

Teemu Välimaa

VIKA- JA VAIKUTUSANALYYSIN SUUNNITTELU JA
KÄYTTÖÖNOTTO ATA GEARS OY:SSÄ

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
2015

VIKA- JA VAIKUTUSANALYYSSIN SUUNNITTELU JA KÄYTTÖÖNOTTO ATA GEARS OY:SSÄ

Välimaa, Teemu
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Helmikuu 2015
Ohjaaja: Kivi, Karri
Sivumäärä: 44
Liitteitä: 1

Asiasanat: laatu, fmea, kaarevahampainen kartiohammaspyörä

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella vika- ja vaikutusanalyysi yrityksen tarpeille sopivaksi. Yrityksessä oli jo aikaisemmin analyysi käytössä, mutta siitä ei koettu saavan parhaita mahdollista hyötyä. Opinnäytetyössä tehtiin vika- ja vaikutusanalyysi DMG DMU 270P -työstökeskukselle, joka saapui yritykseen keväällä 2014. Työn laajuuden vuoksi se rajattiin koskemaan vain tuotantoprosessia, mutta jatkossa on tarkoitus implementoida vika- ja vaikutusanalyysi myös suunnitteluun. Valmistusprosessin laajuuden vuoksi analyysi tehtiin työvaihe kerrallaan, jolloin saatiin systemaattisesti käytyä läpi koko tuotantovaihe.

Työn tärkein vaihe oli tutkia tuotantovaiheeseen liittyvät riskit, kirjata ne FMEA:n avulla saadun RPN-luvun mukaisesti, keksiä vikaantumisille jatkotoimenpiteitä ja toteuttaa ne.

Työn tuloksena luotiin vika- ja vaikutusanalyysi kohdekoneelle. Sen lisäksi analyysin pohjalta tehtiin vuokaavio, joka toimii eräänlaisena työohjeena uusille koneen parissa työskenteleville työntekijöille. Vuokaavioon listattiin työvaihe kerrallaan kaikki riskit niiden ilmenemisjärjestyksessä.

Työn alussa käsitellään yleisesti laadun sekä vika- ja vaikutusanalyysin teoriaa. Työn loppuosioissa käsitellään työn toteuttamista käytännössä ja analyysin suorittamista.

PLANNING AND IMPLEMENTATION OF FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS IN ATA GEARS LTD

Välimaa, Teemu

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

February 2015

Supervisor: Kivi, Karri

Number of pages: 44

Appendices: 1

Keywords: quality, fmea, spiral bevel gear

The purpose of this thesis was to plan failure mode and effects analysis suitable for company's needs. In the company the analysis had already been in use, but it was not as useful as it could be. In this thesis we implemented failure modes and effects analysis to the DMG DMU 270P machining center, which arrived to the company in the spring 2014. Because of width of the subject the analysis was only implemented in production, but in the future the analysis is supposed to be part of whole organization, for example in designing. Analysis were made one work phase at a time to succeed in going systematically through the whole production phase.

The most important part of this thesis was to discover risks that occurs in the production phase, write them down to the analysis template, think further actions to risks and implement those thoughts.

As a result of this thesis failure mode and effects analysis were made to the DMG DMU 270 P. After the analysis were made, we made a flow chart based on the analysis, which function is to be a work instruction for new employees. All risks were listed to the flow chart in same order as they appeared in production.

In the beginning of this thesis is commonly dealt with theory of quality and failure mode and effect analysis. At the end is dealt with failure modes and effects analysis implementation in practice and how the analysis were performed.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	YRITYKSEN JA TUOTTEIDEN ESITTELY	7
2.1	Ata Gears Oy.....	7
2.2	Kaarevahampainen kartiohammaspyörä.....	8
2.2.1	Lautaspyörä	10
2.2.2	Pinioni	11
2.3	Kaarevahampaisen kartiohammaspyörän tuotantoketju Atassa.....	12
2.4	Kohdekone: DMG MORI DMU 270P.....	13
3	LAATU	14
3.1	Mitä laatu on?	14
3.2	Laadun näkökulmat.....	16
3.2.1	Laatumääritelmien seurauksia	18
3.3	Laadun parantaminen.....	18
3.4	Laadun elementit.....	20
3.5	Laatu yrityksen menestystekijänä	21
3.6	Laadun taloudellinen merkitys.....	21
3.7	Laatufilosofiat	22
3.8	Laatutekniikat	24
3.8.1	Arvoanalyysi	24
3.8.2	Benchmarking	24
3.8.3	QFD	25
3.8.4	Tilastollinen prosessinohjaus.....	25
4	FMEA.....	26
4.1	Analyysin tarkoitus	28
4.2	Käytännön toteutus	28
4.3	Erlaisia FMEA-tyyppejä	31
4.3.1	System FMEA	32
4.3.2	Service FMEA	33
4.3.3	Design FMEA	33
4.3.4	Process FMEA.....	34
5	TYÖN TOTEUTUS	35
5.1	Työn lähtökohta	35
5.2	Työn toteutus	35
5.3	PFMEA kovahammastus	37

