lisää hukkaa prosessiin.

Järjestelmän kokonaisvaltainen automatisointi mahdollistaisi tarkastuspöytäkirjojen tietojen päivittymisen reaaliaikaisesti laiterakenteen ja tuotannon muutosten mukaisesti. Järjestelmän automatisointi ja tarkastuspöytäkirjan reaaliaikainen päivittyminen vastaisi tehokkaasti tuotannon nopean tahtiajan aiheuttamiin haasteisiin. Tarkastuspöytäkirjasta olisi selkeästi havaittavissa rakennemuutoksen mukaiset uudet täytettävät tai muutettavat tarkastuskohdat, mikä nopeuttaisi uusien tietojen lisäämistä tai muuttamista laitteen konekorttiin ja varaosakirjoihin.

Ennen IT-järjestelmän kokonaisvaltaista automatisointia manuaalisesta työstä aiheutuvia haasteita ja riskejä voidaan minimoida lisäämällä eri tekniikoita prosessiin. Nimikenumeroiden kovakoodaamisesta ja manuaalisesta kirjaamisesta aiheutuvaa hukkaa ja riskiä voidaan pienentää hyödyntämällä komponentteihin kiinnitettyjä viivakooditarroja tai RFID-tunnisteita (Radio Frequency Identification) eli radiotaajuudella toimivia etätunnisteita. Esimerkiksi hyödyntämällä viivakoodilukijaa nimiketietojen keräämisessä kovakoodatut nimikenumerot olisi mahdollista poistaa tarkastuspöytäkirjan sisällöstä, mikä vähentäisi ylläpidettävän tiedon määrää sekä minimoisi manuaalisen kirjaamisen aiheuttaman inhimillisen virheen syntymisen.

IT-järjestelmän automatisoinnilla, viivakooditarrojen tai RFID-tunnisteiden lisäämisellä voidaan vähentää myös muutoksen hallinnasta aiheutuvia haasteita. Komponenttien revisiotietojen ERP-järjestelmään lisäämisen myötä revisiotiedot olisi mahdollista saada automatisoinnin avulla suoraan laiterakenteelta tai komponentteihin kiinnitettävistä viivakooditarroista tarkastuspöytäkirjan tietoihin. Tällöin komponenttien revisiotietojen ja muutosten voimaantumisen seuraaminen helpottuisi.

9.2.2 Laatumkulttuurin kehittäminen

Total Quality Managementin (TQM) yhteydessä puhutaan usein laatumkulttuurista. TQM:n avulla pyritään luomaan yrityksen henkilöstölle asenteet ja ilmapiirin, jotka mahdollistavat toiminnan jatkuvan parantamisen ja kyvyn tuottaa korkealaatuisia loppu-tuotteita. Laatumkulttuuri voidaan mieltää toimijoiden toimintakulttuuriksi, joka määrittelee työntekijöiden työskentelyn arkiarvot. Toimintakulttuuri luo osaltaan työntekijöille toiminnan mukavuusalueen, jota pyritään eri häiriötekijöillä, esimerkiksi laadunparannushankkeilla, muokkaamaan. (Moisio 2011.)

Laatukulttuuri ja laadunkehittäminen ilmenevät työpaikoilla esimerkiksi arvojen, toiminnan ja vision perusmäärittelynä, haluna oppia uutta, yksilöiden huomioimisena ihmisinä eikä työntekijöinä, asiakasarvon määrittämisenä sisäisenä arvona sekä prosessin ongelmiin ja niiden aiheuttajiin puuttumisena. Laatukulttuurin kehittämisen tiellä on usein operatiivisia tekijöitä, kuten kiire, puutteelliset resurssit sekä totutut toimintatavat. (Moisio 2011.) Laatukulttuurin kehittäminen ja parantaminen alkaa yrityksen johdosta, sillä ilman johdon tukea ja ymmärrystä kehitystä on mahdoton siirtää tuotannon toimintoihin.

