

# ENNAKOIVA LAADUN PARANTAMINEN

FORTACO OY:N KONEISTUS

Pasi Orrenmaa

Opinnäytetyö  
Tuotantotalous

INSINÖÖRI (AMK)

2015

Tekniikan yksikkö  
Tuotantotalouden koulutusohjelma

---

<b>Tekijä</b>	Pasi Orrenmaa	Vuosi	2015
<b>Ohjaaja</b>	DI Juha Kaarela		
<b>Toimeksiantaja</b>	Fortaco Oy Andras Csizmazia		
<b>Työn nimi</b>	Ennakoiva laadun parantaminen		
<b>Sivu- ja liitemäärä</b>	58 + 6		

---

Opinnäytetyö tehtiin yhdelle Euroopan suurimmista konepajateollisuuden sopimusvalmistajista. Työ tehtiin vastaamaan asiakkaiden muuttuneita laatuvaatimuksia. Nämä ovat esimerkiksi vaatimus ennakoivasta laatutyöstä ja mittaustulosten dokumentointi. Tavoitteena oli tehdä ennakoivaa laatutyötä ja luoda laadun tarkastuslista. Työ rajattiin koskemaan kiertokangen valmistusprosessia. Samalla aloitettiin mittausjärjestelmän validointi. Validoinnin tarkoituksena oli selvittää käytettävien mittalaitteiden soveltuvuus mittauksiin sekä henkilöiden vaikutus mittaustuloksiin. Työ rajattiin validoinnin osalta koskemaan henkilöiden vaikutusta kiertokangen keskireiän halkaisijan mittaustulokseen.

Tarkastuslistan luomiseksi käytettiin FMEA-tekniikkaa. Sen avulla selvitettiin tutkittavan prosessin vikaantumiskerä, priorisoitiin ne FMEA:n tuottaman riskiluvun mukaan ja laadittiin jatkotoimenpiteet riskien pienentämiseksi tai poistamiseksi. Validoinnin avulla selvitettiin henkilöstön käyttämän mittausvälineen käytön hallintaa ja mittausten luotettavuutta.

Työ käynnistyi prosessiin tutustumisella ja vikaantumismahdollisuuksien kartoittamisella. Vikaantumismahdollisuuksien vakavuutta, havaittavuutta ja todennäköisyyttä arvioitiin ryhmässä. Näiden muuttujien tulona saatiin kaikille vikaantumiskeräille riskiluku ja riskit priorisoitiin tämän luvun mukaan. Vikaantumismahdollisuuksien arvioinnin avulla ilmeni myös mittausjärjestelmän validoinnin tarpeellisuus. Mittauksessa käytetyt kappaleet valittiin satunnaisesti. Mittaus suoritettiin mittakellolla mittaamalla kiertokangen keskellä olevan reiän halkaisija. Näiden tietojen pohjalta luotiin taulukko ja graafinen esitys havainnollistamaan mittaustuloksia. Tulokset osoittivat henkilöiden hallitsevan mittauskellon käytön ja mittauksen luotettavuuden. Tutkimustyössä sovellettiin teoriaa laadusta, tilastollisista menetelmistä, validoinnista ja mittausvirheistä.

Tutkimuksessa huomattiin FMEA-tekniikan ja validoinnin hyödyllisyys ja näiden yhtenäisyys tehtäessä ennakoivaa laadunparannustyötä. Tämän johdosta FMEA-tekniikan käyttö aloitettiin koko yksikössä ja validointia jatkettiin.

Avainsanat

laatu, laadunhallinta, ongelmanratkaisu, FMEA

Industry and Natural Resources  
Industrial Management

---

<b>Author</b>	Pasi Orrenmaa	Year	2015
<b>Supervisor(s)</b>	Juha Kaarela Master of Science		
<b>Commissioned by</b>	Fortaco Oy Andras Csizmazia		
<b>Subject of thesis</b>	Proactive Improvement of Quality		
<b>Number of pages</b>	58 + 6		

---

This thesis was made for one of the largest contract manufacturers in mechanical engineering industry in Europe. This thesis was made because of customers quality requirements have changed and the company had to meet the new quality requirements. The aim of this thesis was to do proactive quality work and create a quality checklist for their machining unit in Sastamala. The scope of this thesis was limited to examine just the manufacturing process of one specific product. At the same time was started the validation of the measurement system. The purpose of the validation was to find out if the the measuring tools are suitable for their intended use. Another purpose was to find out if there are any differences in measured the results between different operators.

The checklist creation process was intended to be completed by FMEA technology. FMEA was introduced throughout the whole machining unit as a tool for proactive quality work. The most important task of the study was to find out the failure modes of the manufacturing process and prioritize them according to the risk level produced by the FMEA. And then reduce or eliminate the risks.

The work started by familiarizing with the manufacturing process and by mapping the failure modes. After this a FMEA table was created and the risks were written down. The failure modes, observability and probability were evaluated in the group. The outcome of these parameters risk level can be evaluated and prioritized. This also revealed the need for validation of the measurement system. The validation of the measurement was carried out by people who are doing it every day. The test pieces were chosen randomly. The measurement was carried out by using the dial gauge. On the basis of that information the table and graphical representation were created to visualize the results. The theoretical part of this thesis deals with the quality of the validation, statistical methods and measurement errors.

During this study it was discovered that the FMEA technology and validation are very useful tools in predictive quality improvement work. As a result of this study the FMEA technology was introduced in the whole unit and validation will be continued.

Key words                      quality, quality management, problem solving, FMEA

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	8
1.1	Opinnäytetyön taustaa .....	8
1.2	Opinnäytetyön rakenne, rajaus ja tavoitteet .....	8
2	LAATU .....	10
2.1	Laadun kehittyminen .....	10
2.2	Laatu kansainvälisesti .....	11
2.3	Laadun tasot .....	11
2.4	Laatukustannukset .....	12
2.5	Laadun kehittäminen .....	14
2.6	Laadunhallintajärjestelmät .....	16
2.7	Laatujärjestelmän dokumentointi .....	17
3	TILASTOLLISET MENETELMÄT .....	20
3.1	Ongelmaratkaisutavan valinta .....	20
3.2	5W2H .....	22
3.3	8D .....	23
3.4	FMEA .....	25
3.4.1	FMEA käyttötilanteen mukaan .....	27
3.4.2	FMEA:n toteutus .....	28
3.5	Pareto .....	29
3.6	Six Sigma .....	32
3.6.1	DMAIC-prosessi .....	34
3.6.2	DFSS-suunnittelumenetelmä .....	35
3.6.3	Henkilöroolit .....	36
4	MITTAUSMENETELMÄN VALINTA JA VALIDOINTI .....	39
4.1	Mittausvirheet .....	40
4.2	Erilaisia mittausvirheitä .....	40
5	SELVITYS LAADUN KOKONAISKUVASTA .....	43
5.1.1	Tuotelaatu .....	44
5.1.2	Prosessinlaatu .....	45
5.1.3	Menetelmät .....	45
5.1.4	Asiakkaan laatuvaatimukset ja auditoinnit .....	46
5.1.5	Tuotannon ongelmat .....	46

6 FMEA:N TOTEUTUS FORTACOSSA .....	48
6.1 Prosessin valinta ja ryhmän muodostus.....	48
6.2 Prosessin kulku.....	48
6.3 Työn toteutus .....	51
6.4 FMEA:n tulokset .....	52
7 VALIDOINTI FORTACOSSA .....	54
7.1 Työn rajaus .....	54
7.2 Validoinnin toteutus .....	55
7.3 Tulokset .....	55
8 KEHITYSEHDOTUKSET .....	57
9 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	58
LÄHTEET .....	59
LIITTEET .....	61

## ALKUSANAT

Haluaisin kiittää kaikkia osapuolia, jotka ovat mahdollistaneet tämän opinnäytetyön tekemisen. Erityiskiitokset inspiroivasta ohjauksesta opettaja Juha Kaarelalle ja työpaikan ohjaajalle Andras Csizmazialle.

Kiitokset kuuluvat myös perheelleni tuesta ja jaksamisesta.

Kyröskoski 10.11.2015

Pasi Orrenmaa

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

8D	Eight Disciplines Problem Solving
5S	Sort, Set in order, Shine, Standardize ja Sustain
5W2H	Why, What, Where, Who, When sekä How ja How Much.
4Q	4 Questions
DFSS	Desing for Six Sigma
FMEA	Failure mode and effects analysis
OEM	Original Equipment Manufacturer

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä tarkastellaan yrityksen kokonaislaatua työntekijöille ja toimihenkilöille tehdyn kyselyn perusteella. Lisäksi tavoitteena on selvittää FMEA:n avulla prosessin vikaantumismahdollisuudet ja riskialttiit prosessimuuttajat sekä laittaa ne kriittisyyden mukaan tärkeysjärjestykseen. Samalla mittavirheiden ennaltaehkäisemiseksi käynnistetään mittausjärjestelmän validointiprosessi. Siinä tutkitaan henkilöiden vaikutusta mittaustulokseen.

### 1.1 Opinnäytetyön taustaa

Nykyään suurimpien asiakkaiden laatuvaatimukset velvoittavat ennakoivaan laadun parantamiseen. Lisäksi ennakoivasta laadunparantamisesta on yritykselle itselleenkin hyötyä esimerkiksi laatukustannusten vähentymisenä ja toimitusvarmuuden kasvuna. Laatukustannusten pienentämisellä yritykselle haetaan kasvua ja uskottavuutta. Yrityksellä oli jo käytössä erilaisia laatutyökaluja, mutta yksikään niistä ei keskittynyt ennakoivaan laadunparantamiseen. Ennakoiva laadun parantaminen päätettiin ottaa käyttöön koko konsernissa.

### 1.2 Opinnäytetyön rakenne, rajaus ja tavoitteet

Opinnäytetyö rakentuu alussa olevasta teoriaosuudesta. Teoriaosuuden tietojen hankkimiseen käytetään painettua tietoa, internetlähteitä ja sähköpostia. Teoriaosuus alkaa luvusta 2. Siinä perehdytään laadun käsitteisiin esimerkiksi laadun kehittämiseen, laatukustannusten muodostumiseen ja laadun kehittämiseen. Luvussa 3 käydään läpi muutamia tilastollisia ongelmanratkaisumenetelmiä ja annetaan eväitä oikean ongelmaratkaisumenetelmän valitsemiseen. Luvussa 4 perehdytään mittausvirheisiin ja mittausjärjestelmän validointiin. Tässä luvussa tuodaan esille yleisimmät mittavirheisiin vaikuttavat asiat ja miten validoinnin avulla niitä tarkastellaan.



Toisena osana opinnäytetyössä on käytännön toteutus. Käytännön toteutuksessa käytetään hyväksi alussa olevaa teoriaosuutta. Ensimmäiseksi luvussa 5 muodostetaan laadunkokonaisuus henkilöstölle ja toimihenkilöille osoitetulla kyselyllä. Lisäksi tietoa hankitaan konkreettisesti käymällä koneistuksessa paikan päällä puhumassa tuotannon tekijöiden kanssa. Luvussa 6 keskitytään FMEA:n toteutuksen kuvaamiseen ja käydään läpi saatuja tuloksia. Luvussa 7 kerrotaan validoinnin toteutuksesta ja tarkastellaan saatuja tuloksia.

Työ rajataan koskemaan Fortacon Sastamalan yksikön koneistusta. FMEA:ta varten työtä rajataan lisää koskemaan kiertokangen valmistusprosessia. Valintaperusteina on asiakkaan vaatimus ennakoivaan laadunhallintaan, työ on selkeästi sarjatuotantoa ja tuotantoprosessi tapahtuu suppealla alueella eli on helpposti hahmoteltavissa. Validointi rajataan koskemaan kiertokangen keskireiän halkaisijan mittausta. Tärkeimpänä mittauskohteena valinta on perusteltu.

Opinnäytetyön tavoitteena on luoda puolueeton näkemys Sastamalan yksikön koneistuksen kokonaislaadusta. Samalla on tarkoitus tuoda esiin ongelmakohtia. FMEA:n tavoitteena on tuoda esiin kiertokangen valmistusprosessin vikaantumiskerä, priorisoida ne FMEA:n tuottaman riskiluvun mukaan ja laatia jatko-toimenpiteet riskien pienentämiseksi tai poistamiseksi. Validoinnin tavoitteena on selvittää käytettävän mittalaitteen soveltuvuus mittauksiin sekä henkilöiden vaikutus mittaustulokseen.

## 2 LAATU

Yleisesti laadulla ymmärretään asiakkaan tarpeiden täyttämistä yrityksen kannalta mahdollisimman tehokkaalla ja taloudellisesti kannattavalla tavalla. Siitä seuraa tarve suoritustason jatkuvaan parantamiseen. (Lecklin 2006, 15-25)

Laatu on hyvin laaja käsite. Se koostuu lukuisista eri toiminnoista ja toimijoista. Näiden painopiste laadun tärkeimpänä kriteerinä on vaihtunut teollistumisen ohjaamana vuosien saatossa usein. Ilman teollistumista ei laadun kehittymiselle olisi ollut mitään syytä. (Laatuakatemia 2010)

### 2.1 Laadun kehittyminen

Yksilöllisen joustavan tuotannon kaudella laatu perustuu henkilöstön osaamiseen ja kehitys organisaation oppimiseen. Oppivan organisaation lähtökohtana oli ajatus kehittää henkilön toimiala- ja laatuosaamista siten, että se kykenee tuottamaan virheettömiä tuotteita ja kehittämään laatuosaamistaan uusien jatkuvasti muuttuvien tarpeiden mukaisesti. Laatu on näin mukana ihmisten ja yritysten jatkuvan oppimisen prosessissa. (Laatuakatemia 2010)

Laatu käsittää nykyään koko liiketoimintaprosessin. Se on kasvanut ulos yrityksistä. Nyt kiinnitetään huomiota toimittaja- ja kumppanuusverkostoon. Laatu rakentaa ja tukee yritysten verkottumista. Myös yhteiskunnan päätöksenteko- ja hallintoprosesseja kehitetään laatumenetelmin. (Laatuakatemia 2010)

Teollisuuden kehityksen alkuaikoina laatu oli tarkastuslaatua. Huomio kiinnitettiin valmiiseen tuotteeseen ja sen odotustenmukaisuuteen. Kehittyessään laatu työn huomio kohdistui valmistusprosessiin ja sen häiriöttömyyteen. Laajalaisen laatujohtamisen mallissa laatu on laajentunut koskemaan koko yritystä ja sen toimintaympäristövaikutuksia. (Laatuakatemia 2010)

Laadun osa-alueita ovat mm. David A. Garvinin mukaan suorituskkyky, yhdenmukaisuus, luotettavuus (pysyvyys, kestävyys, turvallisuus), huollettavuus, eri-

tyispiirteet ja -ominaisuudet, esteettisyys ja laatuodotukset. (Andersson & Tikka 1997, 21)

## 2.2 Laatu kansainvälisesti

Kansainvälisen kaupan kehittyminen loi tarpeen yhtenäisistä laatukriteereistä eli standardeista. Standardit sisältävät mittoja, käsitteitä, määreitä ja toimintatapoja. Nämä mahdollistavat kansainvälisen kaupan ja tuotannon. Näin pystytään lisäämään laadunhallintaa, vähentämään kustannuksia ja luomaan tasavertaiset olosuhteet kilpailulle. Standardit edellyttävät laadun dokumentointia. (Laatuakatemia 2010)

Kansainvälisen kilpailun lisäämän tarjonnan ja ihmisten vaurastumisen myötä asiakkaille aukeni mahdollisuus kuluttaa ja valita monista vaihtoehdoista mieleisensä. Tämä aiheutti siirtymisen prosessikeskeiseen joustavaan tuotantoon. Tämä tarkoitti laadun kehittämisen viemistä suunnittelu-, johtamis- ja tuotantoprosesseihin. (Laatuakatemia 2010)

## 2.3 Laadun tasot

Ylilaadussa asiakkaan odotukset ylittyvät. Tuote on parempi, kuin on sovittu. Monesti ajatellaan, että se on hyvä asia. Valmistava yritys on kuitenkin käyttänyt enemmän aikaa, parempaa materiaalia tai enemmän suunnittelutunteja, eikä näin ollen saa riittävää korvausta. Ylilaatua ei ole kuitenkaan se asiakkaan toiveet ylittävä laatu, jos laatu on se tekijä, minkä avulla yritys saavuttaa kilpailuedun. (Lecklin 2006, 15-25)

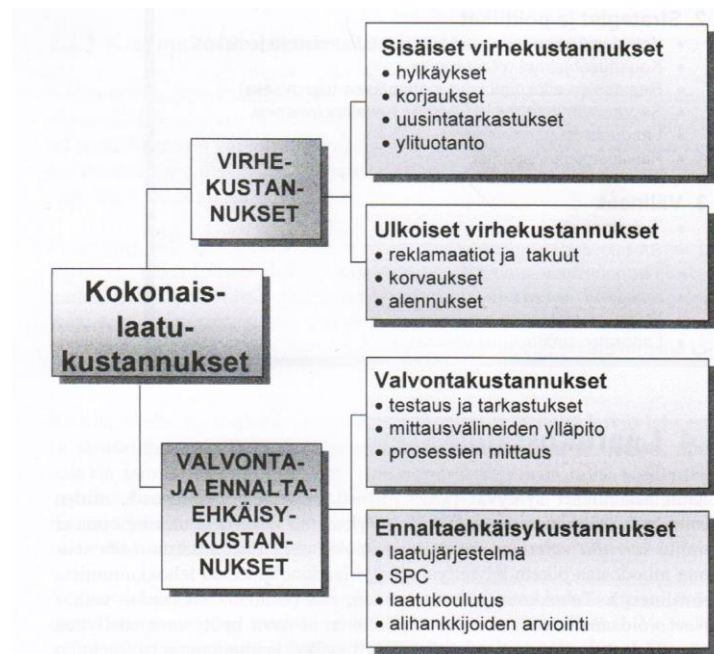
Hyvä laatu on yrityksen tärkeimpiä kilpailukeinoja. Se vaikuttaa kannattavuuteen, alentaa kustannuksia, lisää asiakastytyväisyyttä ja näin ollen parantaa markkina-asemaansa. Yrityksen rakentaa tulevaisuuttaan panostamalla laadun kehittämiseen ja parantamiseen. (Lecklin 2006, 15-25)

Huono laatu aiheuttaa yritykselle monia ongelmia ja kustannuksia. Huonoa laatua tarkoituksellisesti valmistavalla yrityksellä ei ole tulevaisuutta. (Lecklin 2006, 15-25)

## 2.4 Laatukustannukset

*Laatuongelmia ei ole olemassa. On vain tuotanto-ongelmia, mittausongelmia, suunnitteluongelmia, yhteistoimintaongelmia jne.* (Andersson & Tikka 1997, 25 [Crosby 1986])

Laatukustannukset syntyvät pääasiallisesti virheiden tekemisestä, niiden etsimisestä ja korjaamisesta. Laatukustannusten seuranta on yksi laadunohjauksen tehokkaimmista työvälineistä. Ongelmana on, ettei tämä paljasta kuin osan todellisista kustannuksista. (Andersson & Tikka 1997, 31)



Kuvio 1. Laatukustannusten erittely. (Andersson & Tikka 1997, 32)

Sisäiset virhekustannukset koostuvat virheistä, jotka havaitaan yrityksen sisällä. Näitä aiheuttavat henkilöstö ja toimittajat. Esimerkkejä näistä virheistä ovat vir-

heelliset kappaleet, ylityöt, tyhjät tilat, tuotannon huono suunnittelu sekä huonosta raaka-aineesta johtuvat virheet. (Lecklin 2006, 157)