5.4 Havainnot työn tekemisestä	38
6 POHDINTA.....	41
LÄHTEET.....	42
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää Ata Gears Oy:ssä (jatkossa Ata) jo käytössä olevaa FMEA-laaturyökalua. Opinnäytetyön perimmäisenä tarkoituksena oli kerätä uuteen DMG MORI DMU 270P -työstökeskukseen liittyvät virhemahdollisuudet ja listata ne FMEA-taulukkoon. Virheiden vakavuus, esiintyvyys sekä löydettävyys numeroitiin skaalalla 1-10, jonka jälkeen ne kerrottiin keskenään, josta saatiin RPN-luku. Virheille, joille kasvoi suuri RPN-luku, suunniteltiin jatkotoimenpiteitä laadunvarmistamiseksi sekä työturvallisuuden parantamiseksi. FMEA toteutettiin pehmeä- ja kovahammastustyövaiheisiin sekä suunnitteluun.

Ennen opinnäytetyötäni olin ollut Atassa kesätöissä, joten tuotteet olivat jo ennestään tuttuja ja osa työntekijöistä oli myös tullut tutuksi. Kesätöiden perusteella paikka tuntui mielenkiintoiselta ja tuote haasteelliselta, joten siltä pohjalta päätin kysyä myös mahdollisuuksia opinnäytetyön tekoon.

Opinnäytetyö koostuu teoriaosuudesta ja käytännön toteutuksesta. Teoriaosuudessa käsitellään yleisesti laatua sekä FMEA:ta. Käytännön puolella käydään läpi työn valmistelut sekä toteuttaminen. Työn toteutus tehtiin tiiviissä yhteistyössä koneistajien kanssa, joiden vankan tietämyksensä ansiosta riskejä saatiin mietittyä laajasti ja saatiin kehitettyä vartenotettavia jatkotoimenpiteitä riskien ehkäisemiseksi.

2 YRITYKSEN JA TUOTTEIDEN ESITTELY

Ata Gears Oy on Tampereella toimiva kartiohammaspyöriä valmistava yritys. Tuotteita myydään kaikkialle maailmassa, tärkeimpänä vientikohteena Aasia. Yrityksen visiona on olla pysyvästi halutuin kartiohammaspyörätoimittaja maailmassa.



Kuva 1. Ata gearsin virallinen logo. (Ata gears Oy 2014)

2.1 Ata Gears Oy

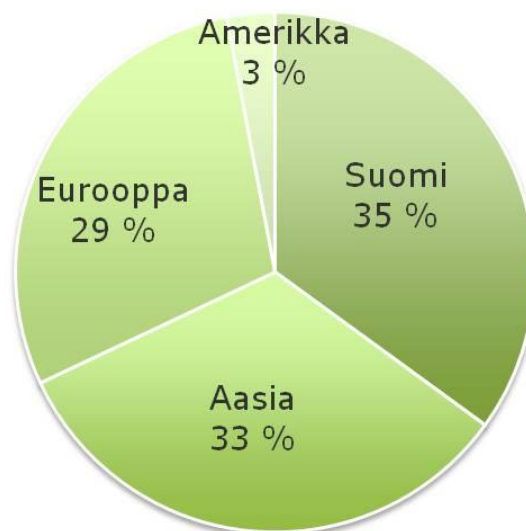
Kun vuonna 1937 entisen Ab Autotarvike Oy:n toimitusjohtaja Erik Duncker osti neljän muun sijoittajan kanssa yrityksen konepajan, syntyi Ata Gears Oy. Ata toimi ensimmäiset vuotensa ns. hoppakaupan tiloissa Sorin aukion vieressä Tampereen keskustan tuntumassa. Vuonna 1941 Ata muutti nykyiselle paikalleen Atalaan noin yhdeksän kilometrin päähän Tampereen keskustasta. Uudet tilat mahdollistivat tuotannon tehostamisen ja erikoistumisen kartiohammaspyörien valmistajaksi. Vaikka erilaiset hammaspyörät olivatkin Atan päätuote, tehtiin siellä muitakin: muun muassa pioneerijoukoille ponttonisiltojen säätöjaksoja. Vuonna 1942 Ata osti Saksasta Klingelbergin hammaspyörän jysintäkoneen, ja sai sen avulla nostettua tuotannon kapasiteettia ja laatua huomattavasti. Kaksi vuotta tämän jälkeen Ata onnistui hankkimaan toisenkin Klingelbergin hammastuskoneen, joka oli tarkoitettu lautaspöyräkäyttöön. Toinen näistä koneista on edelleenkin tuotantokäytössä. (Korhonen 1987, 5)

Nykyisin Atalla on toimipisteet Tampereella Atalan ja Leinolan kaupunginosissa sekä Pälkäneellä, jossa on yrityksen materiaalivarasto. Atalan tehdasta laajennettiin vuonna

2004. Leinolaan tuotantohalli rakennettiin vuonna 2009, jota laajennettiin vuonna 2013 lämpökäsittelykapasiteetin lisäämiseksi.