Yrityksen tavoitellessa parempaa toiminnan ja tuotteiden laatua, tulee laatukulttuuri jalkauttaa tehokkaasti yrityksen jokaiselle henkilölle osaksi päivittäistä työskentelyä. Laatukulttuurin kehittäminen alkaa yhteisten pelisääntöjen sopimisesta ja työtapojen yhtenäistämisestä. Esimerkiksi kokoonpanotehtaalla kokoonpano tulisi olla pitkälle standardoitua, mikä minimoisi henkilökohtaisten toiminta- ja työtapojen soveltamisen laitteiden kokoonpanossa. Kokoonpanossa syntyvien laatupoikkeamien takana voi olla esimerkiksi vanhat opitut rutiinit, joita asentajat haluavat noudattaa, vaikka laitteet ovat muuttuneet tuotekehityksen myötä. Tuotekehitys voi aiheuttaa visuaalisten muutosten lisäksi muutoksia myös kokoonpano-ohjeisiin sekä työtapoihin, jolloin rutiininomaisia työtapoja tulee muuttaa.

Laatu voidaan tuoda myös näkyväksi osaksi yritystä ja sen toimintaa esimerkiksi osana yrityksen visiota. Laatu ja laatuavoitteet voidaan tuoda osaksi tuotantoa muun muassa tuotannon jälkikatselmointien ja laatu-aulujen avulla. Jälkikatselmoinneilla voidaan seurata kokoonpanossa ilmenneitä laatupoikkeamia ja niihin käytettyjä ratkaisuja. Jälkikatselmoinnin tarkoituksena on tuoda esiin syntyneitä ongelmia ja siten saada työntekijät kiinnittämään huomiota samankaltaisten ongelmien uudelleensyntymiseen tulevissa kokoonpanoissa. Yritys voi myös tuoda tuotannon työntekijöille kriittiset laatu-avut ja ongelmat esiin esimerkiksi laatu-aulujen avulla. Kokoonpanolinjalle voidaan tuoda laatu-auluja, joista ilmenee sen hetkiset kriittiset laatuasiat. Laatu-aululla voidaan esittää esimerkiksi laatu-avut juurisyyt, toimenpiteet sekä kehitysehdotukset ongelman välttämiseksi. Laatu-auluilla voidaan myös tuoda esiin laitekohtaisten laatu-avut määrää ja syntypaikka. Laatu-aulujen avulla pystytään esittämään työntekijöille heidän työnsä merkitys ja eri toimenpiteiden vaikutukset tuotelaatuun.

9.2.3 SOP-ohjeet osaksi tarkastus- ja testauspöytäkirjaa

Alkuperäisessä tarkastus- ja testauspöytäkirjassa ei ollut asennukseen tai testaukseen liittyviä työohjeita liitettynä. Työohjeita oli asentajien saatavilla, mutta ne eivät olleet tarkastuspöytäkirjan yhteydessä. Sähköiseen tarkastus- ja testauspöytäkirjaan on mahdollista liittää tarkastuskohtaisia kuvallisia työohjeita, joiden avulla työtapoja pystytään yhtenäistämään ja sitä kautta vaikuttamaan myös tuotannon laatuun.

Tärkein ja ensisijainen työtapojen oppimisen lähde on perehdytys, mutta esimerkiksi solukoordinaattien eli kokoonpanosolujen vastuuhenkilöiden poissa ollessa tarkastuspöytäkirjaan liitettyjen työohjeiden on tarkoitus olla asentajien työn tukena. SOP-ohjeet (Standard Operating Procedures) voidaan lukea osaksi laatukulttuurin kehittämistä, sillä työohjeiden tarkoituksena on määrittää yhteinen työtapo esimerkiksi pintaporalaiteiden letkujen reitityksistä. Kirjalliset työohjeet vähentävät epäselvyyksiä ja ohjaavat asentajien työskentelyä samansuuntaiseksi.