Ulkoiset virhekustannukset koostuvat virheistä, jotka asiakas havaitsee. Nämä ovat virheistä kalleimpia. Esimerkkejä näistä kustannuksista ovat takuukustannukset, vahingonkorvaukset, myöhästymissakot, menetetyt tuotot ja tuotanto sekä reklamaation käsittelykustannukset. (Lecklin 2006, 156)

Valvontakustannukset koostuvat laadun tarkistus- ja varmistamiskustannuksista. Esimerkkejä näistä kustannuksista ovat valvonta, katselmukset, mittaukset, testaukset, tiedon kerääminen ja analysointi sekä valvonta- ja mittalaitteiston ylläpito. (Lecklin 2006, 157-158)

Ennaltaehkäisykustannukset koostuvat kustannuksista, jotka aiheutuvat virheitä ennalta ehkäisevästä toiminnasta. Esimerkkejä näistä kustannuksista ovat laatuopetus, laatusuunnittelu, johtamisjärjestelmän kehittäminen, työmenetelmien ja välineiden kehittäminen, henkilöstön motivointi ja toimittaja arviointi. (Lecklin 2006, 158)

Usein huomiotta jäävät seuraavat kustannukset:

- materiaaalipulasta johtuvat odotusajat, aikataulumuutokset, ylityöt jne.
- virheiden analysointiin, syiden selvittämiseen ja korjaussuunnitelmaan käytetty työaika ja muut kulut
- virheiden kompensoimiseksi tehtävät ylityöt. (Andersson & Tikka 1997, 31-34)

Vakavin laatuksannus on menetetty asiakas. Hänen takaisin saamisensa voi olla mahdotonta tuntuvista panostuksista huolimatta. Lisäksi laatuongelma vaikuttaa asiakkaan mielikuvaan koko yrityksestä. Tyytymätön asiakas levittää negatiivista tietoa muillekin. (Andersson & Tikka 1997, 31-34)

## 2.5 Laadun kehittäminen

Ensimmäinen toimenpide on tilannekartoituksen tekeminen. Sen ei tarvitse olla kovin syvällinen. Tärkeintä on, että johto saa oikean kokonaiskuvan missä mennään ja missä on parantamismahdollisuuksia. (Lecklin 2006, 51-55)

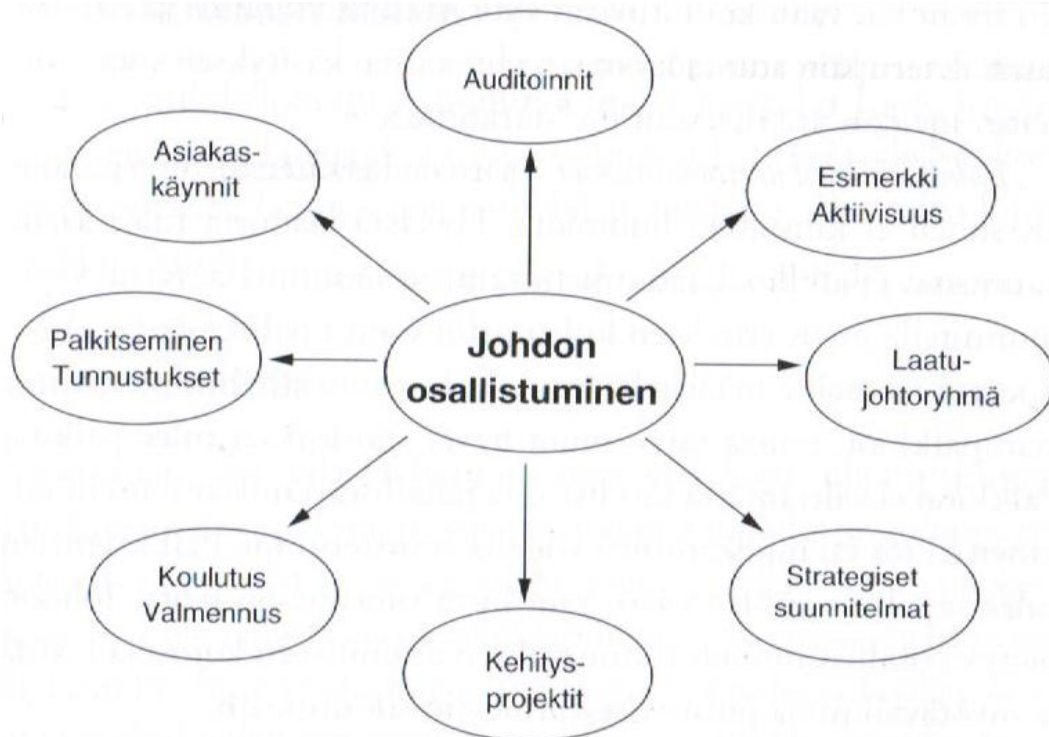
Tilannekartoituksen pitäisi sisältää vähintään seuraavat asiat:

- asiakkaiden mielikuvat tuotteista ja toiminnasta
- reklamaatioiden kohteet
- suurimmat sisäiset toimintaongelmat
- suurimpien kustannusten syyt
- henkilöstön tietotaito
- henkilöstön työtyytyväisyys
- alihankintaan liittyvät ongelmat
- käynnissä olevat laatuhankeet. (Lecklin 2006, 51-55)

Laatutoimintaa ei missään tapauksessa saa delegoida vain erilliselle laatuyksikölle, vaan se on jalkautettava kaikille yrityksen työntekijöille. Kaikilla pitää olla tieto laatu tavoitteista ja miten ne saavutetaan. (Lecklin 2006, 51-55)

Laadun kehittäminen on yleensä projektimuotoista. Siinä on oltava pätevä projektipäällikkö, selkeästi määritellyt vastuut, realistinen toimintasuunnitelma, riittävät resurssit ja yritysjohton täysi tuki. Projektipäällikön on oltava aikaansaava, asiasta innostunut ja osattava innostaa myös työntekijöitä. Hänet olisi tärkeää valita yrityksen sisältä. Näin varmistetaan, että tieto jää yritykseen ja kehitetty järjestelmä otetaan käyttöön ja sen toimintaa seurataan. Ulkopuolisten konsulttien käyttö on enemmänkin projektipäällikköä tukevaa ja neuvoa antavaa. (Lecklin 2006, 51-55)

Johdolla on erittäin suuri rooli laadunkehittäjänä, kun tähdätään kannattavaan liiketoimintaan. Näin ollen johto on sidoksissa kaikkiin kuviossa 2 esitettyihin laadunkehittämisen osa-alueisiin. (Lecklin 2006, 58-60)



Kuvio 2. Johdon osallistuminen laadunkehittämiseen. (Lecklin 2006, 59)

Laadun kehittämissuunnitelmissa on erittäin tärkeää, että johto antaa sille näkyvästi tukea ja toimii itse laatuperiaatteiden mukaisesti. Johdon on oltava valmis merkittäviinkin koulutus investointeihin. Näin pystytään motivoimaan ja sitouttamaan henkilöstöä sekä lisäämään heidän osaamistaan. Asiakkaiden luona käydessään johdon on pystyttävä osoittamaan yhteistyön laadukkuus ja yhteisten laatukriteerien noudattaminen. Projektin suunnittelussa on lisäksi oltava tarkkana ajoituksen kanssa. Projektihenkilöstölle on annettava tarpeeksi aikaa laadunkehittämistyölle. (Lecklin 2006, 51-55)

## 2.6 Laadunhallintajärjestelmät

Laadunhallintajärjestelmä tarkoittaa yrityksen organisaatio rakenteen, prosessien, menettelytapojen ja resurssien muodostaman kokonaisuuden tehokasta johtamista.(Yritys-Suomi 2013)

Laadunhallintajärjestelmän suunnittelussa ja toteutuksessa yrityksen tulee tunnistaa tarvittavat prosessit ja määrittää niiden keskinäinen järjestys ja vuorovaikutus suhteet. Yrityksen täytyy myös varmistaa toiminnan ohjaus, resurssien riittävyys ja informaation saatavuus. Prosesseja täytyy myös seurata, mitata, tutkia ja dokumentoida. Lisäksi yrityksen on oltava valmis tekemään toimenpiteitä, jotka ovat edellytyksenä tulosten saavuttamiselle ja edesauttavat jatkuvaa parantamista. (Lecklin 2006, 32)

Laadunhallintajärjestelmän hyödyt:

- kehittää yrityksen toimintaa ja prosesseja
- pienentää virhekustannuksia
- kasvattaa asiakkaiden luottamusta yrityksen toimintaan
- tuo kilpailuetua
- kehittää henkilökunnan osaamista, motivaatiota ja tehokkuutta
- kertoo millaista laatua yritys pystyy tuottamaan.(Yritys-Suomi 2013)

ISO 9000 on standardikokoelma eli määritelmä siitä, miten jokin asia tulisi tehdä ja minkä tavoitteena on organisaation laadukkaan johtamisen sekä laadukkaiden tuotteiden aikaansaaminen. ISO 9000 -standardin mukaan laadunhallintajärjestelmä on johtamisjärjestelmä, joka antaa suunnan ja ohjaa organisaatiota laatuasioissa. Laatujohtamisella pyritään toiminnanohjauksen ja valvonnan järjestelmällisyyteen, asiakastyytyväisyyteen, sovittujen laatukriteereiden toteutumiseen, työn tuottavuuden nostamiseen, henkilöstön tietotaidon ja työnohjauk-

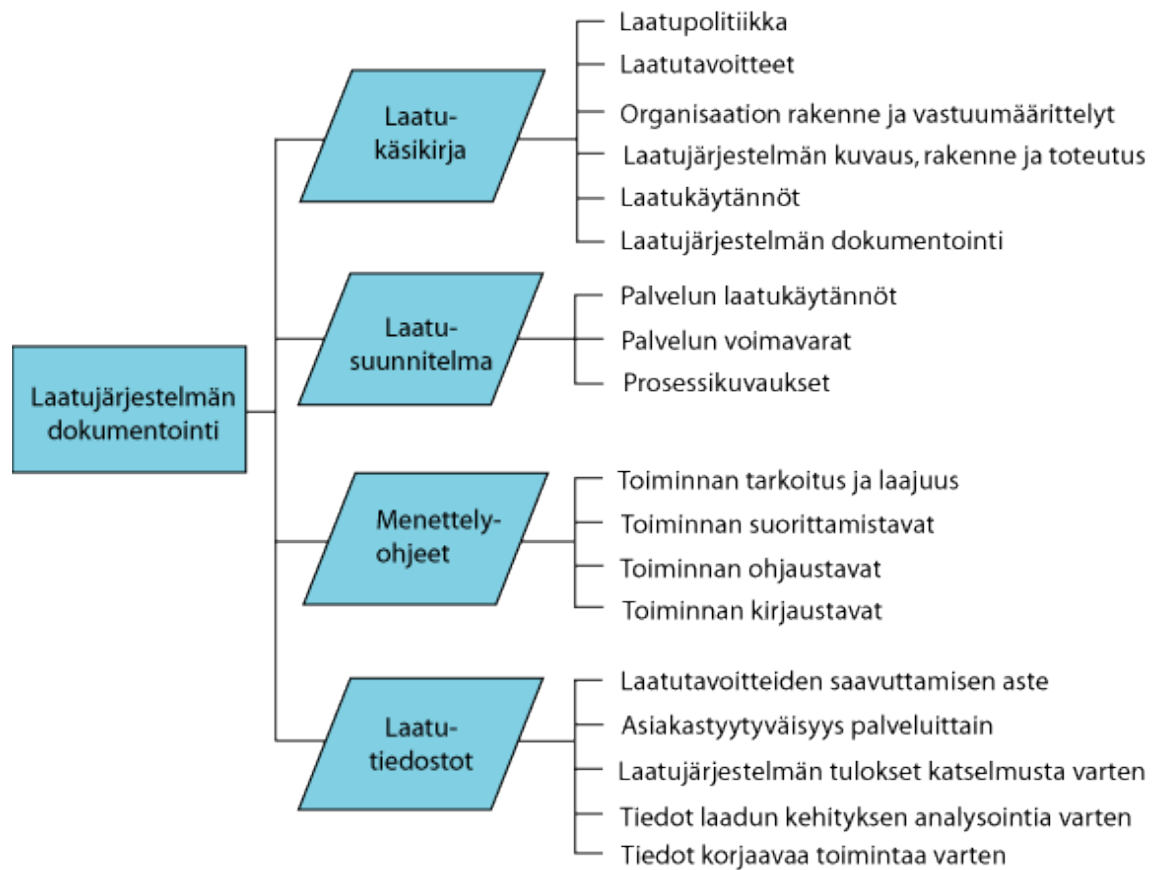


sen kehittämiseen, innovatiivisuuteen, yhteisten käytäntöjen luomiseen ja hyväksytyjen menettelytapojen dokumentoimiseen. (Lecklin 2006, 29-30)

ISO 9000-standardi edellyttää yritykseltä sen itse laatiman ja ylläpitämän laatu-käsikirjan. Sen tulee sisältää laadunhallintajärjestelmän soveltamisala, menette-lyohjeet ja kuvaus prosessienvälisestä vuorovaikutuksesta. Käsikirjan sisällön suunnittelun lähtökohtana ovat yrityksen omat tarpeet. Sitä pitäisi pystyä käyt-tämään käytännön apuvälineenä työn suorittamisessa ja perehdyttämisessä. Käsikirja sisältöineen tulisi olla henkilökunnan tiedossa ja saatavilla. (Lecklin 2006, 29-30)

## 2.7 Laatujärjestelmän dokumentointi

*Myös yrityksen sisäisessä toiminnassa koko laatujärjestelmä on dokumentoitu laatupolitiikasta toimintaohjeisiin saakka. Dokumentoinnilla varmistetaan menet-telytapojen yhdenmukaisuus ja pysyvyys laatuketjun eri vaiheissa. Asiat ovat selkeästi sovittuja ja vastuut kirjattuja. Asiakkaan ja työntekijän oikeusturva pa-ranee, kun epäselvyys odotuksista ja toiminnan tarkoitusperistä vähe-nee. (Laatuakatemia 2010)*



Kuvio 4. Laatujärjestelmän dokumentointi. (Laatuakatemia 2010).

Laatukäsikirja on yrityksen toimintaan perustuva käsikirja. Siitä tulisi löytää kaikki yrityksen toimintaa koskevat asiat. Se sisältää laadunhallintajärjestelmää varten tehdyt toimintaohjeet, yrityksen laatupolitiikan ja laatutavoitteet mitkä yritys on laatinut toiminnalleen ja tuotteilleen. Se sisältää myös henkilöstön vastuut, valtuudet ja toimintaohjeet. (Lecklin 2006, 37-38)

Laatusuunnitelma koostuu prosessikohtaisista dokumenteista, joiden avulla määritellään laadunohjauksen ja varmistuksen erityispiirteet. Tarkoituksena on laadun toteutumisen varmistaminen laatujärjestelmää soveltamalla. (ISO 9001)

Menettelyohjeissa tarkennetaan laatukäsikirjassa mainittuja toimintoja. Sen pitäisi sisältää menettelyohjeita asiakirjojen ja tallenteiden hallinnasta, sisäisestä auditoinnista sekä virheellisiin tuotteisiin liittyvät ohjaus-, korjaus- ja ehkäisytoimenpiteet. Lisäksi siinä on kaikki työ- ja käyttöohjeet sekä laadunhallintaprosessien toimintaohjeet ja sisäiset auditointiohjeet. (ISO 9001)

Laatutiedostot ovat asiakirjoja, joita syntyy toiminnan tuloksena ja joita organisaatio tarvitsee varmistaakseen prosessiensa suunnittelun, toiminnan ja ohjauksen. Näitä ovat esimerkiksi asiakirjat laatutavoitteiden saavuttamisen seurannasta, asiakastyytyväisyydestä, laatujärjestelmän tuloksista, laadun kehityksestä tai korjaavasta toiminnasta. (ISO 9001)

### 3 TILASTOLLISET MENETELMÄT

*Usein ongelmanratkaisussa hypätään suoraan ideoimaan ratkaisua ennen kuin ollaan varmoja ongelman lähteestä. Ongelman rajaaminen ja määrittely ovat tärkeitä ja ensimmäinen vaihe ennen kuin lähdetään selvittämään varsinaista syytä. (Piirainen 2013)*

#### 3.1 Ongelmaratkaisutavan valinta

Usein kun yritys ottaa käyttöön ongelmanratkaisumenetelmän niin sitä yritetään aluksi soveltaa pienimpiinkin ongelmiin. Mikä sinänsä on hyödytöntä ja siihen kulutetaan turhaan resursseja. Aluksi on vastattava kahteen kysymykseen:

1. Tiedetäänkö ongelmaan jo valmiiksi ratkaisu vai ei?
2. Onko ongelma monimutkainen vai ei?

Näistä kahdesta kysymyksestä on muodostettu alla oleva nelikenttäanalyysi, mikä auttaa valitsemaan ongelmanratkaisuun soveltuvan työkalun. (Karjalainen 2014)

		RATKAISU		
		Tunnetaan	Ei tunnetaan	
MONIMUTKAISUUS	Matala	<b>1</b> - Tee vain - Kuka ottaa tämän? - Milloin on valmis?	<b>2</b> - Ongelmaratkaisu - 7-työkalua - Kepner-Tregoe - 8D - Miksi se tapahtui?	(Ongelmaratkaisu - erityisyys)
	Korkea	<b>3</b> - Lean (kaizen event) - Re-engineering - Kenen pitäisi soveltaa ratkaisu?	<b>4</b> - Lean Six Sigma - Taguchi - Triz - Mikä on ratkaisu?	(Prosessin parannus - satunnaisyys)

Kuvio 5. Ongelmaratkaisun valintamatriisi. (Karjalainen 2014)

1. Ratkaisu tiedetään ja monimutkaisuus on matala: Tämä kuuluu yrityksen normaaliin toimintaan. Siinä toimitaan aikaisemman kokemuksen mukaan. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että ratkaisu on helppo tai ongelma vähäpätöinen. Tärkeää on päättää kuka hoitaa asian ja milloin asia on kunnossa. On oltava tarkkana tiedetäänkö ongelman ratkaisu vai korjataan pelkkää ongelmaa. (Karjalainen 2014)
  2. Ratkaisua ei tiedetä ja monimutkaisuus on matala: Tärkein kysymys on ”Miksi?”. Miksi meillä on tämä ongelma ja mikä sen aiheuttaa? Tässä tiimityön ja ongelmanratkaisutaitojen merkitys on korkea. Usein aletaan etsiä syyllistä ja väitellään ratkaisu menetelmästä. Tästä johtuen ongelmaa vain korjataan ja juurisyyn selvittäminen unohtuu. Tämän seurauksena ongelma toistuu. Tärkeää on käyttää ongelmanratkaisu menetelmää ja selvittää perusteellisesti juurisyyn. (Karjalainen 2014)
  3. Ratkaisu tiedetään ja monimutkaisuus on korkea: *Esimerkiksi keskeneräinen varasto on suuri ja estää nopean läpimenon, niin ratkaisu on tunnettu – alennetaan keskeneräistä varastoa! Mutta, kun varastoa pienennetään yrityksen tuotanto romahtaa ja kapasiteetin käyttöaste laskee!* (Karjalainen 2014)
- Lean-työkalut ovat ratkaisuja, jotka ovat sidoksissa toisiinsa ja toimivat vain tarkoin rajatuissa olosuhteissa. Lean-työkalu nostaa ongelmat esille. Tästä johtuen Lean-projektien onnistumisprosentti on 3-5 %. Kun sovellat ongelmanratkaisua varmista, että se todella toimii. Siihen tarvitset lukuisia erilaisia mittareita. (Karjalainen 2014)
4. Ratkaisua ei tiedetä ja monimutkaisuus on korkea: Ensimmäiseksi on selvitettävä juurisyyn ja syyrakenteet. Sitten voidaan lähteä miettimään ratkaisua. Parhaiten tähän soveltuu Six Sigma missä viiden vaiheen ja parinkymmenen työkalun avulla haetaan ratkaisua useiden satojen tietojen joukosta. Tässä onnistutaankin yleensä 80-90 %:sti. (Karjalainen 2014)