Atan tuotteisiin on vuosien varrella kuulunut mm. kilpa-autojen välityksiä, työkoneiden välityksiä sekä hammasvaihteita, joista vain kartiohammaspyörät ovat edelleen tuotannossa. Vuonna 2013 Atan liikevaihto oli 48 miljoonaa euroa, josta viennin osuus oli 65 %. Henkilöstöä yrityksellä on 216. Vuonna 2013 Ata valmisti noin 8000 hammaspyöräparia.

Myynti alueittain



Taulukko 1. Vuoden 2014 myynti alueittain (Ata gears Oy 2014)

2.2 Kaarevahampainen kartiohammaspyörä

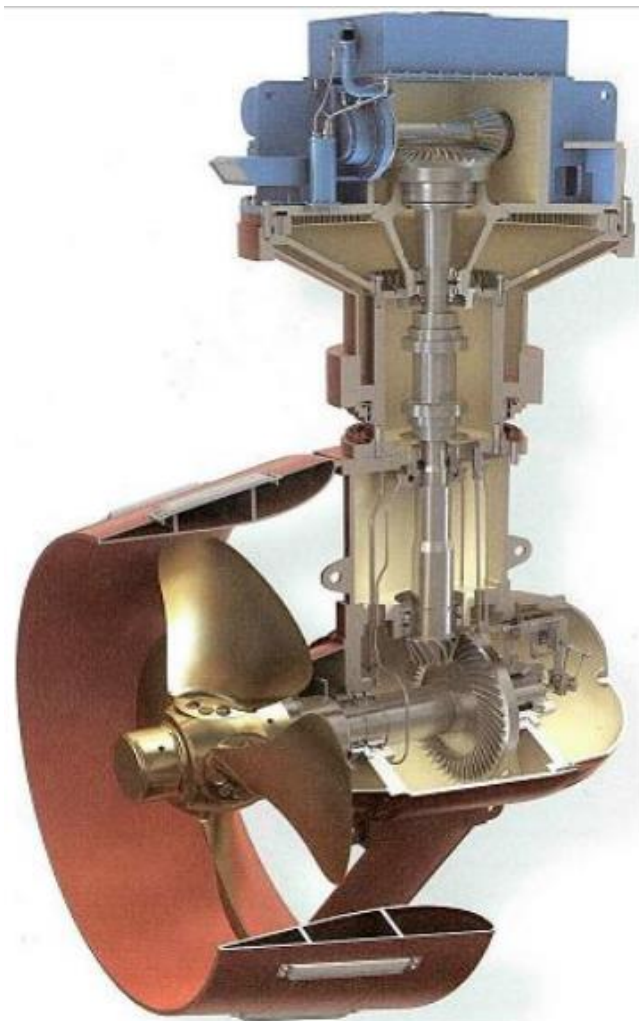
Hammaspyörät myydään aina pareittain. Pari koostuu lautaspyörästä ja pinionista. Hammaspyörät valmistetaan pareittain, jotta vaadittava kosketuskuvio hampaiden välille täyttyy. Joissain tapauksissa valmistetaan kaksi pinionia yhtä lautaspyörää kohden, tai toisinpäin. Asiakkaan määrittämä hammaspyöräparin välityssuhde määräytyy hampaiden lukumäärän mukaan.



Kuva 2. Kartiohammaspyöräpari (Ata Gears Oy 2014)

Kartiohammaspyörän hampaat ovat kartiomaisia ja kaarevia. Kierteisen hammasmuotoilunsa ansiosta kartiohammaspyörä on paras vaihtoehto 90° voimansiirtoon. Etuna kaarevan hampaan käyttöön on se, että se tuottaa tärinää ja melua vähemmän verrattuna perinteiseen suoraampaiseen hammaspyörään ja täten on parempi valinta useille moottori- ja vaihdelaatikkovalmistajille. Akseleihin kohdistuva voimakas työntövoima on haittana kartiohammaspyörien käytössä.

Atan suurimmat markkina-alueet ovat raskaassa konepajateollisuudessa, meriteollisuudessa sekä raskaassa ajoneuvoteollisuudessa.



Kuva 3. Laivan kääntöpotkuri (Ata gears Oy 2014.)

2.2.1 Lautaspyörä

Lautaspyörä on nimensä mukaisesti pyörä, jossa hammastus kiertää täyden kehän. Lautaspyörät valmistetaan sulatteista riippumatta niiden koosta. Pienemmän kokoluokan lautasilille sahataan aihiot sulatetangoista. Suuremmat aihiot tilataan rengasmaisina ja esisorvattuina materiaalihukan minimoimiseksi. Lautaspyöriä valmistetaan sekä oikea- että vasenkätisenä. Kätisyys määritetään hampaiden kaartumissuunnan mukaan.