SOP-ohjeita eli standardoituja työohjeita ei ole tarkoituksenmukaista liittää tarkastuspöytäkirjan jokaiseen tarkastuskohtaan. SOP-ohjeilla ei ole tarkoitus ohjeistaa lähtökohdaisesti asentajan ammattitaitoon luettavia työtapoja, esimerkiksi nippojen kiristystä, vaan niiden avulla tulee pyrkiä helpottamaan ja ohjeistamaan vaativien asennustöiden tekemistä. Laadun tulee tarkastella tarkastuspöytäkirjaan lisättävien SOP-ohjeiden sisältöä, määrää ja sijaintia yhteistyössä työnjohton ja asentajien kanssa, jotta prosessista pystytään määrittämään eniten laatupoikkeamia aiheuttavat vaiheet. SOP:ien tarkoituksena on vähentää eri toimintatavoista tai epäselvistä ohjeistuksista johtuvien laatupoikkeamien syntymistä.

9.2.4 Testausprosessin kehittäminen

Testaus on olennainen osa tuotantoprosessia. Oikein rakennettuna se mahdollistaa kriittisten vikojen havaitsemisen ennen tuotteen toimitusta loppuasiakkaalle. Testaukseen käytettävien resurssien ja ajan taso on määritettävä oikein, jotta voidaan ymmärtää mitä kustannuksia testauksessa löytymättä jääneet viat voivat aiheuttaa. Vian korjaamisesta aiheutuvat kustannukset kasvavat prosessin etenemisen myötä. Mitä aiemmin vika voidaan paikallistaa, sitä edullisempaa sen korjaaminen on. (Tuovinen 2013.)

Poralaitteiden testaus suoritetaan loppukokoonpanon ja säädön jälkeen. Testauksessa ilmenneiden vikojen korjaamiseen ei ole varattu ylimääräisiä resursseja tai aikaa, mikä aiheuttaa testaukseen ja testauksen jälkeisiin toimenpiteisiin lisäkuormitusta. Maanalaisilla laitteilla testausta on hajautettu prosessin eri vaiheisiin ja joitakin komponentteja tai modulikokoonpanoja on mahdollista testata jo ennen modulikokoonpanon asennusta laitteeseen. Pintaporalaitteissa modulikokoonpanoja ei ole tällä hetkellä mahdollista testata kokoonpanon aikana. Esimerkiksi uustuoteprojekteissa olisi mahdollista huomioida tuotteiden modulaarisuus ja modulaarisuuden lisääminen, mikä mahdollistaisi modulikokoonpanojen testaamisen tai osittaisen testaamisen jo valmistusvaiheessa.

Modulikokoonpanojen ja suurempien komponenttikokonaisuuksien testaaminen tulisi siirtää optimitalanteessa tuotannosta alihankkijoille ja toimittajille, jolloin tuotannon kuormitusta saadaan pienennettyä ja vioista aiheutuvien toimenpiteiden suorittamiseen jää enemmän aikaa. Testauksen lisäksi esimerkiksi hydrauliiikkakomponenttien paineiden säätö tulisi ulkoistaa mahdollisuuksien mukaan toimittajille, jolloin laitteen säätöön kuluva aikaa ja resursseja saataisiin vähennettyä. Siirtämällä mahdolliset säädössä ja testauksessa suoritettavat rutiinitoimenpiteet ulkopuolisille toimijoille yritykselle jää enemmän resursseja ja aikaa reagoida laitteen käynnistyksessä ilmenevien ongelmien poistamiseksi. Resurssien ja ajan kasvaessa yrityksellä on myös mahdollisuus löytää tuotannossa ilmenneiden ongelmien juurisyy ja sitä kautta minimoida saman ongelman uudelleensyntyminen.

10 POHDINTA

Opinnäytetyön sekä projektin onnistuneen läpiviennin kannalta oli huomioitava useita tekijöitä. Opinnäytetyön teoreettisessa osuudessa ja kirjoitusprosessissa oli pohdittava lähdetietojen luotettavuutta ja työn eettisyyttä sekä arvioitava työn sisältöä kriittisesti koko prosessin ajan. Projektin suunnittelussa ja toteutuksessa oli huomioitava työn vaikutus eri sidosryhmiin, projektin aikataulu ja aihealueen rajaus. Projektin onnistuneen lopputuloksen kannalta oli pohdittava projektin alussa asetettuja tavoitteita ja niiden saavuttamista. Lisäksi oli tärkeää miettiä muun muassa pilotoinnin merkitystä sekä Sandvikin vastuuta laitevalmistajana suhteessa valmistajan suorittamaan laitteiden tarkastukseen ja testaukseen ennen asiakkaalle toimitusta.