Tämä ongelmanratkaisun valintamatriisi ei ole täydellinen eikä ainoa oikea, mutta tämä antaa suuntaa siitä mitä kannattaa ottaa huomioon. Tärkeää on tiedostaa, onko ratkaisua tiedossa vai ei ja onko ongelman monimutkaisuus korkea

vai matala. Onko kyse erityisyydestä vai satunnaisesta koko systeemiä koskevasta ongelmasta. (Karjalainen 2014)

### 3.2 5W2H

Menetelmää käytetään ongelman rajaamiseen ja parannusideoiden kehittämiseen. Menetelmässä haetaan täsmällisiä vastauksia seitsemän kysymyksen avulla. Näillä kysymyksillä ohjataan ryhmää huomioimaan kaikki näkökulmat. Tärkeää on vastata kysymyksiin oikeassa järjestyksessä. Tavoitteena on selvittää mitä halutaan saavuttaa, selvittää ongelman juurisyy ja saada aikaan ideoita. Menetelmää pystytään siis käyttämään ongelmanratkaisumenetelmän eri vaiheissa. (Piirainen 2013)

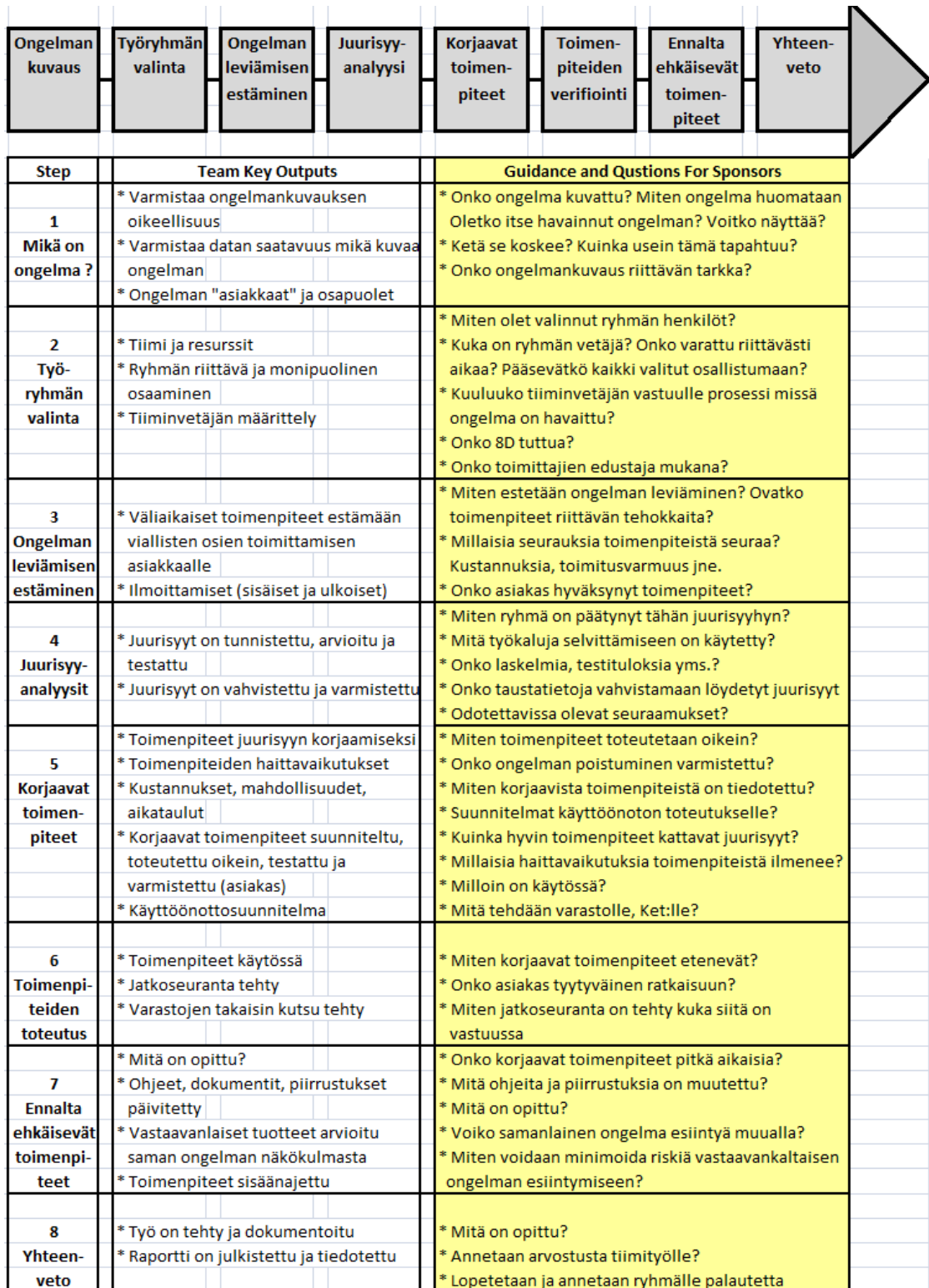
Menetelmästä voidaan sanoa, että se on kysymysluettelo ongelman rajaamiseksi. Kysymykset on esitelty kuviossa 6. Sitä käytetään yleisesti ongelman tunnistamiseen, joka on tärkeää ennen varsinaisen syyn selvittämistä. Usein juurisyy analyysi ei onnistu, koska ongelman todellista lähdettä ei ole löydetty. Menetelmän avulla saadaan tarkka kuva ongelmasta ja pystytään rajaamaan se. (Piirainen 2013)

Asia	5W2H kysymykset	Tarkennus
Päämäärä	Why – Miksi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tarvitaanko prosessia/ tuotetta/ palvelua</li> </ul>
Aktiveetti	What – Mitä	<ul style="list-style-type: none"> <li>Minkä tyyppinen ongelma on?</li> <li>Millainen ongelma on?</li> <li>Mitä tapahtuu?</li> <li>Onko meillä fyysisiä todisteita ongelmasta?</li> </ul>
Paikka	Where – Missä	<ul style="list-style-type: none"> <li>Missä ongelma havaittiin?</li> <li>Missä ongelma esiintyy?</li> </ul>
Henkilöstö	Who – Kuka/Ketkä	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kehen ongelma vaikuttaa?</li> <li>Kuka ensimmäisenä havaitsi ongelma? (kotona/ kentällä)</li> <li>Kuka raportoi ongelmasta</li> </ul>
Aika	When – Milloin	<ul style="list-style-type: none"> <li>Milloin ongelmasta ensimmäisen kerran ilmoitettiin?</li> <li>Mistä alkaen ongelmaa on esiintynyt?</li> </ul>
Menetelmä	How – Kuinka	<ul style="list-style-type: none"> <li>Oletko tietoinen ongelman laajuudesta?</li> <li>Kuinka paljon ongelma maksaa, vie aikaa tai sitoo henkilöitä?</li> </ul>
Laajuus/ kustannus	How Much – Kuinka paljon/ usein	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mikä on trendi? (erityis-/satunnaissy)?</li> <li>Onko ongelma esiintynyt aiemmin?</li> </ul>

Kuvio 6. Ongelmaratkaisuprosessin erivaiheet. (Pirainen 2013)

### 3.3 8D

Menetelmällä korjataan itse ongelma, suoritetaan ennalta ehkäisevät toimenpiteet, ettei virhe uusiudu ja tuodaan esille syy-seuraus suhteet. Näin pystytään korjaamaan ongelma ja poistamaan ongelman syntyyn vaikuttaneet tekijät. Niimensä mukaisesti 8D:ssä edetään järjestelmällisesti kahdeksan askelta. Alla on kuvattu askeleet. (Arpiainen 2015)



Kuvio 7. 8D-ongelmaratkaisun vaiheet. (Fortaco 2015)

Tärkeää on antaa tiiminjäsenten selvittää vastauksia kysymyksiin omalla menetelmällään. Se tuo 8D-menetelmään laajempaa näkökulmaa, eikä estä luovuutta. Parhaiten tietoa ongelmasta saa menemällä paikanpäälle ja näkemällä on-

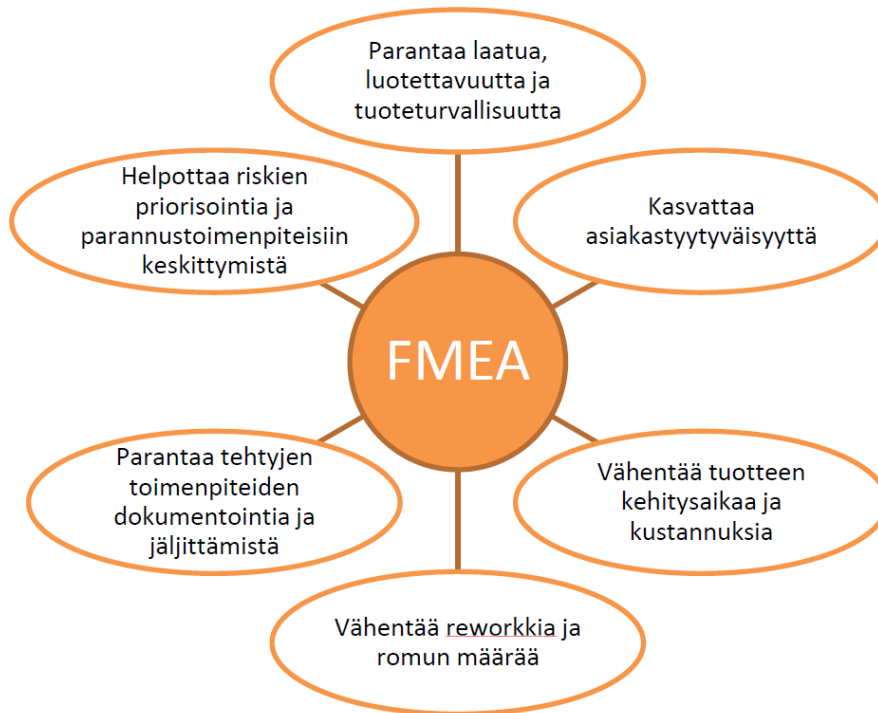


gelman omin silmin. Asiasta kannattaa kysellä mahdollisimman monelta ihmiseltä joita ongelma koskee. Heillä on konkreettisin tieto ongelmasta ja sieltä voi löytyä hyviä ehdotuksia ongelman ratkaisuun. Viimeisimpänä, mutta ei vähäisimpänä, tallentakaa saadut dokumentit siten, että ne ovat tarvittaessa saatavilla ja löytyvät helposti. (Quality Knowhow Karjalainen 2015)

### 3.4 FMEA

FMEA:ta (Failure Mode and Effect Analysis) eli vika- ja vaikutusanalyysiä (VVA) käytetään maailmalla yleisesti auto- ja elektroniikkateollisuudessa. Suomessa käyttö on ollut vielä vähäistä. Analyysillä selvitetään vikatiloja ja niiden vaikutuksia sekä korjaavien toimenpiteiden aiheuttamia muutoksia. Tämä on erittäin hyvä työkalu ennakoivaan laadun parantamiseen. Siinä missä toiset menetelmät korjaavat ongelmaa FMEA:lla pyritään ennakoimaan mahdolliset ongelmakohdat. Menetelmää käytetään erityisesti suunnittelun ja prosessien kehittämisessä. (Kaarela 2015)

Laatuvirheiden korjaaminen pelkästään, syventymättä selvittämään juurisyytä tapahtuneelle, on kallista ja tuottamatonta. Varhaisessa vaiheessa toteutettuna menetelmällä saadaan tietoa erilaisista vikaantumistavoista ja näin pystytään kehittämään laatua, luotettavuutta ja turvallisuutta. Näin pienenee tuotekehitysaika, kustannukset (ulkoiset ja sisäiset). Alla olevassa kuviossa 8 on esiteltyä FMEA:n hyötyjä. (Karjalainen & Karjalainen 2002,168-169)

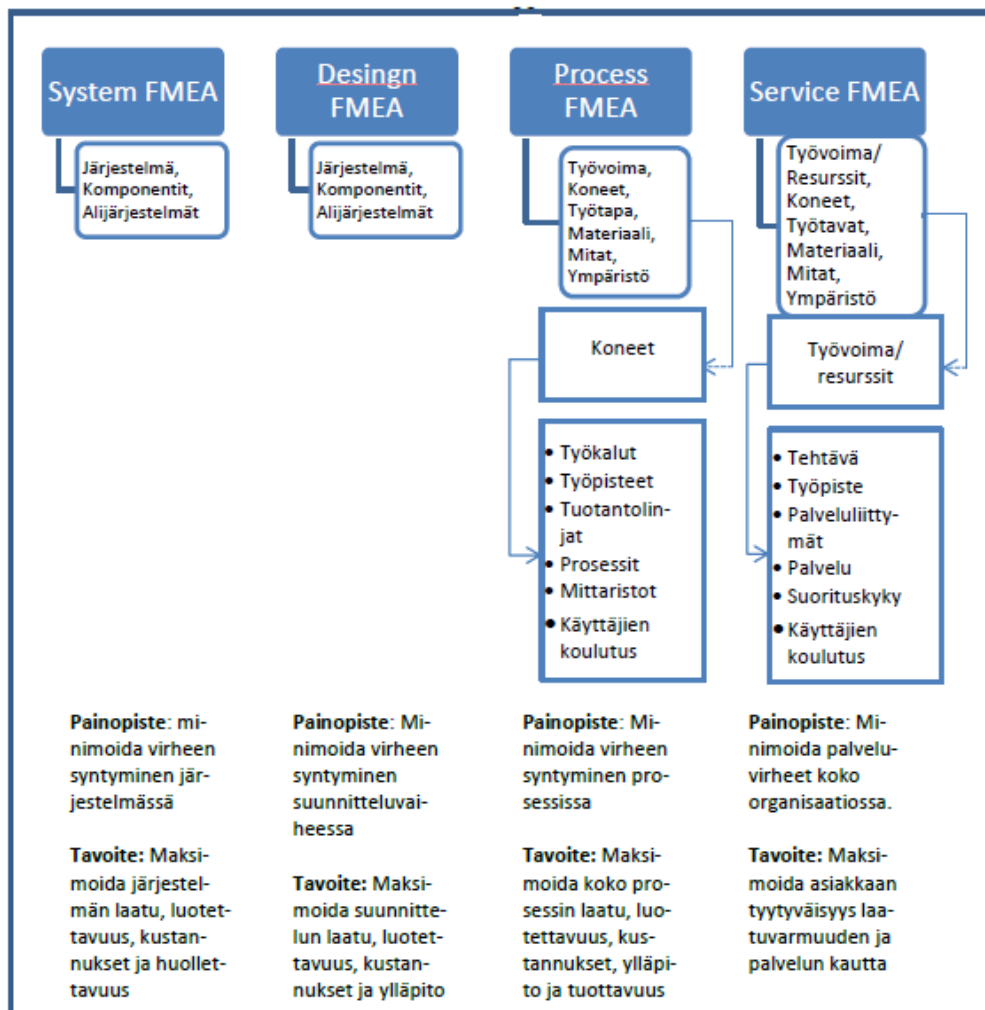


Kuvio 8. FMEA:n hyötyjä. (Karjalainen & Karjalainen 2002)

FMEA:n avulla pystytään jo tuotteen kehitysvaiheessa priorisoimaan mahdollisia ongelmakohtia niin tuotteessa kuin prosessissa. Se pienentää tuotteen kehittämisessä käytettäviä kuluja ja aikaa. Menetelmää käytetään myös valmiiden tuotteiden ja prosessien kehittämisessä. Tämä vähentää viallisten tuotteiden määrää, lisää asiakastytyvyyttä laatutason ja luotettavuuden nousulla. Menetelmän käytöstä jää aina pöytäkirja, mikä oikein dokumentoituna parantaa tehtyjen toimenpiteiden jäljitettävyyttä. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 167-169)

### 3.4.1 FMEA käyttötilanteen mukaan

FMEA-analyysit voidaan jakaa neljään eri tyyppiin käyttötilanteen mukaan. Kuitenkin on huomattava, että ne ovat sidoksissa toisiinsa. (Stamatis 2003,40-43)



Kuva 9. FMEA:n neljä tyyppiä. (Stamatis 2003,41)

System FMEA:ta käytetään yleisesti tuotteen varhaisessa suunnitteluvaiheessa. Sillä saadaan tietoa mahdollisesta ongelmatilanteesta, vaikutuksesta ja syistä, mitkä voivat estää tuotteelle annettujen tavoitteiden täyttymistä. Tällä varmistetaan tuotteen täyttävän asiakkaan tarpeet ja odotukset. Lisäksi se auttaa valitsemaan oikean toimintatavan, tuomalla esille järjestelmien heikkoudet, jotka

saattavat aiheuttaa tuotteessa virheen myöhemmin. Näin toiminta tehostuu ja kehittyy paremmaksi. (Stamatis 2003, 40–43)

Design FMEA:ta käytetään tuotteen suunnitteluvaiheessa. Sen avulla löydetään puutteet, jotka voivat aiheuttaa tulevaisuudessa virheen tuotteessa. Ennakoiva virheiden etsintä suunnitteluvaiheessa tuo taloudellista hyötyä ja parantaa laatu-kuvaa. Suunnitteluvaiheessa tehdyllä analyysillä saadaan tuotua näkyviin vaihtoehtoisia ratkaisuja tuotteen toiminnallisuuteen ja niihin liittyvät mahdolliset ongelmat. (Stamatis 2003, 40–43)

Process FMEA:ta käytetään valmistus- ja kokoonpanoprosessissa ennen varsinaista tuotantoa eli kun pilotti vaihe on suoritettu. Tässä käydään läpi jokainen prosessin vaihe ja huomioidaan niihin vaikuttavat tekijät (työntekijät, toimintata- vat, työkalut, ympäristötekijät jne.). Tällä menetelmällä pystytään löytämään prosessin heikkoudet, jotka saattavat aiheuttaa ongelmia. Menetelmän avulla löydetään myös työkalut millä poistetaan ongelmat ja miten valvonta suori- taan. (Stamatis 2003, 40–43)

Service FMEA:ta käytetään ennen kuin tuote saavuttaa asiakkaan. Se keskittyy ongelmiin, jotka aiheutuvat järjestelmän tai prosessin käytännön puutteista. Jär- jestelmä tuo esille kriittiset virheet tehtävissä ja prosessissa analysoimalla työn virtausta. Se tuo esille korjaavat toimenpiteet ja auttaa valvontasuunnitelman kehittämässä. (Stamatis 2003, 40–43)

#### 3.4.2 FMEA:n toteutus

Työ alkaa ryhmän perustamisesta, ryhmään valitaan 4-9 henkeä. Isomman ryhmän käyttöä ei suositella, koska tehokas toiminta vaikeutuu. Ryhmässä olisi hyvä olla asiantuntijoita eri toiminnoista (tuotannosta, laadusta, tuotekehitykses- tä ja asiakkaan edustaja). Heidän keskuudestaan valitaan puheenjohtaja, joka organisoi ryhmän toimintaa. Tärkeää on ryhmän vieminen ongelman syntypai- kalle, jotta he havainnoivat ongelman ympäristön ja pääsevät haastattelemaan henkilöitä, joita ongelma konkreettisesti koskee. Heille pitää tarkasti kertoa mikä

on ongelma ja mikä on tavoite. Erityisen tärkeää on heidän halukkuutensa työskennellä ryhmässä ja heillä täytyy olla aikaa paneutua asiaan. Tämä tarkoittaa analyysin mieltämistä tärkeäksi myös johtotasolla ja työyhteisössä. Tavoiteltavat hyödyt tulee olla tiedossa kaikilla. Näin parannetaan jäsenten sitoutumista asiaan. (Stamatis 2003, 93-98)