Kuva 4. Oikeankätinen lautaspöörä (Ata gears Oy 2014)

2.2.2 Pinioni

Pinioni on akseli, jonka toisessa päässä on hammastus. Pinionin tarkoituksena on välittää voimaa lautaspöörältä. Joissakin tapauksissa pinionia voidaan valmistaa myös varrettomana, jolloin siinä on vain pelkkä hammaspää, mutta lähes aina pinioni on akselimainen. Pinioneita valmistetaan muottitakeista, rouhintasorvatusta tangosta tai sulatetangosta. Pinioneita valmistetaan sekä oikea- että vasenkätisenä riippuen käyttökohteesta ja halutusta pyörimissuunnasta.

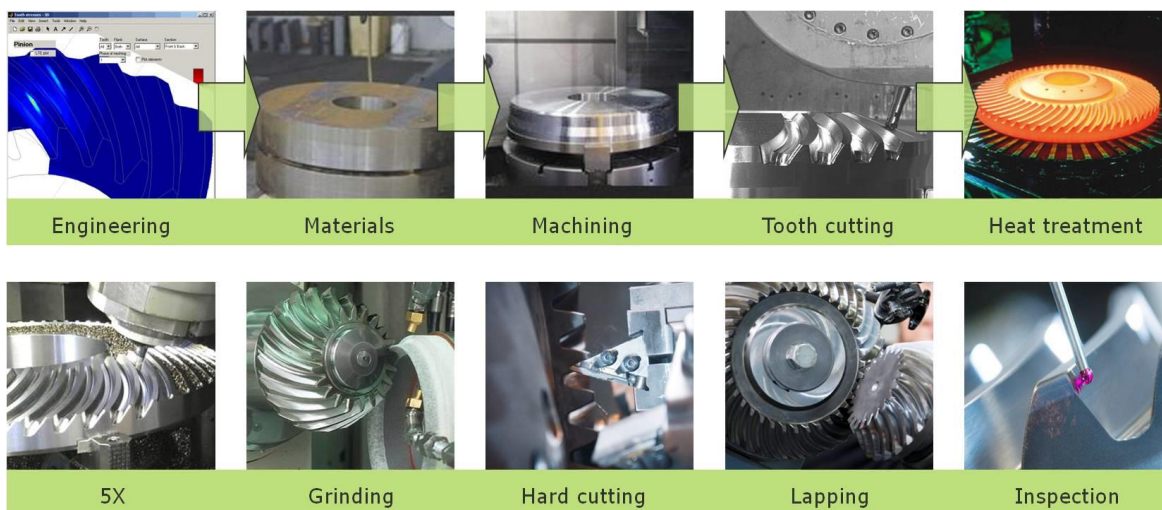
2.3 Kaarevahampaisen kartiohammaspyörän tuotantoketju Atassa

Kartiohammaspyörän valmistus on Atassa monivaiheinen tuotantoketju. Atan tuotantoketju on ajan saatossa muokkaantunut hammaspyörätuotantoon sopivaksi. Normaalisti tuotantoketju alkaa siitä, kun asiakas tekee tilauksen. Siitä se jatkuu suunnitteluun. Suunnitteluvaiheen jälkeen työn aloituksesta menee tieto Pälkäneen materiaalivarastolle, joissa aihiot sahataan ja lähetetään tehtaille. Aihoiden saavuttua tehtaille, niihin tehdään tarvittavat koneistukset sekä hammastus ennen lämpökäsittelyä.

Lämpökäsittelyvaiheen jälkeen kappaleet hiotaan, kova koneistetaan, pinioneista oikaistaan pois mahdolliset lämpövääntymät, sekä hammaspinnat viimeistellään. Eri viimeistelymenetelmiä ovat

- läppäys
- HPG-hammastus
- hammashionta
- 5-akselityöstö

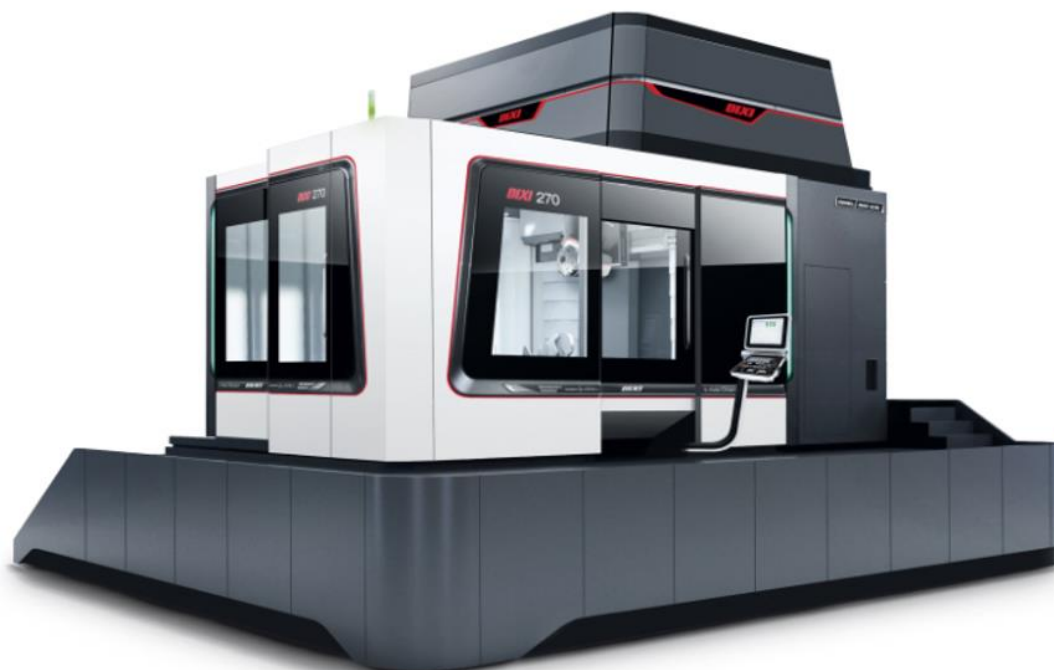
Kaikki hammaspyörät käyvät läpi Atan oman lopputarkastuksen. Osalle kappaleista tehdään myös luokituslaitoksen suorittama laatusertifikaatin mukainen luokitushyväksyntä.