Projektin toimeksiannon aihe oli selvillä ennen projektin aloitusta, mutta aihealueen rajaus tehtiin vasta suunnitteluvaiheessa. Aihealueen rajauksessa tuli huomioida projektilla tavoiteltava lopputulos sekä sen toteutukseen käytettävissä olevat aika ja resurssit. Projektin aiheeksi rajautui Pantera DPi –pintaporalaitteiden tarkastus- ja testauspöytäkirjojen sähköiseen muotoon siirtäminen. Projektin suunnitteluvaiheessa pohdittiin useampien pintaporalaitteiden käsittelyä, mutta lähtötilanne huomioiden projektissa päädyttiin käsittelemään vain yhtä pintaporalaitemallia. Pintaporalaitteiden sähköisen tarkastus- ja testauspöytäkirjan osalta ei ollut tehty lainkaan alkuvalmisteluja, minkä vuoksi projektista olisi tullut useammilla pintaporalaitteilla liian raskas läpivietäväksi. Lisäksi sähköisestä tarkastus- ja testauspöytäkirjasta haluttiin tehdä yhdellä laitemallilla kattava pilottijakso onnistuneen käyttöönoton saavuttamiseksi.

Aihealueen rajauksen jälkeen määritettiin projektin aikataulu. Aikataulu suunniteltiin viikkotasolla, ja jokaiselle viikolle määritettiin useampia työvaiheita. Projektin aihealueen onnistuneen rajauksen avulla aikataulu oli helppo luoda. Aihealueen rajauksessa onnistuttiin huomioimaan projektin eri osa-alueet sekä niiden vaatimat työvaiheet, jotka oli helppo siirtää myös suoraan aikatauluun. Määritetty aikataulu piti hyvin läpi projektin, vaikka projektin loppuvaiheissa sisältöön lisättiin vielä uusia työvaiheita. Viikkotasolle suunniteltu aikataulu oli projektin läpiviennin kannalta toimivin ratkaisu. Päiväkohtainen aikataulu olisi sitonut toiminnan liian tiiviiksi eikä se olisi mahdollistanut tarvittavaa joustavuutta esimerkiksi tuotannon muutoksista johtuen. Liian karkea aikataulu olisi taas aiheuttanut riskin liian joustavaan toimintaan. Liian karkeasta aikataulus-

ta johtuen olisi voinut esimerkiksi jäädä tekemättä tärkeitä työvaiheita tai projektin aikataulu olisi voinut venyä.

Projektilla ja sen lopputuotteen käyttöönotolla oli paljon vaikutusta myös eri sidosryhmiin. Sidoryhmät, kuten tuotanto ja tuotannonkehitys, tuli huomioida koko projektin ajan, minkä vuoksi projekti toteutettiin tiiviissä yhteistyössä heidän kanssaan. Sähköisellä tarkastus- ja testauspöytäkirjalla on vaikutusta muun muassa tuotannon läpimenoaikaan sekä asentajien työtapoihin, jolloin projektin sisällöstä ja työn etenemisestä oli tarpeellista keskustella myös työnjohtajien ja tuotannonkehityksen henkilöiden kanssa. Esimerkiksi tuotannonkehityksellä oli yhtäaikaaisesti käynnissä projekti tuotannon läpimenoajan lyhentämiseksi. Projekteilla havaittiin samoja tavoitteita, minkä vuoksi esimerkiksi tuotannonkehityksen projektissa huomioitiin sähköisen tarkastus- ja testauspöytäkirjan mahdolliset vaikutukset tuotannon läpimenoaikaan.