Ryhmän perustamisen ja kohteen rajaamisen jälkeen otetaan prosessikaavake (Liite 1 esimerkki). Ensimmäiseksi pilkotaan tuote tai prosessi pienempiin osiin, prosessissa kannattaa pilkkominen suorittaa järjestelmällisesti. Se helpottaa havainnollistamista. Pilkkomisen jälkeen jokaiselle osalle tai prosessinvaiheelle luetteloidaan mahdolliset vikaantumiset eli mikä voi mennä pieleen. Tämän jälkeen mietitään vian vaikutuksia meille tai asiakkaalle. Arvioidaan vikaantumisen vakavuus (VA-luku). Luokitussarake (LK) täytetään silloin kun vikaantuminen vaikuttaa turvallisuuteen. Vakavuusarviointien jälkeen mietitään syitä mitkä saattavat aiheuttaa erinäiset vikaantumiset. Samalla mietitään virheen esiintymisen todennäköisyyttä (ES-luku). Mietitään onko nykyään käytössä menetelmillä nämä havaitaan. Tästä seurauksena päästään arvioimaan löydettävyyttä (LÖ-luku) eli millä todennäköisyydellä nykyisillä testauksilla tai seurantamenetelmillä virhe havaitaan. Nämä yhdessä antavat riskiluvun (RPN). (Liite 2 esimerkki pisteytyksestä). Näiden analyysien jälkeen päästään miettimään millaisia konkreettisia toimenpiteitä pitäisi suorittaa riskin poistamiseksi tai minimoimiseksi. Tärkeää on nimetä vastuuhenkilö, joka valvoo toimenpiteiden suorittamisen ja aikatauluttaa annetut tehtävät. Riskit arvioidaan uudestaan suoritettujen toimenpiteiden jälkeen. Jos riski ei pienene on syytä arvioida ja miettiä toisenlaista toimenpidettä. (Kaarela 2015)

### 3.5 Pareto

Laatuongelmat aiheuttavat usein hävikkiä. Hävikin muodostaa vain muutama virhetyyppi. Virhetyypit aiheutuvat muutamasta syystä. Pystyttäessä tunnistamaan virheiden syyt, voimme poistaa hävikin lähes täydellisesti. Pareto-analyysi on menettelytapa, jolla saadaan merkittävien tekijöiden vaikutukset

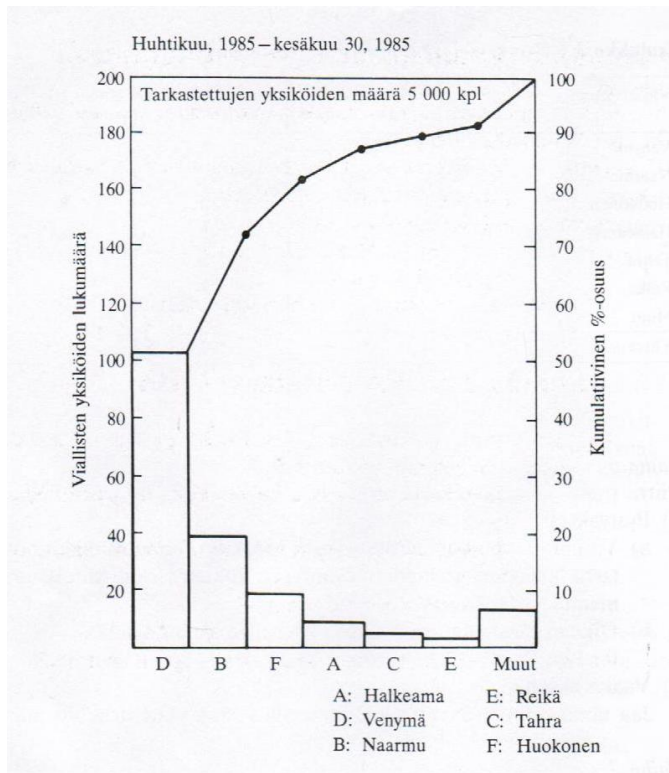
esille suuremmasta havaintoryhmästä. Pareto-analyysissa tietoa järjestetään sen kiireyden tai tärkeyden mukaan. Sen avulla saadaan helposti selville suurimmat virheen aiheuttajat. Pareton havainto tunnetaan nykyään 80/20-sääntönä. Yleinen uskomus on, että kaikki vaikuttavat kaikkeen. Uskomus on väärä. Vain muutama tekijä vaikuttaa. (Kume 1989, 21).

Analyysissä on kaksi erilaista tapaa: etsiä syitä, jotka aiheuttavat suurimmat kustannukset ja etsiä syitä, josta määrällisesti useimmat virheet aiheutuvat. On huomattava, että ongelmat jakautuvat usein pienempiin aliongelmiin. Se tekee ongelmien ryhmittelystä haastavaa. Tavoitteena on tunnistaa syyt, jotka pitää tutkia ensimmäisenä ja näin tuoda esille keskeiset häiriötekijät. Samalla se tuo esille kehityskohteita. (Andersson & Tikka 1997, 64-67)

Pareto-diagrammin tekeminen etenee aina vaiheittain. Alla vaiheet ovat eriteltyinä oikeassa etenemisjärjestyksessä.

- 1) Päätetään millaisia ongelmia tutkitaan (vialliset kappaleet, taloudelliset menetykset, tapaturmien esiintyminen, jne.), millaisia tietoja tarvitaan ja miten ne lokeroidaan (virheen tyyppi, sijainti, prosessi, kone jne.). Määritellään miten tiedot kerätään ja millä aikataululla.
- 2) Suunnitellaan lomake tietojen keräämistä varten. Lomakkeessa on hyvä olla päivämäärä, tietojen kerääjän nimi, mistä tiedot kerätään, sarake virhetyypille, riittävästi tilaa manuaalille merkinnöille esimerkiksi tukkimiehen kirjanpidolle ja kokonaismäärä sarake. Kannattaa myös ottaa virhetyyppi muut huomioon.
- 3) Täytetään lomake ja lasketaan kokonaismäärät.
- 4) Suunnitellaan yhteenvetolomake Pareto-diagrammia varten. Siinä olisi hyvä olla päivämäärä, tietojen kerääjän nimi, mistä tiedot kerätään, virhetyyppi, virheiden lukumäärä tyypeittäin, virheiden kokonaismäärä, kumulatiivinen summa, prosenttiosuus kokonaismäärästä ja kumulatiivinen prosenttiosuus.

- 5) Täytä lomake siten, että virhetyypit on siinä esiintymislukumäärän mukaisessa järjestyksessä. Muut kohta laitetaan viimeiseksi, koska se koostuu erilaisista virhetyypeistä ja niiden yksittäinen esiintymislukumäärä on pienempi kuin erikseen kirjattujen pienin.
- 6) Määritellään vasemmanpuoleisen pystyakselin asteikko nolosta virheiden kokonaismäärään ja oikeanpuoleinen pystyakseli nolosta sataan prosenttiin. Vaaka-akseli määritellään siten, että jokainen osa vastaa yhtä virhetyppiä.
- 7) Laaditaan pylväsdiagrammi.
- 8) Piirretään kumulatiivinen käyrä eli Pareto-käyrä. Merkitse kumulatiiviset arvot eli summa tai prosenttiosuus jokaisen virhetyypin alueen oikeanpuoleiseen reunaan pisteellä ja yhdistä pisteet jatkuvalla viivalla.
- 9) Merkitse tarvittavat yksityiskohdat kuvaajaan. Kuvaajaa koskevat asiat esimerkiksi tekijän nimi, yksiköt, nimeä kuvaaja jne. Tietoja koskevat asiat esimerkiksi tutkimuksen paikka ja aihe, ajanjakso, kokonaismäärät jne. (Kume 1989, 21-23)



Kuvio 10. Pareto-diagrammi virhetyypeittäin. (Kume 1989, 24)

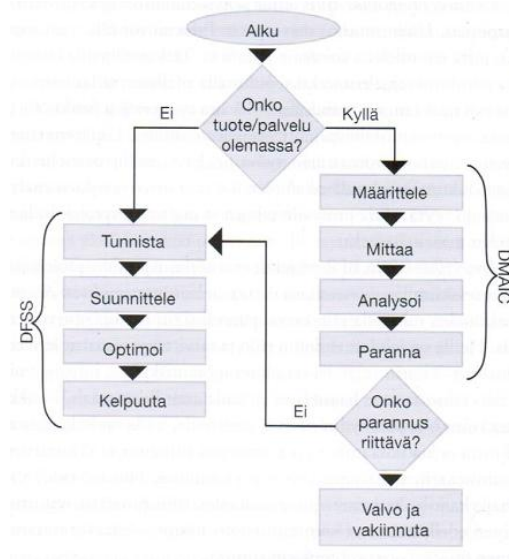
Pareto-diagrammi on tehokas ongelman ratkaisumenetelmä. Tällä tutkitaan harvoja, mutta ratkaisevia ongelmia. Käytettävissä on kaksi menetelmää:

- 1) Seurauksiin kohdistuvaa käytetään vakavien ongelmien etsintään. Näitä ovat virheettömyys, kustannus tehokkuus, toimitusvarmuus ja turvallisuus.
- 2) Syihin kohdistuvaa käytetään vakavien ongelmien aiheuttajan etsintään. Näitä ovat koneen käyttäjä, kone, raaka-aine ja käyttöympäristö. (Kume 1989, 25)

### 3.6 Six Sigma

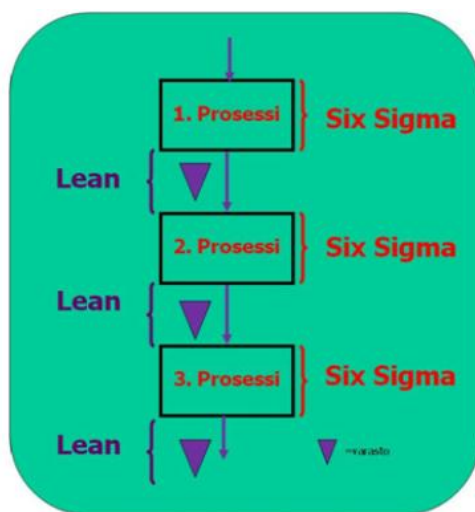
Six Sigma on prosessi, jonka tarkoituksena on aikaan saada lähes täydellisiä tuotteita. Pystyttäessä mittaamaan virheiden määrä, voidaan ne systemaattisesti poistaa ja lähestyä 0-virhetasoa. Tärkeintä on asiakastarpeiden tyydyttäminen eli prosessia on arvioitava asiakkaan näkökulmasta. Kehittämistyö kohdistuu tuotanto-, palvelu- ja suunnitteluprosesseihin. Näistä valitaan avainprosessit ja pyritään saavuttamaan tulosparannusta ja kustannus säästöjä. Tämä menetelmä on nimetty työvaiheiden mukaan DMAIC-prosessiksi, joka on esitelty kuviossa 11. Työvaiheita ovat Define (määritä), Measure (mittaa), Analyze (analysoi), Improve (paranna) ja Control (ohjaa). Prosessivaiheet ovat erillisiä ja määrättyssä järjestyksessä eteneviä. Prosessissa pyritään välttämään lisäarvoa tuottamattomia toimenpiteitä. Tämä keskittyy toiminnassa olevien prosessien kehittämiseen. Tätä täydentämässä on DFSS, joka taas on keskittynyt kehittämään tuotekehitystä ja suunnittelua. (Lecklin 2006, 203-205)





Kuvio 11. Six Sigma menetelmä. (Lecklin 2006, 204)

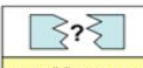




Leanin nopeuden ja Six Sigman laatutason yhdistäminen loi Lean Six Sigman. Se on liiketoiminnan ja suorituskyvyn parannusmenetelmä, joka keskittyy prosessin vaihteluun. Siinä käytetään hyväksi tilastollista ajattelua ja menetelmiä. Tuotannossa vaihtelu aiheuttaa virheitä, virheet aiheuttavat vikoja ja viat aiheuttavat hukkaa. Six Sigmassa pyritään minimoimaan virheet ja poikkeamat ja Lean keskittyy hukan poistamiseen ja läpimenoajan lyhentämiseen kuviossa 12 esitetyllä tavalla. (Karjalainen 2008)



Kuvio 12. Lean Six Sigma. (Karjalainen 2008)

### 3.6.1 DMAIC-prosessi

Tämä on seulontatekniikka, jossa edetään askel askeleelta kohti ydin- tai juurisyitä. Ensiksi selvitetään ongelma perusteellisesti ja etsitään mahdolliset ongelman aiheuttajat. Sen jälkeen aiheuttajista määritellään tekijät. Tekijöitä muutetaan parhaimman lopputuloksen saavuttamiseksi.

PROSESSIN PARANNUS LEAN SIX SIGMALLA		
Lean Six Sigman vaiheet	Prosessin parannus	Prosessin suunnittelu/ uudelleen suunnittelu
 <b>1. MÄÄRITTELY</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tunnista ongelma</li> <li>Määrittele vaatimukset</li> <li>Aseta tavoite</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tunnista onko suppeat vai laajat ongelmat</li> <li>Määrittele tavoite/muutos visio</li> <li>Selkeytä ongelman laajuus ja asiakasvaatimukset</li> </ul>
 <b>2. MITTAUS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kelpuuta ongelma/prosessi</li> <li>Viimeistele ongelma/tavoite</li> <li>Mittaa avainkohdat/inputit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mittaa vaatimusten suorituskyky</li> <li>Kerää prosessin hyötysuhteen määrittämisessä tarvittavaa dataa</li> </ul>
 <b>3. ANALYSOINTI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Luo syy-seuraus hypoteesi</li> <li>Tunnista keskeiset ydinsyyt</li> <li>Kelpuuta hypoteesit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tunnista "paras käytäntö"</li> <li>Arvioi prosessisuunnitelmaa               <ul style="list-style-type: none"> <li>arvon/ei-arvon lisäys</li> <li>pullonkaulat/katkokset</li> <li>vaihtoehtoiset "polut"</li> </ul> </li> <li>Viimeistele vaatimuksia</li> </ul>
 <b>4. PARANNUS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Luo idea, kuinka ydinsyyt poistetaan</li> <li>Testaa ratkaisu</li> <li>Standardisoi ratkaisu</li> <li>Mittaa tulos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suunnittele uusi prosessi               <ul style="list-style-type: none"> <li>haasteelliset oletukset</li> <li>käytä luovuutta</li> <li>virtausperiaate</li> </ul> </li> <li>Toteuta uusi prosessi, rakenteet ja systeemit</li> </ul>
 <b>5. OHJAUS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Luo standardimittaukset ylläpitämään suorituskykyä</li> <li>Korjaa ongelmat, jos niitä syntyy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Luo mittaukset ja katselmoi ylläpitääksesi suorituskykyyn</li> <li>Korjaa ongelmat, jos niitä syntyy</li> </ul>

Kuvio 13. DMAIC-prosessi. (Karjalainen 2008)

- 1) Määrittelyvaiheessa on tärkeää kuulla asiakkaita, mitkä tuoteominaisuudet ja vaatimukset ovat heille tärkeitä. On tunnistettava ongelma, määriteltävä vaatimukset ja asetettava tavoitteet.
- 2) Mittausvaiheessa esitetään tutkittava prosessi ja määritellään sen nykytila. Valitaan tärkeät mittarit ja tehdään mittaussuunnitelma. Mittauksessa selvitetään saanto ja kyvykkyys.
- 3) Analyysivaiheessa saatujen mittaustietojen pohjalta selvitetään virheiden ja ongelmien lähteet, syyt ja seuraukset. Samalla nähdään, että mitataan tavoitteiden kannalta oikeita asioita ja käytetään sopivia mittareita. Suorituskykyarvoja verrataan asetettuihin tavoitteisiin. Näin saadaan selville, mitkä prosessin tekijät aiheuttavat ongelmia.

- 4) Parannusvaiheessa suunnitellaan erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja ja arvioidaan niiden toimivuutta. On arvioitava vaihtoehtojen tuloksia, riskejä, kustannuksia ja haavoittuvaisuutta. Vaihtoehtoja on hyvä testata oletusten vahvistamiseksi. Koesuunnittelun avulla pystytään kvantitatiiviseen eli määrälliseen testaukseen. Koesuunnittelun ajatuksena on löytää tärkeimmät vaihtelun lähteet. Lisäksi pyritään selvittämään tekijöiden välisiä keskinäisvaikutuksia. Tulosten ollessa hyväksytyjä päätetään toteutuksesta ja tehdään toimintasuunnitelma sekä toteutetaan se. Prosessista saatu tieto kannattaa dokumentoida huolellisesti.
- 5) Ohjaus- ja valvontavaiheessa luodaan valvontajärjestelmä, jolla varmistetaan saavutetun tilan säilyminen parannusprojektin jälkeen. Tarvittaessa käynnistetään uusia kehittämistoimenpiteitä. (Lecklin 2006, 205-207)

### 3.6.2 DFSS-suunnittelumenetelmä

DFSS-suunnittelumenetelmän (Design for Six Sigma) tarkoituksena on optimoida suunnitteluprosessia. Asiakastarpeen ennustaminen ja ymmärtäminen tuo haasteita tuotekehitykselle ja suunnittelulle. Asiakas ei välttämättä osaa itsekään tiedostaa kaikkia tarpeitaan. Asiakastarpeen tunnistaminen ainoastaan ei riitä. On kyettävä suunnittelemaan tuote siten, että valmistukseen on edellytyksiä. Se on myös tehtävä kannattavasti. (Karjalainen 2008)

On huomattavasti kannattavampaa korjata virheet ja ratkaista ongelmat suunnittelu- ja tuotekehitysvaiheessa kuin tuotannossa. DFSS-menetelmällä kyetään ennakoitua selvittämään tuotteen ja valmistusprosessin suorituskyky ja toimivuus. Ongelmat pystytään testaamaan ja poistamaan ennen varsinaista tuotantoa. (Lecklin 2006, 207-208)

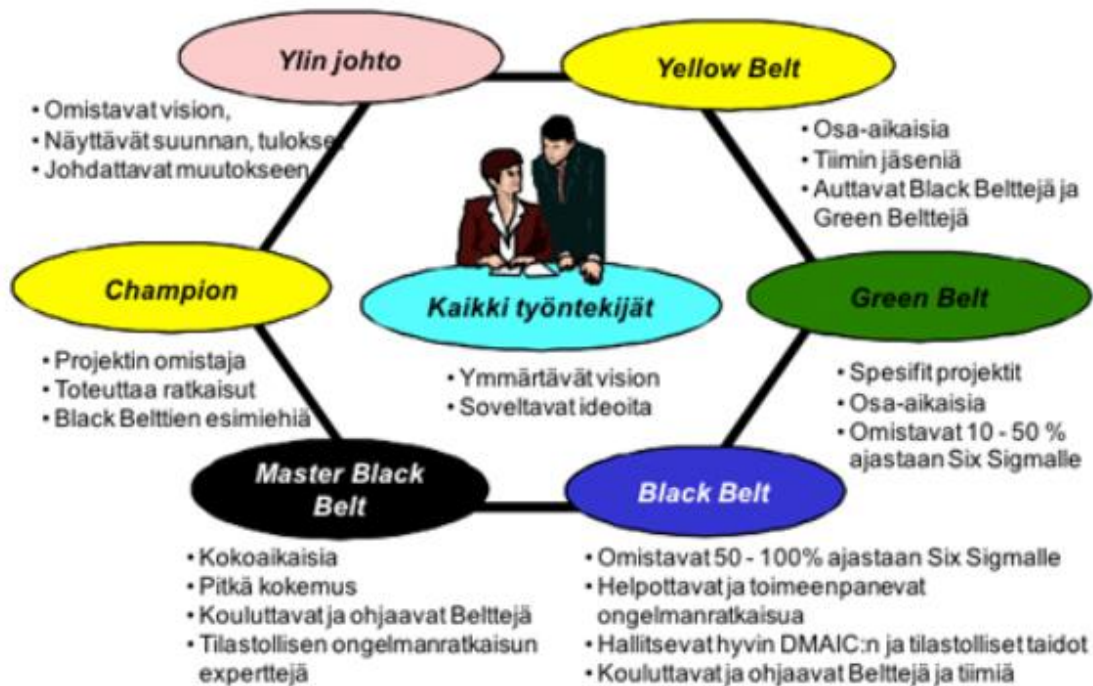
- 1) Tunnista. Tuotteiden kehittämisen edellytyksenä on asiakkaiden tarpeiden tunnistaminen ja kartoittaminen. Asiakas kannattaa ottaa

mukaan suunnitteluun heti alkumetreillä, näin pystytään poistamaan toteuttamiskelvottomat ideat jo alussa. Tämä tuo säästöjä ajassa ja kustannuksissa. Hyödyllistä tietoa kannattaa kerätä myös markkina- ja kilpailutilanteesta.