Kuva 5. Ata Gearsin tuotantoketju (Ata Gears Oy 2014)

2.4 Kohdekone: DMG MORI DMU 270P

Ata investoi voimakkaasti uusiin työstökoneisiin lisätäkseen kapasiteettiaan ja tehostaakseen tuotantoaan, jonka avulla Ata pystyy nostamaan palvelutasoaan asiakasmyönteisempään suuntaan. Tarkoituksena on siirtyä yhä voimakkaammin 5-akselitekniologian mahdollistamaan kokonaiskoneistukseen. Ata investoi uuteen DMG MORI DMU 270P -työstökeskukseen, joka saapui Hautalankadun toimipisteeseen keväällä 2014 parantamaan isojen hammaspyörien tuotantoa. DMU 270P mahdollistaa halkaisijaltaan jopa 2,4 metristen ja 12.000 kiloa painavien hammaspyörien valmistamisen. Kone on varusteltu täydellä tarkkuuspaketilla, joka takaa, että koneen työtalke on tarkkaa ja siistiä. Kone vahvistaa Atan 5-akseli tuotantolinjaa. 5-akselimenetelmillä hammasprofiili ei rajoitu perinteisiin palloidi- tai syklopalloidigeometrioihin.



Kuva 6. Kohdekone DMG DMU 270P (Ata Gears 2014)

3 LAATU

Laatu on keskeinen kilpailutekijä kansainvälistyvillä markkinoilla. Kilpailussa menestymiseen ei riitä enää pelkkä tuotteen laatu, vaan laadukkaat tuotteet on saatava aikaan toiminnan laatua parantamalla. Yritysten kannattavimpia investointeja ovat siis investoinnit laatuun. Tuloksena on vähemmän virheitä, paremmat tuotteet, parempi viihtyvyys, alhaisempi henkilökunnan vaihtuvuus, tyytyväisemmät asiakkaat, mielekkäämpi työ, parempi imago ja talous. Kaikilla näillä on kokonaiskustannuksia alentava vaikutus. Ennaltaehkäisevällä toiminnalla voidaan tehokkaasti pienentää virheiden syntymistä ja sitä kautta laatukustannuksia. (Lipponen 1993, 3,17)

Laadun käsitettä käytetään useissa erilaisissa yhteyksissä ja monin eri tavoin. Laatu- tuotteista puhuttaessa laadulla tarkoitetaan paremmuutta. Suomen kielessä laatu merkitseekin yleensä ominaisuutta, toisaalta puhutaan myös työsuoritusten ja toiminnan laadusta. (Nurmi 2012)

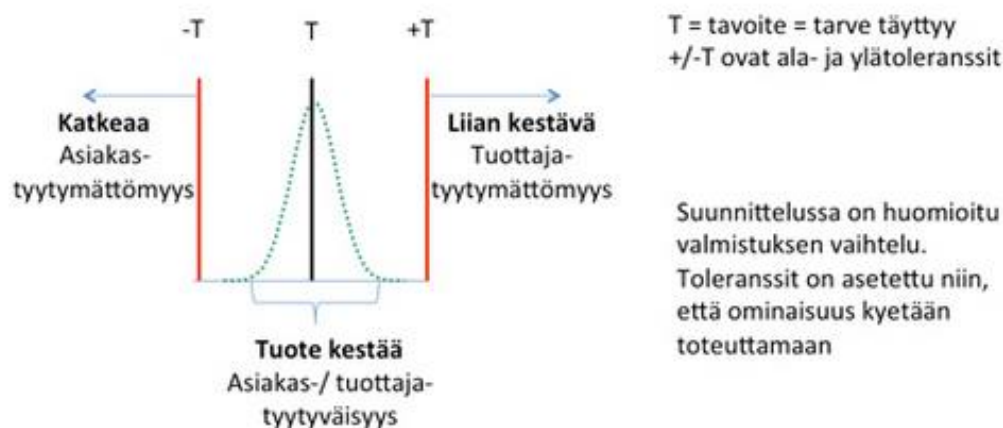
3.1 Mitä laatu on?