Yleisesti sähköisellä tarkastus- ja testauspöytäkirjalla havaittiin olevan vaikutusta kaikkien Tampereen tehtaan laitemallien läpimenoaikoihin. Pintaporolaitteiden läpimenoajat ovat todella lyhyitä eikä sähköisen tarkastuspöytäkirjan käyttöönotto saanut aiheuttaa läpimenoajan pidentymistä ja siten lisätä hukkaa prosessiin. Maanalaisten laitteiden tuotannossa pyritään lyhentämään läpimenoaikaa, jolloin myös niiden valmistuksessa tulee huomioida sähköisestä tarkastuspöytäkirjasta aiheutuvat mahdolliset hukanaiheet, kuten käyttöpäätteiden määrä ja sijainti sekä tarkastuspöytäkirjan hallinta ja käyttö. Esimerkiksi manuaalisesti avattava ja hallittava sähköinen tarkastuspöytäkirja on haaste nopeatahtisessa jatkuvasti muuttuvassa tuotannossa.

Sähköinen tarkastus- ja testauspöytäkirja on kuitenkin tehokkaan toiminnan edellytys nopeatahtisessa tuotannossa. Sandvikin Tampereen tehtaan volyyymi vaihtelee markkinoiden mukaan, minkä seurauksena tuotantotahti voi muuttua voimakkaasti lyhyelläkin aikavälillä. Sähköisen tarkastuspöytäkirjan käyttöönoton myötä toiminnan läpinäkyvyys lisääntyy. Lisäksi sähköinen tarkastuspöytäkirja vähentää oikein organisoituna prosessiin aiheutuvan hukan määrää, jolloin tuottavuus paranee tehokkaamman tuotannon ansiosta. Sähköisen tarkastuspöytäkirjan avulla hallittavan tiedon määrä vähenee ja tietojen ylläpito helpottuu. Ketteryytensä, muokattavuutensa ja vähäisen ylläpidettävän tietomäärän ansiosta sähköinen tarkastuspöytäkirja mukautuu tehokkaammin tuotannon muutoksiin, jolloin lopputuotteiden laatu ja asiakastyytyväisyys ovat mahdollisia säilyttää korkealla tasolla.

Sandvikilla on laitevalmistajana suuri vastuu valmistamiensa laitteiden toiminnasta, laadusta ja turvallisuudesta. Asiakkaan ostamissa laitteissa ilmenevät toiminta- tai turvallisuusongelmat vaikuttavat välittömästi asiakastyytyväisyyteen ja sitä kautta yrityksen maineeseen ja tuotteiden myyntiin. Sähköistä tarkastus- ja testauspöytäkirjaa rakennettaessa tuli huomioida valmistajan vastuu tuotannon aikaisissa tarkastuksissa. Sandvikin tulee pystyä itse määrittelemään laitteilta vaadittavat laatu- ja turvallisuustasot, jotka vastaavat asiakasvaatimuksia. Vaadittavia tasoja määritettäessä on otettava huomioon tarkastuksista ja testauksista saatava hyöty suhteessa niistä aiheutuviin kustannuksiin. Loppuasiakas ei maksa tuotteen ylilaadusta, joten yrityksen tulee pyrkiä tuottamaan ja testaamaan kustannustehokkaasti laadukkaita, asiakasvaatimukset täyttäviä tuotteita.

Laitevalmistajana Sandvikin on löydettävä lopputuotteen laadun ja turvallisuuden kannalta kriittisimmät riskit ja määritettävä tarkastus- ja testausprosessi, joka huomioi havaitut riskit. Laitevalmistajan vastuuta voidaan verrata esimerkiksi laitteiden ja komponenttien huoltoja tai korjauksia tekevään yritykseen. Huoltoja ja korjauksia tekevä yritys suorittaa laitevalmistajan ennalta määräämät tarkastukset huolto- tai korjaustyön aikana ja heidän vastuullaan on vain valmistajan määräämien tarkastusten tekeminen ohjeiden mukaisesti. Toisin kuin laitevalmistaja, huoltoyritys ei ole vastuussa esimerkiksi vaaditun turvallisuustason mukaisten testauksien määrittämisestä, minkä seurauksena huoltoyrityksellä on pienempi vastuu. Esimerkiksi onnettomuuden sattuessa loppuasiakkaalla selvitetään syy-seuraus-suhde. Laitevalmistaja voi olla tilanteessa korvausvastuussa, mikäli selviää, että onnettomuus olisi ollut estettävissä oikeanlaisilla testauksilla.