- 2) Suunnittele. Tuotekonseptin luomisessa selvitetään tuoteominaisuuksien ja erilaisten teknisten ratkaisujen toimivuus toisiinsa nähden. Näistä valitaan kilpailukykyisin ja parhaiten asiakkaan tarpeita huomioivin vaihtoehto. Tuoteominaisuudet muunnetaan tuotantoprosessin vaatimuksiksi ja suunnitellaan prosessi.
- 3) Optimoii. Tutkitaan voidaanko tuote valmistaa määrittelyjen mukaan ja saavutetaanko suunnittelutavoitteet. Arvioidaan suorituskyky ja luotettavuus. Asetetaan toleranssit. Määritellään kustannukset, riskit, laatu, luotettavuus ja turvallisuus. Näiden selvittämiseen käytetään koesuunnittelua, prototyyppien valmistamista, simulointia ja testausta.
- 4) Kelpuuta. Varmistetaan tuotteen ja prosessin toimivuus tuotannossa. Tehdään laadun tarkkailusuunnitelmat, dokumentoidaan mahdolliset tehdyt muutokset ja laaditaan tukiaineisto tuotantoa ja myyntiä varten. (Lecklin 2006, 207-208)

### 3.6.3 Henkilöroolit

Toteutusorganisaatiossa on asiantuntijoilla selvästi jaetut roolit ja vastuualueet. Osaajat on nimetty kamppailulajien vyösystematiikan mukaan. (Lecklin 2006, 209)



Kuvio 14. Toteutusorganisaation kuvaus. (Karjalainen 2008)

Ylimmän johdon tulee huolehtia siitä, että jokainen loppuun saatettu projekti edistää liiketoimintatavoitteita. Heidän tulee edistää, tukea ja avustaa projekteja kohti tavoitetta, että saavutetaan parannusta ja voittoa.

- 1) Champion voi olla yksilö tai ryhmä. He sopivat yhdessä ylimmän johdon kanssa projektit, joita Black Beltit ja Green Beltit tekevät. Heidän toimenkuvaansa kuuluu projektien ja projektiryhmien organisointi, huolehtia Black Beltien ja Green Beltien ajallisen kapasiteetin ja resurssien riittävydestä sekä avustaa koko prosessissa niin, että syntyy pysyvää liiketoimintahyötyä.
- 2) Master Black Beltit toimivat kouluttajina organisaatiossa. He etsivät jatkuvasti uusia ajatuksia, tietoja ja taitoja sekä lähestymistapoja, millä saavutetaan korkeampaa suorituskykyä yrityksessä. Heidän ammattitaitoaan käytetään projektin valintaan, projektin toteuttamiseen ja suunnitteluun sekä laajempaan liiketoiminta-analyysiin.
- 3) Black Beltit opettavat, valmentavat ja ohjaavat muita menetelmän ja työkalujen käytössä. He osallistuvat monimutkaisiin osasto-

liiketoimintayksikkö- tai poikkiorganisatorisia prosessin parannusprojekteihin. He kertovat uusista strategioista, sekä hakevat ulkoisia ja sisäisiä mahdollisuuksia uusille projekteille.

- 4) Green Beltit työskentelevät projektitiimin jäsenenä ja auttavat projektin kaikissa vaiheissa. He voivat suorittaa itsenäisesti myös pienempiä parannusprojekteja.
- 5) Yellow Beltit työskentelevät projektitiimin jäsenenä. He vievät opitun ajattelutavan ja työkalut työympäristöön.
- 6) Muut tiimin jäsenet osallistuvat ongelmanratkaisutiimeihin, tarjoten osaamista eri prosessivaiheista. (Karjalainen 2008)

#### 4 MITTAUSMENETELMÄN VALINTA JA VALIDOINTI

Mittausmenetelmän validoinnilla tarkoitetaan menetelmän testausta, jossa se todistetaan toimivan suunnitelluissa käyttöolosuhteissa. Validoinnissa arvioidaan sekä menetelmän suorituskykyä, että sen soveltuvuutta suunniteltuun mittaukseen. (MIKES 2011)

Kahden mittausmenetelmän vertailu ja tulosten yhteneväisyys on tärkeä menetelmä validoinnissa. Tärkeää tulosten vertailukelpoisuuden takia on mitata samaa näytettä kummallakin menetelmällä. (MIKES 2011)

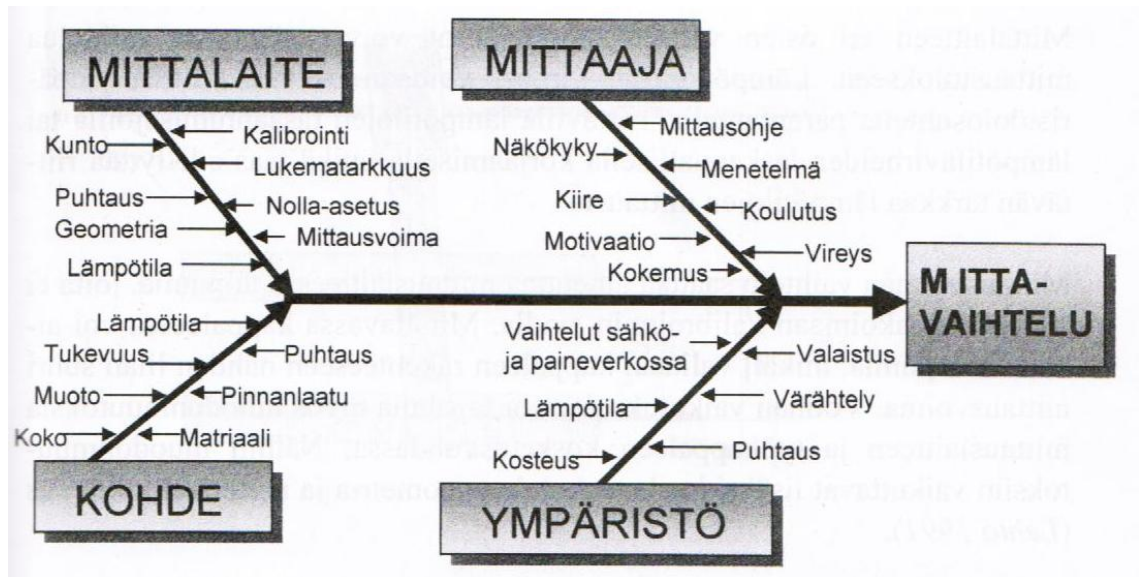
Tehdyistä mittauksista laaditaan validointi raportti. Siitä selviää työn tavoite, toteutus sekä mittauksiin käytetty laitteisto, välineistö ja materiaalit. Raporttiin kirjataan tehdyt toimenpiteet ja niiden tulokset. Siinä kerrotaan miten tuloksia on tarkasteltu ja mittausepävarmuutta sekä mahdollisia häiriötekijöitä arvioitu. Validointi raportin yhteenvedossa selvitetään täyttääkö menetelmä sille asetetut vaatimukset ja soveltuuko se aiottuun käyttötarkoitukseen. (MIKES 2011)

Mittalaitetta valittaessa tulee varmistaa laitteen soveltuvuus kyseiseen mittaukseen, ettei laitteen käytössä ilmene mitään rajoituksia. Mitattaessa on tiedettävä myös millaisia epävarmuustekijöitä tulokseen liittyy. Ilman sitä tietoa ei voida tehdä varmoja johtopäätöksiä. Mittaus ei koskaan voi olla tarkempi, kuin se epävarmuus, jolla mittalaite on kalibroitu. Mittalaitteen kalibrointi on yksi olennaisimmista epävarmuuskomponenteista. (MIKES 2011)

Hankalinta mittaustulosten analysoinnissa on epävarmuuslähteiden tunnistaminen ja listaus. Kaikki muut asiat on standardoitu ja ohjeistettu, mutta epävarmuuslähteiden tunnistamiseen tarvitaan ammattitaitoa ja näkemystä. Alla esitän epävarmuuden lähteitä, joiden huomioon tarpeellisuus tulisi arvioida. (MIKES 2011)

#### 4.1 Mittausvirheet

Mittaukset sisältävät aina tietyn virhemarginaalin, koska mittaustulokseen vaikuttaa monet tekijät. Näitä tekijöitä ovat mitattava kappale, perusmitat, mittalaitte, mittaustapa, ulkoiset olosuhteet ja mittaja. (Andersson 1997, 127-139)



Kuvio 15. Mittaus poikkeamien syy-seuraus-diagrammi. (Andersson 1997, 139)

#### 4.2 Erilaisia mittausvirheitä

Systemaattiset virheet ovat mittausvirheitä, jotka johtuvat olosuhteista tai ovat jotenkin siitä riippuvaisia. Näitä ovat mittauslämpötila, mittauslaitteen kalibrointi ja voimat, jotka vaikuttavat mitattavaan kappaleeseen tai mittalaitteeseen. Nämä virheet noudattavat tiettyä säännönmukaisuutta ja voidaan poistaa korjaavilla toimenpiteillä. Mitä tarkemmin mittauksessa vallitsevat tekijät tunnetaan, sen helpompi niiden aiheuttamia virheitä on hallita. (Andersson 1997, 127-139)

Satunnaiset virheet ovat mittausvirheitä joiden tulos vaihtelee, vaikka olosuhteet ja mittausväline on sama. Niiden suuruutta ja suuntaa ei pystytä laskemaan. Uusintamittauksella saadaan kuitenkin tietoa virheen suuruudesta. Keskiarvolla pystytään pienentämään tämän virheen vaikutusta. (Andersson 1997, 127-139)



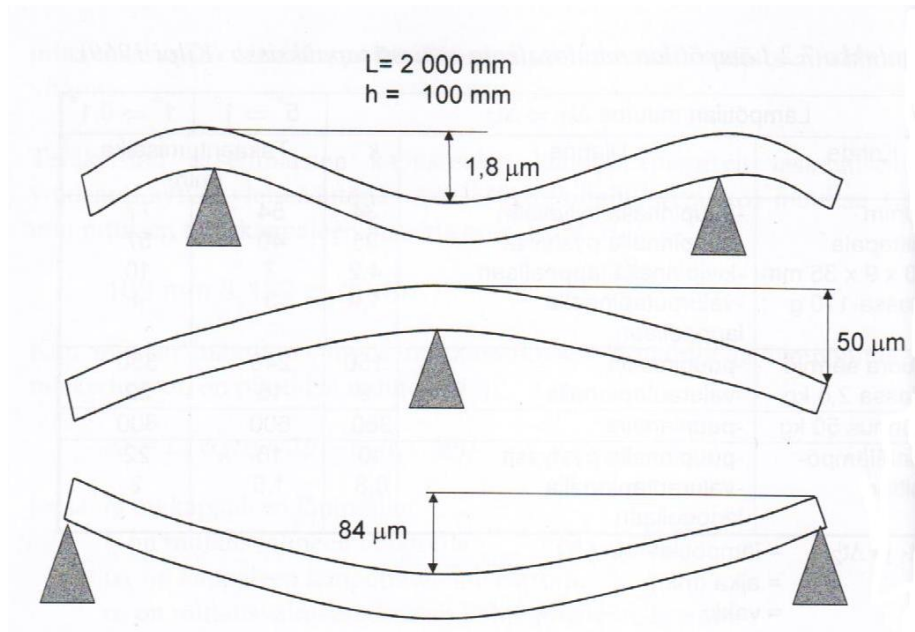
Karkeat virheet ovat erehdyksiä ja huolimattomuus virheitä. Näiden suuruus voi olla moninkertainen edellisiin verrattuna. Näitä virheitä ovat esimerkiksi mittaus-tuloksen virheellinen lukeminen, väärä mittausmenetelmä, ajatusvirheet, olo-suhteiden ja muiden virhelähteiden huomiotta jättäminen. (Andersson 1997, 127-139)

Lämpötilasta johtuvat virheet ovat yleensä vaikutuksiltaan suurimmat ja vai-keimmin hallittavissa olevia virhelähteitä. Oikea mittauslämpötila metrijärjestel-mässä on +20 °C. Lämpötilan noustessa kappale laajenee. Tarkan mittauksen aikaansaamiseksi lämpötilan noustessa on tiedettävä seuraavat asiat:

- mitattavan kappaleen lämpöpiteneiskerroin
- mittauslaitteen lämpöpiteneiskerroin
- mitattavan kappaleen lämpötila
- mittauslaitteen lämpötila.

On huomioitavaa, että lämpöpiteneiskerroin on keskiarvo. Esimerkiksi teräk-sellä kertoimen vaihtelu voi olla  $\pm 5$  %. (Andersson 1997, 127-139)

Voimista johtuvat virheet ovat yleisimpiä virhelähteitä. Ne jaetaan kahteen ryh-mään vaikutussuunnan mukaan. Ensimmäisessä ryhmässä kappaleen oma massa aiheuttaa taipumaa, josta seuraa huomattava virhe. Tarkimman tuloksen saa, kun kappale tuetaan ns. Besselin pisteistä mitkä ovat 22 %:n päässä päis-tä. Näitä virhelähteitä esiintyy esimerkiksi pitkissä akseleissa ja ohutseinäisissä putkissa.



Kuvio 16. Teräsviivaimen taipuma Bessin periaatteella. (Andersson 1997, 134)

Toinen ryhmä koostuu mittauksen suuntaisista voimista. Näitä esiintyy esimerkiksi mittauskellolla mitattaessa, koska valtaosa markkinoilla olevista laitteista ovat liian heikkoja rakenteeltaan. Tästä aiheutuu mittauskärjen sisään painumaa. Siihen kuuluu mittauskärjen litistymä ja kappaleeseen syntyvä painanne. Tätä esiintyy yleensä kevytmetalleja mitattaessa. Mikrometrillä mitattaessa voi varomattomassa käytössä ilmetä kaaren taipumaa. Huomioitavaa on mikrometriruuvien kiertämisnopeuden vaikutus mittausvoimaan. (Andersson 1997, 127-139)

Asennosta johtuvat virheet ovat vaikeasti havaittavia virhelähteitä. Näitä esiintyy esimerkiksi mikrometrillä reiän halkaisijaa mitattaessa, siinä on etsittävä asennot missä mittalaite keskiviivaa vastaan kohtisuorassa leikkauksessa antaa suurimman lukeman ja keskiviivan suuntaisessa pienimmän lukeman. Mittakellomittauksessa kellon kara pitäisi olla kohtisuorassa mitattavaa pintaa vasten. Tämä ei usein onnistu, siitä johtuvaa vinouskulmaa on vaikea hahmottaa virheen kompensoimiseksi. (Andersson 1997, 127-139)

## 5 SELVITYS LAADUN KOKONAISKUVASTA

Fortaco on Euroopan suurin konepajateollisuuden sopimusvalmistaja. Yhtiön päätuotteita ovat vaativat hitsatut ja koneistetut komponentit, asennusvalmiit työkoneiden ohjaamot sekä koneiden ja laitteiden loppukokoonpanot muun muassa maailman johtavimmille konepajasektorin OEM-valmistajille eli alkuperäisille valmistajille. Yhtiö työllistää noin 2 300 henkilöä 10 toimipisteessä Suomessa, Puolassa, Virossa, Unkarissa ja Slovakiassa. Vuonna 2013 Fortacon liikevaihto oli 216 miljoonaa euroa.

Kokoonpano liiketoimintaan kuuluu laaja tarjonta asennuspalveluja. Näitä ovat loppukokoonpanot sisältäen toiminnallisen testauksen ja osakokoonpanot. Lisäksi tarjontaan kuuluu materiaalin hankinta, konseptisuunnittelu ja laadun tarkastukset. Fortaco voi myös mahdollisissa ulkoistamis tapauksissa ottaa täyden omistusoikeuden asiakkaiden kokoonpanoihin tai osa valmistuksiin.

Komponentti liiketoiminta tarjoaa komponentteja 0,1-80 tonniin, joko yksittäisinä kappaleina tai sarjatuotantona. Valmistuksessa käytetään nykyaikaisia koneita ja automatisoitua hitsausta. Prosessissa on käytössä 3D-mittaus, ultraääni testaus ja moderni pintakäsittely. Tuotteet ovat ISO 3842-sertifioituja.

Koneistus liiketoiminta tarjoaa osien koneistusta asiakasvaatimusten mukaan. Tarjontaan kuuluu myös luokittelut, dokumentaatiot, testaukset, automatisoidut valmistusprosessit, erilaiset testaukset ja mittaukset esim. ultraääni ja 3D.

Fortacon tavoite on olla ammattitaitoisin ja luotettavin sopimuskumppani, joka sitoutuu täydellisesti turvallisuuteen, laatuun ja toiminnalliseen erinomaisuuteen. Missiona on tuoda lisäarvoa asiakkaan toimintaan, kehittämällä toimintatapoja, laatua, turvallisuutta ja vähentämällä arvoa tuottamatonta työtä.

Itselläni ei ole koneistuksesta kokemusta, niinpä tässä kuvaamani laadun kokonaiskuva perustuu tekemääni kyselyyn ja haastatteluihin. Kyselyn lähetin n. 40

työntekijälle (Liite 3) ja 8 toimihenkilölle (Liite 4). Vastauksia sain työntekijöiltä 10 kpl toimihenkilöiltä 4 kpl. Vastausten vähäinen määrä yllätti varsinkin työntekijä puolelta. Tutustuin myös koneistuksen laatukäsikirjaan. Sieltä löytyi kaikki yrityksen toimintaa koskevat asiat. Se sisältää laadunhallintajärjestelmää varten tehdyt toimintaohjeet, yrityksen laatupolitiikan ja laatutavoitteet mitkä yritys on laatinut toiminnalleen ja tuotteilleen. Se sisältää myös henkilöstön vastuut, valtuudet ja toimintaohjeet.