Laatu on vanha, vaikeasti määritettävissä oleva käsite, koska arvioijan näkökulma vaikuttaa arvioinnin tulokseen. 1960-luvulta lähtien, kun laadusta ja sen olemuksesta on käyty vilkasta keskustelua, on sanan merkitys muuttunut selvästi. Philip B. Crosby'n näkemyksen mukaan laatua on pystyttävä mittaamaan, jotta sitä voitaisiin valmistaa. Jotta mittaustuloksia voitaisiin arvioida, on oltava konkreettisia tavoitteita, joihin tähdätä. Toimiakseen halutulla tavalla, tuotteen osien mittojen ei tarvitse olla absoluuttisen tarkkoja, vaan tietyt poikkeamat voidaan sallia. Nämä sallivuudet, toleranssit, muodostavat keskeisen elementin tuotantoperusteisessa laatukriteereissä. Tuotannon näkökulmasta laatu ei välttämättä tarkoita pelkästään korkeaa laatua, vaan yhdenmukaisuutta, samanlaisuutta ja yhtenevyyttä normeihin ja vaatimuksiin, joilla on määritetty, mitä käyttäjä haluaa ja mihin hänellä on varaa ja mitä tuottaja pystyy toimittamaan. (Andersson & Tikka 1997, 16)

Erinomaisuus on melko abstrakti käsite. Käsitys hyvästä vaihtelee sen mukaan, keneltä kysytään. Mielenpito vaihtelee kysyttäessä tuotteen valmistajalta, myyjältä tai asiakkaalta. Esimerkiksi voidaan kysyä, että kumpi on parempi auto BMW vai Lada. Yleisessä käsityksessä BMW on parempi, mutta silti maailmasta löytyy Lada-kuskeja, jotka ylistävät Ladan laatua paremmaksi, kuin minkään muun tahon tarjoama laatu. Tämän vuoksi vertailuun perustuva laadunmääritys ei ole kovin käytännöllinen. Sen avulla ei voida mitata tai arvioida laatua eikä sen perusteella voida tehdä päätöksiä. (Andersson & tikka 1997, 17)

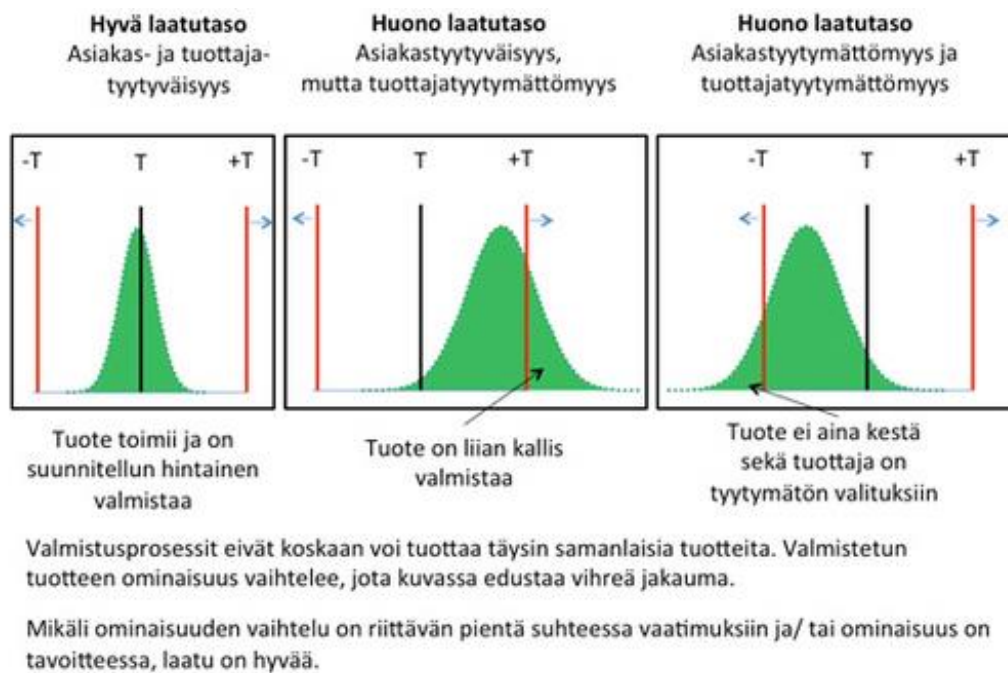
Laatu on hyvä sana. Se välittää vaikutelman arvosta. Laadulla on kaksi puolta: laatu arvona, jonka tuottaminen on taloudellisen toiminnan tarkoitus, sekä laatu tuotantoteknisenä määreenä. Japanilainen laatuteoreetikko Genji Taguchi sanoo, että laatu-termiin ei pitäisi kytkeä arvoja eikä muita epämääräisiä käsitteitä, joita insinööri ei pysty määrittämään. Hänen mukaansa laadunvalvonnan tulee keskittyä tuotteessa esiintyvän vaihtelun vähentämiseen ja haitallisten sivuvaikutusten poistamiseen, ihanteena on yhdenmukainen ja hallittu laatu. Laatu voidaan myös käsittää suoraan verrannolliseksi asiakkaan tyytyväisyyteen. Laatu on sitä, mitä asiakas haluaa. (Lillrank 1990, 39–40)

Yleisesti laatu ymmärretään asiakkaan tarpeiden täyttämisenä yrityksen kannalta mahdollisimman tehokkaalla ja kannattavalla tavalla.