Sähköiseen tarkastus- ja testauspöytäkirjaan määritettyjä tarkastuskohtia sekä yleisesti tarkastuspöytäkirjan rakennetta ja käyttöä testattiin tuotannossa suoritettulla pilottijaksolla. Parannusprosesseja tehtäessä on tärkeää huomioida parannusta seuraavat mahdolliset ongelmat. Kaikki tuotannossa ja toiminnassa tehtävät parannukset vaativat muutosta, mutta kaikilla muutoksilla ei välttämättä saavuteta toivottua parannusta. Sähköisen tarkastus- ja testauspöytäkirjan pilottijakson suorittaminen oli välttämätöntä projektin onnistumisen sekä luotettavien lopputulosten saavuttamisen kannalta. Muutoksia tulee tutkia eri näkökulmista, jotta muutoksesta aiheutuvat hyödyt ja haitat saadaan selvitettyä. Muutoksia suunniteltaessa ja tehdessä on myös tärkeä huomioida mitä parannuksia muutoksilla tavoitellaan. Tavoitteiden määrittely mahdollistaa toteutettujen muutosten kriittisen tarkastelun ja selvityksen siitä toteutuiko tavoiteltu parannus muutosten myötä.

Pilottijakso kartoitti tarkastuspöytäkirjan sähköiseen muotoon muuttamista seuranneet hyödyt ja haitat. Projektin alussa asetetut tavoitteet toteutuvat sähköisen tarkastuspöytäkirjan avulla, mutta pilottijakso paljasti myös muutoksesta aiheutuvia haittoja, joita ei osattu huomioida projektin aikana. Sähköinen tarkastus- ja testauspöytäkirja voi pahimmassa tapauksessa aiheuttaa suuria haasteita tuotantoprosessin toimivuudelle ja luotettavuudelle. Prosessissa ilmeneviä mahdollisia haasteita tunnistettiin hyvin ja niihin löydettiin nopeasti ratkaisuehdotuksia. Havaittuja haasteita käsiteltiin luvussa 9.1. Sähköisen tarkastus- ja testauspöytäkirjan helppokäyttöisyys sekä kerättävien tietojen luotettavuus tulee varmistaa kehitystoimenpiteillä, joita käsiteltiin luvussa 9.2.

Opinnäytetyön teoriaosuuden tarkoituksena oli tukea projektille asetettujen tavoitteiden saavuttamista. Projektia tukevaa teoriaa tutkittiin erityisesti projektin alussa, jotta eri laatuteorioita pystyttiin hyödyntämään mahdollisimman tehokkaasti projektin läpiviennissä. Laatuteorioita ja -työkaluja pyrittiin tutkimaan erilaisista lähteistä, jotta niiden hyödyntäminen projektin toteutuksessa olisi mahdollisimman luotettavaa. Vain muutamman lähdetiedon hyödyntäminen olisi heikentänyt tietojen luotettavuutta, sillä laatuteorioiden tulkitsijoilla on usein oma tulkintansa teoriasta ja sen käytäntöön soveltamisesta. Useampien lähteiden tutkiminen mahdollisti eri laatuteorioiden tulkintojen hyödyntämisen ja tulkitsemisen, jolloin projekti ei pohjautunut vain yhteen tulkintaan oikeanlaisesta laatuteorian toteuttamisesta. Tästä johtuen myös työn eettisyys säilyi hyvänä.

Projektin läpiviennin avuksi löydettiin Sandvikin toimintamallien ja asetettujen tavoitteiden kannalta oikeat laatuteoriat ja -työkalut. Projektin toteutuksessa pystyttiin huomioimaan tulevaisuuden tavoite nolla-virhe -tuotannosta sekä pohtimaan jo käytössä olevien laatuteorioiden hyödyntämistä tavoitteen saavuttamiseksi. Hyödynnetyt laatuteoriat ja -työkalut vahvistivat projektin tavoitteita. Esimerkiksi prosessissa aiheutuvaa hukkaa on mahdollista minimoida TPS:n ja Lean-filosofian avulla, jolloin tuotannon tuottavuus ja tehokkuus paranee. Hukan minimointi standardoitujen työtapojen ja laatu-kulttuurin kehittämisen avulla johtaa parempaa lopputuotteiden laatuun ja korkeampaan asiakastytyväisyyteen.