Yrityksellä on tiedostettu olevan laadullisia ongelmia, jotka ovat vaikuttaneet toimitusvarmuuteen ja laatukustannusten nousuun. Henkilöstöressurssien vähäisyyden vuoksi laatuasioihin ei ole pystytty puuttumaan ennakoivasti. Tämän takia laatuongelmia on hoidettu virheitä korjaamalla.

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda puolueeton näkemys Sastamalan yksikön koneistuksen kokonaislaadusta. Tarkoitus oli samalla tuoda esiin ongelmakohtia. Nykyään suurimpien asiakkaiden laatuvaatimukset velvoittavat ennakoivaan laadun parantamiseen. Lisäksi ennakoivasta laadun parantamisesta on yritykselle itselleenkin hyötyä esimerkiksi laatukustannusten vähentymisellä, ja toimitusvarmuuden kasvulla. Laatukustannusten pienentämisellä yritykselle haetaan kasvua ja uskottavuutta. Yrityksellä oli jo käytössä erilaisia laatutyökaluja, mutta yksikään niistä ei keskittynyt ennakoivaan laadun parantamiseen. Ennakoiva laadun parantaminen päätettiin ottaa käyttöön koko konsernissa.

### 5.1.1 Tuotelaatu

Vastauksien perusteella tuotelaatu vastaa kokonaisuudessaan vaatimustasoa, vaikka varsinkin sisäisten reklamaatioiden määrä yllätti. Kuukaudessa ulkoisia reklamaatioita on 5-7 kpl ja sisäisiä 10-20 kpl. Vuonna 2014 sisäiset ja ulkoiset laatukustannukset olivat 244 000€. Reklamaatiot koskevat yleensä kappaleessa olevia kolhuja ja naarmuja, jotka on huomioitu laatukäsikirjassa valmiiden kappaleiden käsittelyn ja pakkaamisen kehittämisessä. Lisäksi on suhteellisen paljon mittavirheitä, kierteet eivät toimi ja kappaleissa on katkenneita poranteriä. Laatuongelmia ilmeni erityisesti uusien tuotteiden ylösajossa.

### 5.1.2 Prosessinlaatu

Prosessin laadussa suurimmaksi haasteeksi koetaan materiaalin odottaminen. Töitä ei päästä aloittamaan ajallaan materiaalipuutteiden takia. Prosessinohjaus on ongelmassa alimitoitettun henkilöstön vuoksi. Toimihenkilöillä on liian laajat vastualueet. He eivät ehdi paneutua riittävän tarkasti asioihin ja näin ollen heidän sitoutumisensa yrityksen tavoitteisiin vaikeutuu. Tähän on tultu lukuisten irtisanomisten ja tehtävien uudelleen organisointien takia. Tehtävien perehdyttämiseen tarvittaisiin lisää aikaa. Usein saatu apu tai neuvot ovat puutteellisia. Tällä vaikeutetaan yrityksen toimintaa ja aiheutetaan ylimääräistä hukka työtä, joka ei ole tuottavaa. Mielestäni jokaisen pitäisi tehdä omasta työstänsä tarkka toimintakansio, jossa kerrotaan miten on asiat tehnyt ja miksi. Näin edesautettaisiin toiminnan kehittämistä. Siitä olisi hyötyä jokaiselle. Tiedottamisessa on myös omat haasteensa. Se koetaan huonoksi työntekijöiden ja toimihenkilöiden puolelta. Tästä johtuen koko prosessinjohtaminen mielletään sekavaksi. Avoimempi tiedottaminen ja molemminpuolinen rakentava keskustelu selkeyttäisi toimintaa. Laatutyökalujen ja mittalaitteiden sekä menetelmien käytön ohjaaminen ja koulutus ovat useasti ilmenneitä toiveita. Laadusta vastaavien henkilöiden tulisi enemmän viettää aikaa tuotannossa ja näin jakaa laatutietoa ja taitoa ns. lattiatasolle. Laatu kuuluu kaikille. Laadun kehittämisen perusedellytys on prosessin jokaisen osan sitouttaminen yhteisiin laatutavoitteisiin.

### 5.1.3 Menetelmät

5S-menetelmä on ollut käytössä koko konsernissa. Sillä on saatu vähennettyä turhaa liikettä ja siisteystaso on noussut huomattavasti. Käytössä ovat myös 8D-, 4Q- ja 7-step menetelmät, mutta vastauksien perusteella harvat käyttävät niitä ainakaan tietoisesti. Lisäksi merkille pantavaa on se, ettei läheskään kaikkia tarkastusmittauksia dokumentoida minnekään. Ainoastaan, jos asiakas vaatii tarkastuspöytäkirjan. Tämä on kuitenkin jo muuttumassa tarkastus- ja mittapöytäkirjojen käyttöä ollaan lisäämässä. Tarkoitus on käynnistää myös FMEA-menetelmä ennakoimaan mahdollisia tulevia ongelmia. Tämä on myös erään

asiakkaan vaatimus. Laatukriteerit ovat tekijöillä hyvin tiedossa, mutta laatu-  
lautteita toivotaan selkeämmiksi. Palaute olisi pyrittävä antamaan rakentavasti  
eikä unohdeta positiivisen palautteen antamista.

#### 5.1.4 Asiakkaan laatuvaatimukset ja auditoinnit

Laatuvaatimukset vaihtelevat asiakkaasta riippuen. Nykyään asiakkaat vaativat  
vähintään ISO 9001 ja 14001 vaatimusten täyttämistä. Monet asiakkaat ovat  
lisänneet näiden päälle vielä omia vaatimuksiaan tiettyjen laatusyökalujen käyt-  
tämisestä. Turvallisuuskriteerit ovat myös nousseet lähes kaikilla asiakkailla.  
Mukaan on tullut erilaisia dokumentointi vaatimuksia, jotka poikkeavat toisistaan  
melkoisesti.

Auditointeja tehdään tietyin väliajoin. Sisäisten auditointien lisäksi tehdään ul-  
koisia auditointeja asiakkaan tai kolmannen osapuolen toimesta. Auditoinneissa  
ilmenneet poikkeamat liittyvät korjaavien toimenpiteiden seurantaan tai niiden  
tehokkuuden seurantaan, koneiden kunnossapidon ennakkohuoltojen suunni-  
telmallisuuteen ja niiden toteutumisen seurantaan sekä käyttäjä kunnossapidon  
seurantaan. Nämä asiat on huomioitu laatukäsikirjassa ja näitä ollaan kehittä-  
mässä.

#### 5.1.5 Tuotannon ongelmat

Ongelmia tuovat vanhentunut konekanta, ennakoivan kunnossapidon puuttumi-  
nen, normaaleja huoltotöitä venytetään mahdollisimman pitkälle ja kiire. Nämä  
kaikki aiheuttavat koneiden särkymistä. Siitä seuraa aikataulujen pettäminen,  
tämä taas maksimoi kiirettä. Tästä aiheutuu henkilöstölle ylimääräistä painetta,  
joka vaikuttaa jaksamiseen ja motivaatioon. Työnsuorittamiseen vaikuttaa osal-  
taan myös puutteelliset ja epäselvät piirustukset sekä mittalaitteiden sopimat-  
tomuus tiettyihin toimenpiteisiin. Nämä ongelmakohdat näyttävät hyvin olevan  
tiedossa. Ne ovat kirjattu myös laatukäsikirjaan. Nyt tarvitaan toimenpiteitä, että  
ongelmista päästään eroon. Tämä vaatii johdon sitoutumista ja jalkautumista  
ongelmien pariin. Ei riitä, että ongelmat tiedostetaan, ne pitää myös hoitaa. Hoi-

tamiseen tarvitaan henkilöstöresursseja, aikaa ja rahaa. Koko henkilöstö on saatava kehittämiseen mukaan. Asioita on jalkautettava myös tuotantoon. Avoimempaa laatutietoutta ja koulutusta on pyrittävä jakamaan kaikille. Tavoitteet on tehtävä henkilöstölle selväksi ja perusteltava miksi näin kuuluisi tehdä ja mitä tästä hyötyy eri osapuolet. Nämä ovat sellaisia ongelmia, että nämä pystytään kyllä yhteisvoimin poistamaan.

## 6 FMEA:N TOTEUTUS FORTACOSSA

Fortacolla ei ole aiemmin ollut käytössä ennakoivaa laadunparannustyökalua. FMEA:n käytön valintaan päädyttiin, koska se soveltuu kaikille liiketoiminta alueille. Se on myös selkeä toteuttaa ja antaa hyvin toteutettuna tarkat tiedot mahdollisista ongelmakohdista ja jatkotoimenpiteet riskien pienentämiseksi tai poistamiseksi kokonaan. Lisäksi tulokseksi saadaan riskiluku, jonka perusteella pysytään laittamaan mahdolliset ongelmat kriittisyys järjestykseen. Päätös tämän työkalun käyttöönotolle oli syntynyt jo ennen tämän työn valmistumista. Tämä työ osoitti, saatujen tulosten perusteella päätöksen oikeellisuuden.

### 6.1 Prosessin valinta ja ryhmän muodostus

Työ alkoi prosessin valinnalla. Valinnan perusteina pidettiin, asiakkaan vaatimusta ennakoivasta laadun parantamisesta, sarjatuotantoa ja prosessin hahmottamisen yksinkertaisuutta. Nämä kriteerit täyttyivät BW-koneella tehtävässä kiertokangen valmistusprosessissa. Kyseisellä koneella ei tällä hetkellä tehdä mitään muuta työtä. Työtä tehdään kolmessa vuorossa. Valmistusprosessi on helposti hahmoteltavissa, koska kaikki tapahtuu pienellä alueella.

FMEA-ryhmään valittiin työnantajan edustajia eri henkilöstöryhmistä. Perusedellytyksenä oli, että he ovat jollakin tavalla tekemisissä kiertokangen valmistusprosessin kanssa. Kaiken kaikkiaan ryhmässä oli kuusi henkeä. Vaikeuksia tuotti aikataulujen yhteensovittaminen.

### 6.2 Prosessin kulku

Yrityksen ulkopuolelta tulevat aihiot, joita on kaksi erilaista kappaletta; väliosa ja kansi kuva 1 ja kuva 2. Lisäksi on juuripala mitä käytetään väliosan ja kannen yhdistämiseen. Se on työskentelypisteessä, sitä ei työstetä, eikä lähetetä mihinkään. Asetetaan palettiin kuvan 3 ja kuvan 4 mukaisesti. Paletteja on kaksi kappaletta ja niitä vuorotellaan. Toisen paletin ollessa koneessa toiseen kiinnitetään osat. Ennen kappaleiden asentamista tarkastetaan silmämääräisesti, ettei



niissä ole ylimääräisiä painumia tai kuoppia. Väliosia tulee oikealle puolelle ja uudelleen toiselta puolelta työstettäväksi ylös. Kansiosa tulee vasemmalle puolelle. Koneeseen päin tulee nämä osat yhdistettynä juuripalan kanssa. Näin saadaan suurin hyöty yhdestä ajokerrasta. Eli väliosia tulee ajettua kaksi kertaa ja kansi kerran erikseen sitten ne ajetaan vielä yhdistettyinä. Ajon alkaessa kone suorittaa mittauksia ja määrittelee nollapisteitä. Nämä tehtyään alkaa työstäminen.



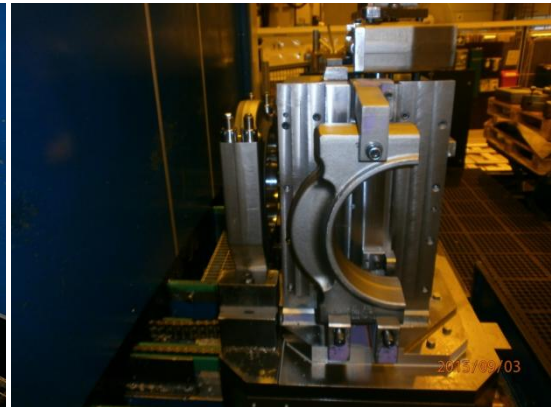
Kuva 1. Väliosia.



Kuva 2. Kansi.



Kuva 3. Palettiin asennus.



Kuva 4. Palettiin asennus.

Ajon jälkeen kone pysäytetään ja mennään koneen työskentelytilaan ja puhalletaan kappaleet puhtaaksi (kuva 5). Mitataan kalibroidulla mittakellolla yhdistettyjen kappaleiden muodostama reiänhalkaisija ja tarkistetaan, ettei terä ole katkennut yhteenkään pienempään reikään ja, että ne ovat tarpeeksi syvät. Mittakelloilta mittatiedot siirtyvät automaattisesti tietokoneen mittausjärjestelmään. Paletti ajetaan ulos ja suoritetaan tarkastusmittaukset, kierteet tarkastetaan kierretulkilla ja sokanreiät reikämikrometrillä. Pompeeraus eli leviäminen tarkastetaan pompeeraus kellolla. Toiseen kertaan työstetyn väliosian korkeus tarkastetaan isolla työntömitalla. Välillä kappaleisiin tehdään tarkastusmittaukset la-

serpöydällä, lasermittaajan toimesta. Silloin mittaukseen lähtee telineestä kaikki osat paitsi vasemmalla puolella oleva väliosa. Mittaustulokset merkitään mittauspöytäkirjaan ja mittausjärjestelmään. Terävät reunat pyöristetään manuaalisesti vingulla ja reiät pyöräytetään vielä hiomapaperilla, suoritetaan visuaalinen tarkastus.



Kuva 5. Koneen sisältä.

Kuva 6. Kokoonpano.

Kansi ja ylhäällä oleva välipala otetaan pois paletista. Puhdistetaan ja suoritetaan visuaalinen tarkastus. Kanteen lyödään sokat paikalleen sekä yhdistetään välipalan ja juuripalan kanssa. Näihin stanssataan juokseva numero ja liitetään pulteilla yhteen (kuva 6). Pultteja saa käyttää vain kolme kuukautta. Näin ehkäistään onnettomuuksia ja vahinkoja, mitkä aiheutuisivat pulttien katkeamisesta. Tämän jälkeen yhdistetyt osat laitetaan taas palettiin työstämistä varten. Vasemmalla puolella oleva väliosa putsataan ja tehdään visuaalinen tarkastus. Tämän jälkeen se käännetään ja nostetaan ylös paletin päälle seuraavaa työstöä varten. Yhdistettynä työstetyt kappaleet nostetaan pois paletista, lyödään sokat välipalaan ja avataan kiinnityspultit. Mitataan mittakellolla väliosan korkeus. Poistetaan jäysteet lukkouran reunoista. Tehdään työntömitalla tarkastusmittaukset lukkouralle. Viistetään öljyreikien reunat, pyöräytetään öljyreivät hiekkapaperilla ja putsataan kappaleet. Suoritetaan visuaalinen tarkastus ja pakataan kuljetusalustalle erikseen (kuva 7). Suojataan kappaleet kuljetusta varten suoja-aineella. Nostetaan täysi lava alas ja viedään lähetyspisteeseen. Tilalle tuodaan uusi kuljetuslava.



Kuva 7. Valmiit kappaleet.

### 6.3 Työn toteutus

Ensimmäinen varsinainen tehtäväni oli prosessiin tutustuminen, koska minulla ei ollut koneistuksesta minkäänlaista kokemusta. Vietin koneistuksessa kyseistä valmistusprosessia seuraamassa ja kyselemässä kolme päivää, tehden erilaisia muistiinpanoja.

Seuraava vaihe oli FMEA projektiryhmän kokoontuminen. Kokoontumisia pidettiin kaikkiaan neljä kertaa. Ensimmäinen tehtävä oli valmistusprosessin pilkkominen pienempiin alueisiin, tarkempien vikaantumismahdollisuuksien esille nostamisen helpottamiseksi ja prosessin etenemisen helpommaksi hahmottamiseksi. Tässä onnistuttiin nopeasti. Pääsimme siirtymään seuraavaan vaiheeseen eli vikaantumismahdollisuuksien ideointiin.

Tämä olikin jo haastavampi osuus. Ideoinnin tarkoitus oli miettiä minkälaisia ongelmia valmistusprosessissa voi tapahtua. Samalla mietittiin miten ne vaikuttaisivat prosessin kulkuun ja miten vaikutukset heijastuvat valmiiseen tuotteeseen. Seuraavaksi mietittiin mikä mahdollisesti aiheuttaa ongelman. Tässä ei ollut tarkoitus lähteä hakemaan juurisyytä vaan ainoastaan löytää mahdollisen virheen aiheuttaja.

Kolmannessa vaiheessa tarkasteltiin nykyistä prosessi käytäntöä ja mietittiin millaisia tarkastustoimenpiteitä on käytössä ja pystytäänkö nykyisellä käytännöllä havaitsemaan esille tulleet vikaantumismahdollisuudet. Tämän tarkastelun jälkeen laadittiin toimenpidesuosituksset vahvistamaan nykyistä käytäntöä sekä estämään tai ainakin pienentämään mahdollisia uusia vikaantumisriskejä. Näille toimenpiteille kohdennettiin vastuuhenkilö ja annettiin takaraja mihin mennessä asia pitäisi olla hoidettu.

Haastavimmaksi osuudeksi muodostui kuitenkin kolmen muuttujan pisteyttäminen. Näitä muuttujia ovat vakavuus, esiintyvyys ja havaittavuus. Vakavuutta arvioitiin asteikolla 1-10. Virheen esiintyvyyttä ja havaittavuutta arvioitiin asteikolla 1-6. Näiden muuttujien tulona saadaan riskiluku (RPN), joka kertoo virheen aiheuttajan kriittisyyden (Liite 5). Jos RPN luku on alle 50, toimenpiteitä ei tarvita. Jos luku on 50 – 100, asia tutkitaan ja selvitetään juurisyyt. Mikäli luku on yli 100, ryhdytään korjaustoimenpiteisiin. Suositeltavien toimenpiteiden aika-aulun täyttymisen jälkeen tilanne arvioidaan uudelleen.