Esimerkki: Suunnittelu suunnittelee kahvan kestävyystavoitteen x yksikköä, joka vastaa asiakkaan vaatimukseen (asiakkaan ääneen Voice of Customer, VOC), "haluan kestävä kahvan", sekä rajat, joka täyttää asiakas- ja tuottajatytyväisyyden rajat. Jos kahva hajoaa liian helposti, syntyy tyytyymättömyys. Jos tuote kestää liikaa, syntyy tyytyymättömyys.

Kuva 7. Laadun suunnittelu (Piirainen 2013)



Kuva 8. Suunnitellun laadun toteutus (Piirainen 2013)

3.2 Laadun näkökulmat

Tuotteen laatua määriteltäessä, voidaan laatua tarkastella kuudesta eri näkökulmasta: valmistus-, tuote-, arvo-, kilpailu-, asiakas- sekä ympäristökeskeisestä näkökulmasta. Yrityksen tulisi painottaa sitä laatumääritelmää, joka parhaiten sopii sen tuotteisiin ja markkinoihin. Laatujohtamista tarvitaan yritysjohton tasolla nimenomaan siksi, että erilaiset näkökulmat tulisivat tasapainotettua ja paras mahdollinen yhdistelmä löytyisi. Sitä mukaan kun tavaramarkkinat, teknologia ja kilpailuehdot ovat kehittyneet, on syntynyt uusia laatuikäsitteitä. Uuden näkökulman syntyminen ei tarkoita sitä, että vanha näkökulma hylättäisiin. Paremminkin on niin, että vanhat laatujohtamiset jäävät varmistamaan selustaa. Samalla käsite laadusta tulee entistä monimutkaisemmaksi ja vaikeasti ymmärrettäväksi. (Lillrank 1990, 41)

Valmistuskeskeinen laatumääritelmä

Valmistuskeskeisen määritelmän mukaan tuote on tehty juuri annettujen standardien mukaan, ilman yhtään valmistusvirhettä. Valmistuskeskeinen määritelmä on absoluuttinen ja yksiulotteinen. Annetut standardit, piirustukset, toleranssit ja työohjeet määrittelevät selkeästi sen, mikä kelpaa ja mikä ei. (Lillrank 1990, 42)

Tuotokeskeinen laatumääritelmä

Tuotokeskeinen laadun määritelmä lähtee siitä, että tuotteessa itsessään on joitakin yleisiä ominaisuuksia, jotka määrittävät sen laadun. Tuotokeskeinen laatu on jokseenkin absoluuttinen, Tiedetään melko varmasti, että ruostumattomasta teräksestä tehty tiskipöytä on parempi, kuin läkkipeltinen tai että nopea tietokone on parempi, kuin hidas. (Lillrank 1990, 43)

Arvokeskeinen laatumääritelmä

Arvokeskeisessä määritelmässä laadun määreet on nähtävä suhteessa hintaan. Laadukas tuote on sellainen, joka tarjoaa parhaan kustannus-hyöty –suhteen, eli parhaan arvon asiakkaan rahoille. Arvokeskeinen määritelmä on siinä mielessä tärkeä, että se käsittelee laatua suhteessa hintaan sekä asiakkaiden ostovoimaan, eikä vain absoluuttisena iankaikkisuuskysymyksenä. (Lillrank 1990, 44)

Kilpailukeskeinen laatumääritelmä

Kilpailukeskeisessä määritelmässä halutaan kunkin tuotteen ja komponentin olevan tarkalleen yhtä hyviä kuin kilpailijoilla. Kaikki sitä parempi laatu on resurssien tuhlausta. Jatkuva kilpailijoiden seuranta ja itsensä vertaaminen parhaimpiin on välttämätöntä, jos aikoo pysyä kilpailussa mukana. Heikkoutena kilpailukeskeisessä määritelmässä on se, että se ajaa helposti matkimaan kilpailijoita; jos kilpailija pudottaa hintaa, on pakko seurata perässä. (Lillrank 1990, 44)

Asiakaskeskeinen laatumääritelmä

Asiakaskeskeisen määritelmän mukaan laatu on tuotteen kyky tyydyttää asiakkaan tarpeet ja halut. Laadukas tuote on sellainen, johon asiakas on tyytyväinen jopa siinä määrin, että syntyy niin sanottu merkkiuskollisuus. Syvästi japanilaiseen laatuajatteluun vaikuttanut Joseph Juran sanoo, että ”laatu on tuotteen soveltuvuus käyttötarkoitukseensa”. Insinöörien ja tuotesuunnittelijoiden sijasta laadun päättää loppujen lopuksi asiakas. (Lillrank 1990, 45)