Yleisesti opinnäytetyön kirjallinen osuus sekä projekti onnistuivat hyvin. Opinnäytetyön kirjallinen osuus ja projekti etenivät yhtäaikaaisesti, jolloin työvaiheille määritetty aikataulu sekä aiheen rajausta pysyivät sovitussa. Projektin onnistumiseen vaikutti alussa teh-

ty lähtötilanteen kartoitus, jonka tekemiseen käytettiin paljon aikaa. Heikko lähtötilanteen kartoitus olisi voinut pahimmassa tapauksessa johtaa siihen, että tehty muutos ei olisi ollut parannus, vaan selkeä heikennys prosessin tehokkuuteen ja luotettavuuteen. Kattava lähtötilanteen kartoitus mahdollisti oikeiden kehityskohteiden löytämisen tavoiteltujen parannuksen saavuttamiseksi. Opinnäytetyön ja projektin avulla onnistuttiin saavuttamaan lähtötilanteessa asetetut tavoitteet, minkä vuoksi sähköinen tarkastus- ja testauspöytäkirja on mahdollista käyttöönottaa tuotannossa nopealla aikataululla sekä myös implementoida muille Tampereen tehtaan pintaporolaitteille.

LÄHTEET

About Us. 2016. Sandvik. Luettu 23.03.2016.

<http://www.sandvik.com/en/about-us/our-company/>

Chandana. 2015. Concept of Zero Defects in Quality Management. Simpl I Learn. Luettu 21.01.2016.

<http://www.simplilearn.com/concept-of-zero-defects-quality-management-article>

Christoforou, Y. 2014. In-Process Verification. Sandvik Mining Production System (SMPS). v 2.3. Sandvik.

Deming, E. W. Out of Crisis. 1982.

Forrest, G. Quick Guide to Failure Mode and Effects Analysis. i Six Sigma. Luettu 29.01.2016.

<http://www.isixsigma.com/tools-templates/fmea/quick-guide-failure-mode-and-effects-analysis/>

George, M. L. 2002. Lean Six Sigma. Combining Six Sigma Quality with Lean Speed. United States of America. R.R. Donnelley & Sons Company. 2002.

ISO 9001: 2015 Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset.

Isotalo, J. 2013. Tuotteen seurantatietojen hallinnan kehittäminen. Konetekniikan koulutusohjelma. Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö.

Kakkonen, K. 2013. Testauksen vaikutus yrityksen tuloksellisuuteen. Finnish Software Testing Board. Luettu 21.01.2016.

<http://www.slideshare.net/kkakkonen/testauksen-vaikutus-yritysten-tuloksellisuuteen>

Karjalainen, E. 2015. Kuinka parannat laatua ja tuottavuutta. Quality Knowhow Karjalainen Oy. Luettu 21.01.2016.

<http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/kuinka-parannat-laatua-ja-tuottavuutta/>

Karjalainen, T. & Karjalainen E. 2002. Six Sigma, Uuden sukupolven johtamis- ja laatu menetelmä. Hollola. Salpausselän Kirjapaino Oy.

Kinkki, S., Hulkko, P., Lehtinen-Toivola, A. & Mäkinen I. 1997. Optio. Kansainväli-syyteen kasvava yritys. Porvoo. WSOY.

Krajewski, L., Ritzman, L. & Malhotra, M. 2007. Operations Management. Processes and value chains. 8. painos. New Jersey. Pearson Prentice Hall. 2002.

Liker, J. K. 2010. Toyotan tapaan. Suom. Niemi, M. 2. painos. Jyväskylä: Bookwell Oy. 2011.

Lean-ajattelu. 2015. Logistiikan maailma. Luettu 28.01.2016.