#### 6.4 FMEA:n tulokset

Tuloksista selvisi tarve yhtenäisille työhohjeille tuotantoprosessissa, sekä yhtenäinen sopimus ohjeiden noudattamisesta. Näin saadaan vähennettyä huolimattomuudesta tai piittaamattomuudesta johtuvia virheitä. Lisäksi työssä tuli erittäin tärkeänä esille mittajärjestelmän validoinnin tarpeellisuus. Tämän avulla pystytään vähentämään tuntuvasti erilaisia mittavirheitä. Ennakoivan huollon puutteellisuus nousi myös voimakkaasti esiin. Tällä pystyttäisiin ennalta ehkäisemään tuotannon yllättävät seisokit ja vähentämään viallisten tuotteiden määrää. Henkilöstön kovan kuormittamisen aiheuttaa varahenkilöiden puute ja työn fyysisuus. Oikeaoppisella työn kierrolla ja keventimien käytöllä saadaan aikaan työssä jaksamista, mikä edes auttaa laatutason ylläpitämistä. Suoritettu työ löytyy liitteistä. (Liite 6)

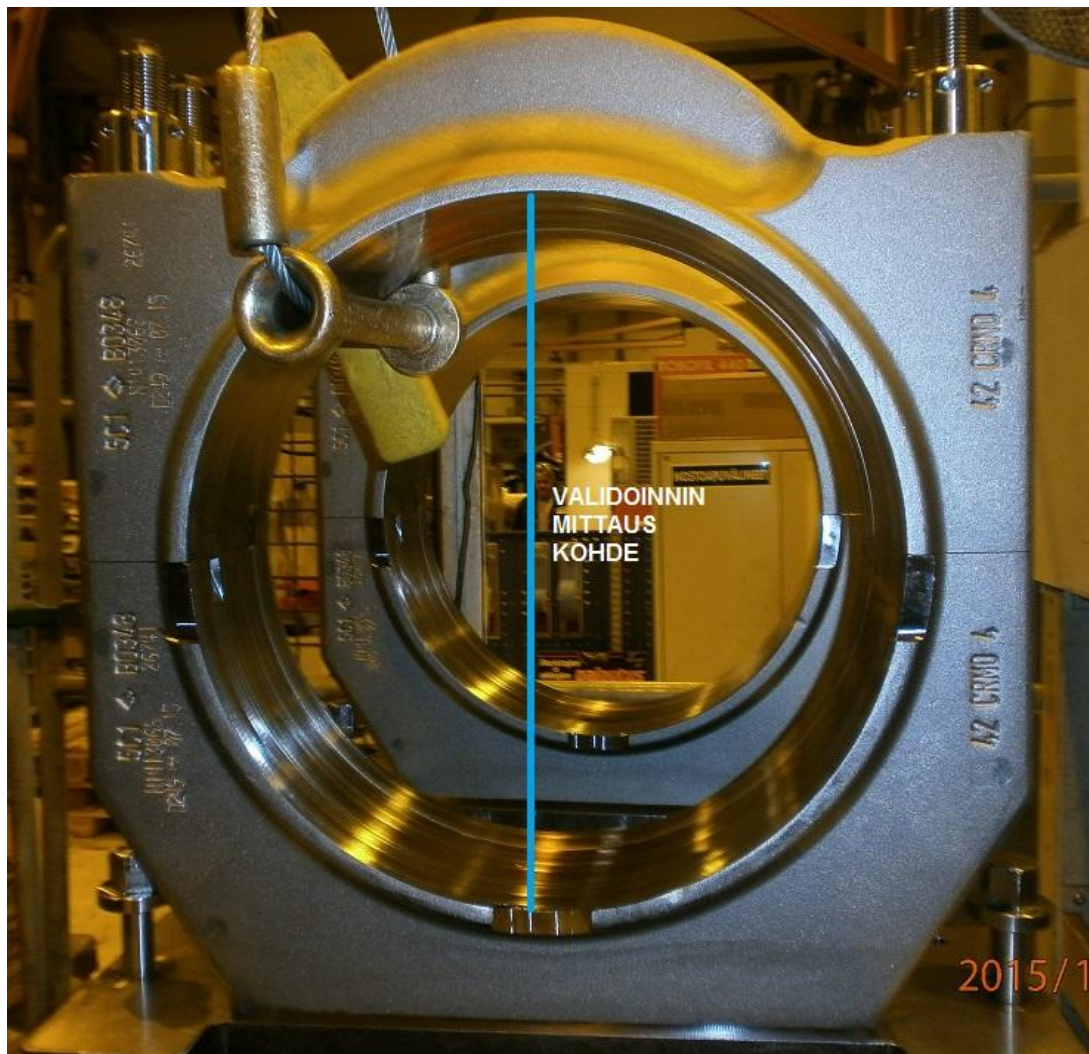
FMEA soveltuu loistavasti erilaisten valmistusprosessien kehittämiseen, ennakoiden mahdollisia tulevia vikaantumismahdollisuuksia. FMEA:n käyttöä jatketaan yrityksessä. Käyttöä laajennetaan myös toisille osastoille.

## 7 VALIDOINTI FORTACOSSA

Mittausvirheiden ennalta ehkäisemiseksi aloitettiin mittausjärjestelmän validointi prosessi. Tarkoituksena oli selvittää mittaustuloksiin vaikuttavien tekijöiden soveltuvuus kyseisiin mittauksiin. Tässä on mittaustuloksiin vaikuttavista tekijöistä muutama esimerkki; mittaava henkilö, mittaustyökalu ja ympäristö vaikutukset. FMEA:sta saadut tulokset vahvistivat validoinnin tarpeellisuuden.

### 7.1 Työn rajaus

Tämä työ rajattiin koskemaan mittaavan henkilön vaikutusta mittaustulokseen. Mittauskohteena käytettiin kiertokangen 325 halkaisijan mittausta (kuva 8). Tämä mitta on tärkein koko prosessissa.



Kuva 8. Validoinnin mittauskohde.

## 7.2 Validoinnin toteutus

Työ alkoi mittauspöytäkirjan pohjan laadinnalla. Tämän jälkeen menin koneistajien luokse antamaan informaatiota alkavasta prosessista. Itse mittauksen suoritti henkilöt, jotka tekevät sitä päivittäin. Tähän tehtävään heitä otettiin kolme henkeä. Kukin heistä mittasi saman sattumanvaraisesti valitun kappaleen. Kappaleita mitattiin kaiken kaikkiaan kolme. Mittaus tapahtui mittakellolla (kuva 9). Mittakello kalibroitiin aina ennen mittausta. Mittaajat eivät tienneet toistensa tuloksia. Saadut tulokset siirsin tietokoneelle Excel ohjelmaan. Saadut tulokset dokumentoin taulukkoon ja tein graafisen esityksen.



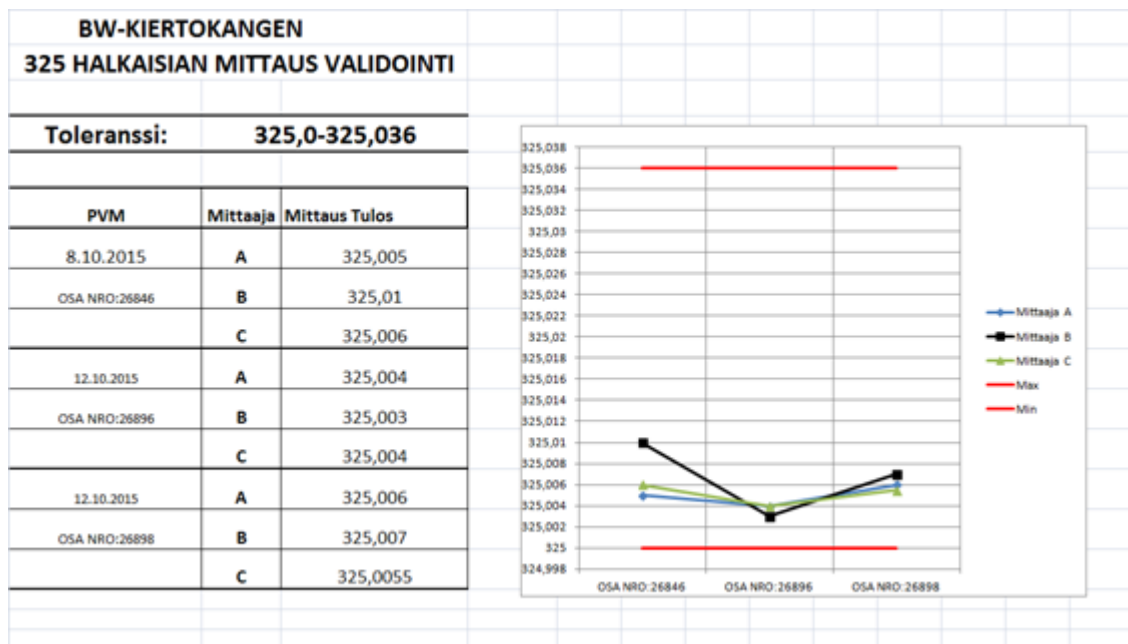
Kuva 9. Mittakello.

Tällä validoinnilla haettiin informaatiota käytetyn mittalaitteen hallinnan osaamiseen. Sekä siihen, miten paljon eri henkilöiden mittaustulokset eroavat toisistaan. Näin selvitetään onko mittaustavassa eroja.

## 7.3 Tulokset

Tämän validoinnin tuloksena selvisi se, että mittaajat hallitsevat mittakellon käytön. Kaikki mittaukset ovat lähellä tavoite mittaa. Nämä näkyvät kuviossa 17. Mittaajien väliset mittatuloserot ovat hyvin minimaaliset. Samassa paletissa valmistettujen komponenttien mittaustulokset ovat 0,002 mm sisällä. Validoinnin aikana huomattiin mittakellon huollon tarpeellisuus. Nollausnappi jumiutui muu-

taman kerran. Lisäksi huomattiin kalibrointi kappaleen olevan soikea. Tämän johdosta kalibrointi on tehty aina samasta kohdasta ja tämä kohta on jo jonkin verran kulunut. Tämä tarkoittaa sitä, että todellisuudessa mittaustulokset ovat jo nyt vähän suurempia. Tämä ei kuitenkaan tässä tilanteessa ole vielä vakavaa, koska kappaleita tarkastetaan satunnaisesti laser mittauspöydällä. Uusi kalibrointi työkalu on kuitenkin hankittava mahdollisimman pian. Toinen tärkeä huomio oli, kappaleen 26896 mittaustulosten lasku. Tämä selittyy sillä, että se oli toisesta paletista, mistä nämä kaksi muuta. Lisäksi kappale 26846 oli mitattu lämpöisenä juuri työstön loputtua. Eli tästä voidaan päätellä lämmön vaikutuksen olevan keskimäärin 0,0041 mm. Harmillisesti lämpömittaria ei löytynyt sillä hetkellä. Seuraavassa validoinnissa voidaan käsitellä ympäristön vaikutusta mittaustulokseen.



Kuvio 17. Mittauspöytäkirja ja graafinen esitys.



## 8 KEHITYSEHDOTUKSET

Laatu on hyvin mielenkiintoinen käsite ja se on kaikkialla läsnä. Erilaisia laatu-työkaluja on paljon tarjolla. Monet niistä muistuttavat hyvin paljon toisiaan. Ennakoivia laadun kehittämistyökaluja on huomattavasti vähemmän, vaikka niistä saatava taloudellinen hyöty on muita menetelmiä huomattavasti suurempi. Yritykset käyttävät yllättävän paljon rahaa laatuvirheiden korjaamiseen. Ei voi unohtaa sitäkään, miten paljon asiakkailta saadut laatureklamaatiot huonontavat yrityksen imagoa ja toimitusvarmuutta.

FMEA-tekniikan avulla yritykset pystyvät ennakoimaan mahdolliset tulevat ongelmat ja samalla poistamaan tai ainakin pienentämään niistä aiheutuvia ongelmia. Usein, kun yritykset päättävät ottaa käyttöön jonkin laatu-työkalun. Paikalle tulee ulkopuolinen konsultti laittamaan toimintatavat samaan muottiin, kuin muissakin yrityksissä. Tässä mielestäni on suuri ongelma. Yrityksen toiminnan ei pitä tukea laatu-työkalua vaan laatu-työkalu tukee yrityksen toimintaa. Konsultit myyvät valmiita paketteja, kun taas laatu-työkalut pitäisi räätälöidä tukemaan yrityksen jokapäiväistä toimintaa. Näin niistä saataisiin suurin hyöty.

Vaikka laatu on jokapäiväisissä puheissa konsernin eri tasoilla, niin siihen ei olla kuitenkaan valmiita panostamaan riittävästi henkilöstöä. Laatuasioita hoidetaan muiden töiden ohella. Panostuksen puutteeseen vaikuttaa varmaankin se, että tulokset eivät ole välttämättä heti näkyvissä. Näin ollen ei voida laskea, esimerkiksi paljonko kvartaalin aikana laatuhenkilö on tuottanut.

## 9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyö aloitettiin konkreettisesti tammikuussa 2015. Alkuvaiheessa etsin ja keräilin tietoa. Yritin aluksi löytää tietoa tukemaan omia laatu näkemyksiäni ja visioitani. Siinä en kuitenkaan onnistunut. Laatu on käsitteenä erittäin laaja ja tietoa on paljon. Tiedon määrästä johtuen teoriaisuus laadusta kasvoi aluksi liian suureksi ja yksityiskohtaiseksi. Tämän johdosta päädyin kertomaan laadusta yleisesti.

Mielestäni onnistuin selvittämään opinnäytetyössäni laatua käsitteenä, esittelemään erityyppisiä tilastollisia laatu työkaluja, luomaan yleiskuvan koneistuksen tämänhetkisestä laadusta ja näyttämään toteen FMEA:n ja mittausjärjestelmän validoinnin tarpeellisuuden. Kummatkin näistä pureutuvat ennakoivaan laadun kehittämistyöhön erikseen käytettynä sekä toisiaan tukemalla. Näistä saatujen tulosten avulla onnistuimme löytämään ja rajaamaan lukuisia mahdollisia ongelmakohtia sekä löytämään ratkaisuja niiden pienentämiseen tai poistamiseen. Työstä saadun hyvän kokemuksen takia FMEA:n ja mittausjärjestelmän validointiin panostetaan resursseja.

Haasteellisimmaksi asiaksi tämän työn aikana koin työpaikan ohjaajan ja oman aikatauluni yhteensovittamisen. Emme millään meinanneet löytää yhteistä aikaa. Tästä johtuen työn valmistuminen venyi suunniteltua pidemmäksi. Oman haasteensa työhön toi myös, työntekijöille osoittamani kyselyn vähäinen vastausmäärä. Tämän onnistuin kuitenkin paikkaamaan keskustelemalla tekijöiden kanssa ja poimimalla keskusteluista tarvitsemiani tietoja. Hankalin työn aikana tapahtunut vastoinkäyminen oli tietokoneeni kovalevyn tuhoutuminen. Onneksi olin tallentanut työn rungon ja sisällön aihe alueittain muistitikulle. Nämä yhdistelemällä sain työni taas kokoon.

## LÄHTEET

Andersson, P.& Tikka, H. 1997. Mittaus- ja laatutekniikat. Porvoo: WSOY

Arpiainen, J. 2015. Toimittajaperäisen reklamaatio prosessin kehittäminen. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Liiketalouden ylempi ammattikorkeakoulututkinto. Opinnäytetyö. Hakupäivä 15.7.2015

Fortaco Oy 2015. 8D-training-FIN. Yrityksen oma aineisto

Kume, H. 1989. Laadun parantamisen tilastolliset menetelmät. 6/89. Mänttä: Metalliteollisuuden Kustannus Oy

Kaarela, J. 2015. FMEA. Opintomateriaali. Tuoteinnovaatiot ja tuotekehitys 2015. Lapin AMK.

Karjalainen, E. 2008. Tietoa Lean Six Sigmasta. Hakupäivä 1.7.2015  
<http://www.sixsigma.fi/fi/six-sigma/>

Karjalainen, E. 2014. Käytävä oikeaa parannusmenetelmää. Artikkelit 05.02.2014. Hakupäivä 28.05.2015  
<http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/kaeytaetkoe-oikeaa-parannusmenetelmaeae/>

Karjalainen, T., Karjalainen, E. 2002. Six Sigma: Uuden sukupolven johtamis ja laatu menetelmät. Salpausselän kirjapaino Oy

Laatuakatemia. Laatu- käsite ja tehtävät. Hakupäivä 22.04.2015  
<http://www.kotiposti.net/tuurala/Laatu.htm>

Lecklin, O. 2006. Laatu yrityksen menestystekijänä. 5. uudistettu painos. Hämeenlinna: Karisto Oy

Mikes 2011. Julkaisut. Laadukkaan mittaamisen perusteet. Hakupäivä 17.4.2015  
[http://www.mikes.fi/mikes/Jjulkaisut/2011/j4\\_2011\\_laadukkaan\\_mittaamisen\\_perusteet.pdf](http://www.mikes.fi/mikes/Jjulkaisut/2011/j4_2011_laadukkaan_mittaamisen_perusteet.pdf)

Piirainen, A. 2013. 5W2H -menetelmä ongelman rajaamisessa ja ratkaisemisessa. Artikkelit 06.05.2013. Hakupäivä 01.06.2015  
<http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/5w2h-menetelmae-ongelman-rajaamisessa-ja-ratkaisemisessa/>

Quality Knowhow Karjalainen Oy 2015. 8D kysely.sähköpostiviesti Email toimisto@qk-karjalainen.fi 25.5.2015. Tulostettu 25.5.2015.

SFS-EN ISO 9001. Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset. 2001. 4. p. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

Stamatis D.H. 2003. Failure Mode Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution. 2. painos. Milwaukee: ASQ

Yritys-Suomi 2013. Työ- ja elinkeinoministeriö. Laadunhallintajärjestelmä. Hakupäivä 18.04.2015  
<https://www.yrityssuomi.fi/laadunhallintajarjestelma>

## LIITTEET

- Liite 1. FMEA-pohjaesimerkki
- Liite 2. FMEA-arviointiesimerkki
- Liite 3. Kysely työntekijöille
- Liite 4. Kysely toimihenkilöille
- Liite 5. Työssä käytetty arviointiasteikko
- Liite 6. FMEA-työ

## LIITE 1

## FMEA pohja esimerkki

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
1																			
2	FMEA -kohde / tuote					Suunniteluvastuu													
3	Alaprosessi					FMEA-vastuu													
4	Prosessidokumentti					Tavoite pvm.													
5	Prosessivastaava					Yht.henk.													
7	RPN= VA (vaikutus) * ES (esintyminen) * LO (löydettyvyys)																		
9	Osan nimi/ numero/ osan tarkoitus	Vikamuoto	Vian aiheuttamat seuraukset	VA	LK	Vian mahdolliset syntymissytyt	ES	Nykyinen menettely/ seuranta/ valvonta	LO	RPN	Toimenpiteet	Aikataulu	OK pvm.	VA	ES	LO	RPN		
10									0					0			0		
11									0					0			0		
12									0					0			0		
13									0					0			0		
14									0					0			0		
15									0					0			0		
16									0					0			0		
17									0					0			0		
18									0					0			0		
19									0					0			0		
20									0					0			0		
21									0					0			0		
22									0					0			0		
23									0					0			0		
24									0					0			0		
25									0					0			0		
26									0					0			0		
27									0					0			0		
28									0					0			0		
29									0					0			0		
30									0					0			0		
31									0					0			0		
32									0					0			0		

## LIITE 2

# FMEA, arviointi

- Virheen vakavuus (VA), severity (SEV)

Kriteerit virheen vakavuudelle	Arvo
Ei onnettomuusriskiä tai vaikutusta tuotteeseen	1
Ei onnettomuusriskiä, merkityksetön vaikutus tuotteeseen	2-3
Erittäin vähäinen onnettomuusriski tai riski häiriintyneeseen toimintoon	4-6
Määrätyissä oloissa onnettomuusriski tai toimintapuute	7-9
Vakava onnettomuus mahdollinen, tuote ei toimi	10

- Virheen esiintymisen todennäköisyys (ES), occurrence (OCC)

Kriteerit virheen esiintymisen todennäköisyydelle	Arvo
Epätodennäköistä, <1/100000	1
Erittäin vähäinen todennäköisyys, <1/10000	2-3
Vähäinen todennäköisyys, <1/1000	4-5
Keskimääräinen todennäköisyys, <1/100	6-7
Korkea todennäköisyys, <1/10	8-9
Erittäin korkea todennäköisyys, <1/1	10

- Virheen löytämisen todennäköisyys (LÖ), detection (DET)

Kriteerit virheen löytämisen todennäköisyydelle nykyisillä testauksilla, testauksen luotettavuus (%)	Arvo
Virhe havaitaan aina, 99,99	1
Suuri todennäköisyys löytää virhe, >99	2-4
Kohtalainen todennäköisyys löytää virhe, >95	5-7
Heikko todennäköisyys löytää virhe, >90	8-9
Epätodennäköistä löytää virhe, ei voida testata	10

## Riskien evaluointi

11. Arvioidaan riskiluvun perusteella, mitä tehdään:

Riski < 50; ei toimenpiteitä

Riski 50 – 100; välittömät toimenpiteet

Riski > 100; korjaavat toimenpiteet

LIITE 3

1(2)

**KYSELY TYÖNTEKIJÖILLE**

Moro,

Olen Orrenmaan Pasi opiskelen tuotantotalouden insinööriksi. Alla oleva kysely koskee opinnäytetyötäni, jonka aihe on laadun parantaminen Fortacon koneistuksessa. Kyselyn avulla selvitän laadun tämänhetkistä tilaa. Näin saan rakennettua laadun kokonaiskuvan. Vastaukset tulevat vain minun käyttööni.

**Millainen on mielestäsi tuotelaatu Fortacolla?**

---

---

---

**Saatko riittävästi tietoa laatutavoitteista ja ongelmista? Miten tieto annetaan?**

---

---

---

**Miten sinä tarkistat/huolehdit laatukriteereiden toteutumisesta? Mitä menetelmiä käytät?**

---

---

---

**Tallennatko menetelmillä saatuja tuloksia esim. mittaustuloksia johonkin? Mihin? Kauanko sinulla menee aikaa keskimäärin laadullisiin tarkastuksiin?**

---

---

---



LIITE 3

2(2)

**Mitkä ovat mielestäsi suurimmat laatu ongelmat? Mistä johtuu? Miten parantaisit?** (esim. onko laitteiden kunnosta huolehdittu, toimiiko ennalta ehkäisevä kunnossapito, onko mittalaitteet tehtävään sopivat, piirustukset ajan tasalla, liian kova kiire)

---

---

**Millainen on mielestäsi koko prosessinlaatu? Miksi?** (johtaminen, ohjeistus, tiedottaminen, materiaalivirta yms.)

---

---

---

**Miten parantaisit prosessinlaatua?**

---

---

---

**Mitä muuta laatuun liittyvää haluisit sanoa?**

---

---

---

**Kiitos vastauksista!**

LIITE 4

1(3)

**KYSELY TOIMIHENKILÖILLE**

Moro,

Olen Orrenmaan Pasi opiskelen tuotantotalouden insinööriksi. Alla oleva kysely koskee opinnäytetyötäni, jonka aihe on laadun parantaminen Fortacon koneistuksessa. Kyselyn avulla selvitän laadun tämänhetkistä tilaa. Näin saan rakennettua laadun kokonaiskuvan. Vastaukset tulevat vain minun käyttööni.

**Millainen on mielestäsi tuotelaatu Fortacolla?**

---

---

---

**Miten paljon tulee laadullisia reklamaatioita keskimäärin kuukaudessa?**

---

---

---

**Mitkä ovat yleisimpiä laatua koskevat reklamaatiot?**

---

---

---

**Millaisia laatu vaatimuksia asiakkailla on? (Esim. Rolls, ja jokin muu)**

---

---

---

LIITE 4

2(3)

**Saatko riittävästi tietoa laatutavoitteista ja ongelmista? Miten tieto annetaan?**

---

---

---

**Miten sinä tarkistat/huolehdit laatukriteereiden toteutumisesta? Mitä menetelmiä käytät?**

---

---

---

**Tallennatko menetelmillä saatuja tuloksia johonkin. Mihin? Kauanko sinulla menee aikaa keskimäärin laatu menetelmien kanssa (esim. 8D-läpimeno aika)**

---

---

---

**Mitkä ovat mielestäsi suurimmat laatu ongelmat? Mistä johtuu? Miten parantaisit?**

---

---

---

LIITE 4

3(3)

**Millainen on mielestäsi koko prosessinlaatu? Miksi?**

---

---

---

**Miten parantaisit prosessinlaatua?**

---

---

---

**Miten näet Fortacon laadun verrattuna kilpailijoiden laatuun? Perustele**

---

---

---

**Kiitos vastauksista!**

## LIITE 5

**ARVIOINTI ASTEIKKO****VAKAVUUS**

1	EI ONNETTOMUUS RISKIÄ, TAI VAIKUTUSTA PROSESSIIN/TUOTTEESEEN
2 - 3	EI ONNETTOMUUS RISKIÄ, MERKITYKSETÖN VAIKUTUS PROSESSIIN/TUOTTEESEEN, PIENI VAIKUTUS IMAGOON
4 - 6	VÄHÄINEN ONNETTOMUUSRISKI, RISKI HÄIRIINTYNEESEEN TOIMINTOON, VAIKUTTAA IMAGOON
7 - 9	ONNETTOMUUS RISKI TAI TOIMINTAPUUTE, SUURI VAIKUTUS IMAGOON
10	VAKAVA ONNETTOMUUS MAHDOLLISUUS, TUOTE EI TOIMI

**ESIINTYVYYS**

1	1 / 1 500 000
2	1 / 150 000
3	1 / 15 000
4	1 / 1 500
5	1 / 150
6	1 / 15

**HAVAITTAVUUS**

1	HAVAITAAN AINA
2	SUURI TODENNÄKÖISYYS
3	HYVÄ TODENNÄKÖISYYS
4	KOHTALAINEN TODENNÄKÖISYYS
5	HEIKKO TODENNÄKÖISYYS
6	EPÄTODENNÄKÖISTÄ, EI VOI TESTATA

**RISKILUKU**

RISKI < 50	EI TOIMENPITEITÄ
RISKI 50 - 100	VÄLITTÖMÄT TOIMENPITEET
RISKI >100	KORJAAVAT TOIMENPITEET

LIITE 6

1(5)

1/5

FORTACO											ACTION PLANS		RESULTS			
FAILURE MODE ANALYSIS																
Prosessi	Toiminto	Mahdollinen virhetyyppi	Virheen seuramus	Vakavuus	Mahdollinen virheen aiheuttaja	Estod	Tarkastus-toimenpiteet	Havittod	RPN	Suosittelvat toimenpiteet	Vastuuhenkilö ja aikataulu	Tehdyt toimenpiteet	SEVERTY	OCURRENCE	DETECTIION	RPN
1	Vastaanotto	Vastaanotto-tarkastus	Materiaalivirhe	viallinen tuote	5	Toimittaja	5	visuaalinen tarkastus	2	50	ohjeistus	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015				
			Materiaalikoivuus vaihtelee	Pehmeä: Kova: -Teräpala hajoa	7	Toimittaja	5	Valmiissa tuotteessa huomataan	2	70	-					
				Mittapoikkeamat	7	Toimittaja	5	Valmiissa tuotteessa huomataan	2	70	-					
2a	BW	Kansiosan kiinnitys	Nosturi jää kantamaan	Väärää asemointi ROMU	9	asentaja/koneen käyttäjä	3	Valmiissa tuotteessa huomataan	2	54	ohjeistus	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015				
			Väärää "kiristämisen" lukitusruuvilla	Kappaleen ohjaus ei oikein. Jännityksiä	1	asentaja/koneen käyttäjä	3	tarkastettu wartsilän toimesta	2	6	tarkastettu wartsilän toimesta aikaisemmin	ei vaikutusta				
			Materiaalin pintavirheet aiheuttavat väärää	Väärää asemointi	3	Toimittaja	4	0-piste mittaus korjaisi (?)	2	24	visuaalinen tarkastus	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015				
2b		Kansiosan koneistus	laitevika	viallinen tuote	9	ennakoivan huollon puute	4	huolto-suunnitelma ja sen noudattaminen	2	72	huolto-suunnitelma ja sen noudattaminen	työnjohto / kunnossapitop. 30.11.2015				
			teräkatke	viallinen tuote	7	materiaalikoivuus, huonoterä	5	huolehditaan, että vaihdetaan terät aioissa	4	140	huolehditaan, että vaihdetaan terät aioissa	koneenkäyttäjä				
			u-kiinnityspalkki vaurioituu	aihioiden kiinnitys palettiin ei onnistu	9	vahinko	2	huolellisuus	2	36	hankitaan yksi kiinnityspalkki varastoon	työnjohto 30.11.2015				
			osat palettiin väärinpäin	viallinen tuote	10	huolimattomuus / vahinko	2	visuaalinen tarkastus	2	40	visuaalinen tarkastus/painotus ohjauksessa	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015				
2c		Puhdistus/Siistiminen	jää puhdistamatta	viallinen tuote	4	huolimattomuus, tietämättömyys	4	visuaalinen tarkastus	4	64	ohjeistus	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015				
2d		Tarkastus	inhimilliset virheet	viallinen tuote	7	osaamattomuus, valpitämättömyys, huolimattomuus	5	visuaalinen / mittaus	4	140	validointi	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015				
			vialliset mittalaitteet	viallinen tuote	8	tippunut, vääntynyt, ei kalibroitu	5	kalipointi / laser mittaus	4	160	kalipointi, validointi	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015				
			visuaalisen tarkastuksen puute	viallinen tuote	6	asentaja/koneen käyttäjä	4	-	3	72	ohjeistus	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015				
			mittaustietojen puute	jäljettävyys	6	asentaja/koneen käyttäjä	3	-	2	36	ohjeistus / tarkastukset	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015				

LIITE 6

2(5)

FORTACO											2/5					
FAILURE MODE ANALYSIS											ACTION PLANS		RESULTS			
Prosessi	Toiminto	Mahdollinen virhetyyppi	Virheen seuramus	V a k k o v u u s	Mahdollinen virheen aiheuttaja	E s t o d	Tarkastus-toimenpiteet	H a v t o d	R P N	Suosittelavat toimenpiteet	Vastuuhenkilö ja aikataulu	Tehdyt toimenpiteet	S E V E R I T Y	O C C U R R E N C E	D E T E C T I O N	R P N
3	Välösän kiinnitys	Nosturi jää kantamaan	Väärää asemointi ROMU	9	asentaja/koneen käyttäjä	3	Valmiissa tuotteessa huomataan	2	54	ohjeistus	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015					
		Väärää "kiristäminen" lukitusruuvilla	Kappaleen ohjaus ei oikein. Jännityksiä	1	asentaja/koneen käyttäjä	3	tarkastettu wartsilän toimesta	2	6	tarkastettu wartsilän toimesta		ei vaikutusta				
		Materiaalin pintavirheet aiheuttavat väärää	Väärää asemointi	3	Toimittaja	4	0-piste mittaus korjaisi (?)	3	36	visuaalinen tarkastus	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015					
		osat palettiin väärinpäin	viallinen tuote	10	huolimattomuus / vahinko	2	visuaalinen tarkastus	2	40	visuaalinen tarkastus/painotus ohjauksessa	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015					
3b	Välösän koneistus	laitevika	viallinen tuote	9	ennakoivan huollon puute	4	kuulo / visuaalisuus	2	72	huoltosuunnitelma ja sen noudattaminen	työnjohto / kunnossapitop. 30.11.2015					
		teräkatkee	viallinen tuote	7	materiaalinkovuus, huonoterä	5	huolehditaan, että vaihdetaan terät ajoissa	4	140	huolehditaan, että vaihdetaan terät ajoissa	koneenkäyttäjä					
		u-kiinnityspalkki vaurioituu	aihioiden kiinnitys palettiin ei onnistu	9	vahinko	2	visuaalinen	2	36	hankitaan yksi kiinnityspalkki varastoon	työnjohto 30.11.2015					
4	Välösän kiinnitys	Nosturi jää kantamaan	Väärää asemointi ROMU	9	asentaja/koneen käyttäjä	3	Valmiissa tuotteessa huomataan	2	54	ohjeistus	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015					
		Väärää "kiristäminen" lukitusruuvilla	Kappaleen ohjaus ei oikein. Jännityksiä	1	asentaja/koneen käyttäjä	3	tarkastettu wartsilän toimesta	2	6	tarkastettu wartsilän toimesta		ei vaikutusta				
		Materiaalin pintavirheet aiheuttavat väärää	Väärää asemointi	3	Toimittaja	4	0-piste mittaus korjaisi (?)	3	36	visuaalinen tarkastus	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015					
		osat palettiin väärinpäin	viallinen tuote	10	huolimattomuus / vahinko	2	visuaalinen tarkastus	2	40	visuaalinen tarkastus/painotus ohjauksessa	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015					
4b	Välösän koneistus	laitevika	viallinen tuote	9	ennakoivan huollon puute	4	kuulo / visuaalisuus	2	72	huoltosuunnitelma ja sen noudattaminen	työnjohto / kunnossapitop. 30.11.2015					
		teräkatkee	viallinen tuote	7	materiaalinkovuus, huonoterä	5	huolehditaan, että vaihdetaan terät ajoissa	4	140	huolehditaan, että vaihdetaan terät ajoissa	koneenkäyttäjä					
		u-kiinnityspalkki vaurioituu	aihioiden kiinnitys palettiin ei onnistu	9	vahinko	2	visuaalinen	2	36	hankitaan yksi kiinnityspalkki varastoon	työnjohto 30.11.2015					
4c	Tarkastus	mittausvirhe	virheellinen tuote asiakkaalle	10	mittalaitteen väärin käyttö	5	-	4	200	validointi	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015					
		mittavirhe	virheellinen tuote asiakkaalle	10	viallinen mittalaite / väärä mittalaite	5	-	4	200	validointi, kalipointi	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015					
		visuaalisen tarkastuksen puute	viallinen tuote	8	asentaja/koneen käyttäjä	4	-	4	128	ohjeistus	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015					

LIITE 6

3(5)

3/5

FORTACO										FAILURE MODE ANALYSIS		ACTION PLANS		RESULTS			
Prosessi	Toiminto	Mahdollinen virhetyyppi	Virheen seuraus	V B K B V U U S	Mahdollinen virheen aiheuttaja	E S T O D	Tarkastus-toimenpiteet	H a v t o d	R P N	Suosittelavat toimenpiteet	Vastuuhenkilö ja aikataulu	Tehdyt toimenpiteet	S E V E R I T Y	O C C U R R E N C E	D E T E C T I O N	R P N	
		kaliprintinvirhe	väärä mittatulos	10	kaliprintti työkalun kuluminen	3	-	4	120	uusi työkalu/ tietyin väliajoin laser tarkastus mittaus	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015						
5	Kokoonpano	pulttien katkeaminen	Ympäristön /asentajan vahingoittuminen	10	vanhat ja väsyneet pultit	1	visuaalinen ja merkitty lapulle milloin otettu käyttöön	2	20	pidetään huolta 3 kk käyttöästä	koneenkäyttäjä						
		ei puhdisteta	viallinen tuote	7	asentaja	3	visuaalinen	2	42	ohjeistus	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015						
		tehdään väärä stanssaus	lisätöitä viallisen tuotteen korjaaminen	2	asentaja	4	visuaalinen	2	16	-	-						
		painemittari rikki	viallinen tuote	9	vahinko, kolahdus,rasitus	4	kaliproidaan tietyin väliajoin 1 kertaa/viikko	2	72	huolellisuus	koneenkäyttäjä						
		painetyökalun poljin rikki tai vuotaa	viallinen tuote	9	rasitus, vahinko	4	kuulo, visuaalinen tarkastus, painemittari	2	72	kuulo, visuaalinen tarkastus, painemittari	koneenkäyttäjä						
		niitti katkeaa	viallinen tuote / vaaratilanne	10	liian kova lyönti	4	visuaalinen	1	40	ohjeistus	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015						
		pultit löysälle	viallinen tuote/ öljyt silmille	10	tekijä	2	mittari / visuaalinen	2	40	Ohjeistus	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015						
		niittien materiaali väärää	viallinen tuote / vaaratilanne	10	niitin valmistaja	4	-	1	40	yhteys toimittajaan	työnjohto						
6a	Koottu kiertokangon kiinnitys	Nosturi jää kantamaan	Väärää aseointi ROMU	9	asentaja/koneen käyttäjä	3	Valmiissa tuotteessa huomataan	2	54	ohjeistus	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015						
		Väärää "kirstäminen" lukitusruuvilla	Kappaleen ohjaus ei ciken. Jännityksiä	1	asentaja/koneen käyttäjä	3	tarkastettu wärtsilän toimesta	2	6	tarkastettu wärtsilän toimesta		ei vaikutusta					
		Materiaalin pintavirheet aiheuttavat väärää aseointia	Väärää aseointi	3	Toimittaja	4	0-piste mittaus korjaisi (?)	3	36	visuaalinen tarkastus	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015						
6b	Koottu kiertokangon koneistus	laitevika	viallinen tuote	9	ennakoivan huollon puute	4	kuulo / visuaalisuus	2	72	huoltosuunnitelma ja sen noudattaminen	työnjohto / kunnossapitop. 30.11.2015						



LIITE 6

4(5)

4/5

FORTACO										FAILURE MODE ANALYSIS		ACTION PLANS		RESULTS			
Prosessi	Toiminto	Mahdollinen virhetyyppi	Virheen seuraus	V a k a v u u s	Mahdollinen virheen aiheuttaja	E s t o d	Tarkastus-toimenpiteet	H a v t o d	R P N	Suosittelavat toimenpiteet	Vastuhenkilö ja aikataulu	Tehdyt toimenpiteet	S E V E R I T Y	D E T E K T I O H	R P N		
		teräkatke	viallinen tuote	7	materiaalinkovuus, huonoterä	5	huolehditaan, että vaihdetaan terät ajoissa	4	140	huolehditaan, että vaihdetaan terät ajoissa	koneenkäyttäjä						
		u-kiinnityspalkki vaurioituu	aihioiden kiinnitys palettiin ei onnistu	9	vahinko	2	visuaalinen tarkastus	2	36	hankitaan yksi kiinnityspalkki varastoon	työnjohto 30.11.2015						
6c	Tarkastus	325 halkaisijan tarkastus	Mittausvirhe / susi	9	Lämpötilavaihtelu	4	tarkistus mittaus	3	108	annetaan jäähtyä/lämpömittari / validointi	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015						
		mittausvirhe	virheellinen tuote asiakkaalle	10	mittalaitteen väärin käyttö	4	-	4	160	validointi	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015						
		mittavirhe	virheellinen tuote asiakkaalle	10	viallinen mittalaitte / väärä mittalaitte	4	-	4	160	validointi / kaliprinti	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015						
		visuaalisen tarkastuksen puute	viallinen tuote	8	asentaja/koneen käyttäjä	4	-	3	96	ohjeistus	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015						
		mittavirhe	viallinen tuote	9	kaliprinti kappaleen kuluminen	2	laser mittaus välillä	4	72	ei kaliproida aina samasta kohdasta / uusi kappale	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015						
	Puhdistus	kiilauran putsaus	väline lipeä	7	asentaja/koneen käyttäjä	3	visuaalinen	2	42	ohjeistus	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015						
		rasvareikien reunojen viimeistely	väline lipeä	7	asentaja/koneen käyttäjä	3	visuaalinen	2	42	ohjeistus	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015						
7	Laser tarkastus	tarkastus	tarkastuksen kesto	9	sama virhe toistuu useaan kappaleeseen	3	kiire	2	54	-	-						
8	pakkaus	Pakkaus	jää lastuja kerrosten väliin	9	huolimattomuus	3	visuaalinen	4	108	ohjeistus	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015						
		lavojen siirto	lavat tippuu/kaatuu	9	asentaja/koneen käyttäjä	2	visuaalinen	1	18	ohjeistus	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015						
9	Ympäristö	Jäähdytysvesi	Muljun bakteeripitoisuus liian korkea	7	Lämpötilanvaihtelu ja likaisuus	2	tarkistetaan 1 kertaa vuodessa	5	70	tarkistetaan kuuluuko bakteeri tarkastuksen piiriin	työnjohto 30.11.2015						
		energia	sähkökatko	6	konepysähtyy tuote vioittuu	2	ulkoinen tekijä	1	12	-	-						
10	Henkilöstö	työn tekeminen	pitkät sairaslomat	10	ei riittävää miehitystä	4	visuaalinen	1	40	työnkierto	työnjohto 30.11.2015						
		inhimillinen virhe	viallinen tuote	9	väsymys, huolimattomuus, kokemattomuus	4	visuaalinen / mittaus	4	144	ohjeistus	koneenkäyttäjä / työnjohto 30.11.2015						