<http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Lean-ajattelu>

Länsimies, A. 2013. Standardityöjärjestyksen kehittäminen kallioporolaitteiden loppukokoonpanoon. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Modig, N. & Åhlström, P. 2013. Tätä on lean. Ratkaisu tehokkuusparadoksiin. Suom. Tillman, M. 2. painos. Ruotsi: Rheologica Publishing. 2013.

Moisio, J. 2011. Laatumatka – Mitä se semmoinen on? Laatumatkalla. Luettu 21.03.2016.

<http://laatumatkalla.fi/2011/04/laatumatka-mita-se-semmoinen-on/>

Parviainen, O. Quality Manager, Sandvik Tampere site. 2016. Haastattelu 01.02.2016. Haastattelija Ali-Löytty, E. Tampere

Paukkala, P. 2014. Erilaisia laatutyökaluja. Luento. Laatu- ja mittaustekniikan kurssi. 2014. Tampereen ammattikorkeakoulu. Tampere.

Piirainen, A. 2016. Prosessimainen toimintamalli ja ISO 9001:2015. Quality Knowhow Karjalainen Oy. Luettu 26.02.2016.

<http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/prosessimainen-toimintamalli/>

Products. 2015. Sandvik Mining and Construction Finland Oy. Luettu 05.01.2016.

<http://www.miningandconstruction.sandvik.com/fi>

Rissanen, R., Sääski, K. & Vornanen, J. 1996. Uudistuvat organisaatiot. Pieksämäki. Kirjapaino Raamattutalo.

Sandvik Dino. Luettu 05.01.2015.

<http://www.sandvikdino.com/>

Sandvikin historia. 2015. Sandvik Mining and Construction Finland Oy. Luettu 30.12.2015.

<http://www.miningandconstruction.sandvik.com/fi>

Sandvik MediaBase. Luettu 30.12.2015.

<http://mediabase.sandvik.com/smc/>

Supply Lines, 01.02.2011. Aggman. Luettu 05.01.2016.

<http://www.aggman.com/supply-lines-7/>

Tekes. Kehittäminen ja pilotointi. Testaa ja todenna toimivuus pilotoinnin avulla. Luettu 17.03.2016.

<http://www.tekes.fi/rahoitus/rahoitus-yritysten-kehitysprojekteihin/pilotointi/>

Tuotetehtaat Suomessa. 2015. Sandvik Mining and Construction Finland Oy. Luettu 05.01.2016.

<http://www.miningandconstruction.sandvik.com/fi>

Tuovinen, A-P. 2013. Testauksen hallinta ja johtaminen. Helsingin yliopisto. Luento 18.04.2013. Luettu 21.03.2016.
https://www.cs.helsinki.fi/u/aptuovin/testaus/Ohj_testaus_2013_10.pdf

Vataja, V. Työnjohtaja, säätö & testaus. Sandvik Tampere site. 2016. Haastattelu 11.03.2016. Haastattelija Ali-Löytty, E. Tampere.

Väisänen, J. 2013a. VSM (Value Stream Mapping) – Arvovirtakuvaus. Quality Know-how Karjalainen Oy. Luettu 29.01.2016.
<http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/vsm-value-stream-mapping-arvovirtakuvaus/>

Väisänen, J. 2013b. Nollavirheajattelusta Six Sigmaan. Quality Knowhow Karjalainen Oy. Luettu 21.01.2016.
<http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/nollavirheajattelusta-six-sigmaan/>

Williams, P.H. Zero Defects: What Does It Achieve? What Does It Mean? i Six Sigma. Luettu 21.01.2016.
<http://www.isixsigma.com/new-to-six-sigma/sigma-level/zero-defects-what-does-it-achieve-what-does-it-mean/>

Year In Action 2015. 2015. Sandvik Construction. Luettu 05.01.2016.
<http://www.constructionyear.com/drilling-blast/chenab-bridge-india-on-top-of-the-world/>.

LIITTEET

Liite 1. Alkuperäinen tarkastus- ja testauspöytäkirja (Sandvik, sisäinen tietokanta)

Liite 2. Sähköinen tarkastus- ja testauspöytäkirja (Sandvik sisäinen tietokanta)