Ympäristökeskeinen laatumääritelmä

Ympäristökeskeisesti tuotteen laatu määritellään sen mukaan, mikä on sen kokonaisvaikutus yhteiskuntaan ja luontoon. Ympäristökeskeinen määritelmä toimii omalla tavallaan samanlaisesti, kuin asiakaskeskeinen määritelmä, mutta asiakkaiksi ei mielletä yksityistä ostajaa, vaan myös yhteiskunta ja luonto pitkällä tähtäimellä ovat asiakkaita. (Lillrank 1990, 48)

3.2.1 Laatumääritelmien seurauksia

Laatukäsitteen monimuotoisuus johtaa siihen, että laatua on johdettava, jotta saataisiin aikaan yrityksen kokonaisstrategian, resurssien ja kilpailuedun kannalta paras kombinaatio. Jos laatuun ei saada tarkkaa määritelmää, se voi jäädä ajelehtimaan omalla painollaan. Laatukoulutus ja yrityksen sisäinen kommunikaatio tulee tärkeäksi, koska olennaista on, että prosessi-insinööri ja markkinoija ymmärtävät toistensa näkökohdat. (Lillrank 1990, 49)

3.3 Laadun parantaminen

Aloitus laadun parantamistyöhön ryhtymisestä muodostuu kilpailijoiden, vaativien asiakkaiden ja johtajiston vuorovaikutuksesta. Johtajat hyväksyvät usein laatujohtamisen periaatteet, mutta laiminlyövät toteuttamisen delegoimalla sen laatuosaston tehtä-

väksi. ”Laatujohtaminen ei ole tekninen toimenpide, vaan se tulisi nähdä johdon sitoutumisena koko toiminnan parantamiseen.”. (Lipponen, Laatujohtaminen, 1993, s.51) Ennen kuin voidaan kunnolla puhua laadun parantamisesta, täytyy johtajien ymmärtää laatujohtamisen sisältö ja sen merkitys organisaatiolle. Pysyviin hyviin muutoksiin ja jatkuvaan parantamiseen tähtäävän arvomaailman luominen riippuu johtajan tavasta työskennellä. Omien toimien ja laiminlyöntiensä kautta johtaja luo organisaatiolleen omanlaisensa ympäristön. (Lipponen 1993, 52)

Laadun parantaminen on ratkaisevan tärkeää yrityksen tulevaisuutta ja olemassaoloa ajatellen. Laatu voi ratkaista yritysten tulevaisuuden. Syynä mielenkiinnon puutteeseen laadun parantamista kohtaan on ollut se, ettei tiedosteta laatukustannusten todellista suuruusluokkaa eikä tästä johtuen osata ottaa huomioon laadun merkitystä kilpailutekijänä. (Lipponen 1993, 19)

Laadun parantamisella on mahdollista vaikuttaa markkinaosuuden kasvattamiseen myös kovassa kilpailutilanteessa. Amerikkalainen tutkimusohjelma PIMS (Profit Impact of Marketing Strategies) on vuodesta 1972 alkaen kerännyt tietoa yli 2500 tuotteesta eri maissa. Sen aineistot osoittavat, että suhteellinen laatu on yrityksen toimintaan eniten vaikuttava tekijä. Suhteellisella laadulla tarkoitetaan asiakkaan arviota tuotteen laadusta verrattuna kilpailijan vastaavaan tuotteeseen. (Lipponen 1993, 20)

Suhteellisen laadun merkityksestä tulokseen ja sitä kautta pääoman tuotto prosenttiin on tehtävissä mm. seuraavia johtopäätöksiä:

- 1) Tuotteen laatutason parantamisella saavutetaan korkeampi pääoman tuotto prosentti toimialasta riippumatta.
- 2) Tuotteen korkea laatu ja keskitasoa alempi hinta ovat paras yhdistelmä markkinaosuuden nopean kasvun ja korkean pääoman tuotto prosenttin kannalta.
- 3) Asiakkaan kokema edullinen hinta/laatu –suhde takasi parhaimman pääoman tuotto prosenttin kaikissa tuotteen elinkaarivaiheissa. (Lipponen 1993, 20)

3.4 Laadun elementit

Tuotteen laadun elementit voidaan jakaa seuraaviin kolmeen perusluokkaan:

- valmistuksen laatu
- suunnittelun laatu
- asiakkaan havaitsema laatu

Laadun elementit ovat käsitteellisesti itsenäisiä. Monilla on kuitenkin taipumusta korreloida keskenään. Pyrkimys olla hyvä kaikilla osa-alueilla johtaa usein korkeaan hintaan. (Lillrank 1990, 51)

Valmistuksen laatu

Yhdenmukaisuus on valmistuksen laadun olennainen mittari. Yhdenmukaisuus tarkoittaa tasalaatuisuutta, sitä, että jokainen sarjan tuote on samanlainen ja tuottaa samanlaisen suorituskyvyn. Yhdenmukaisuuden valvonnassa käytetään ihannearvoja, esimerkiksi komponentin läpimittaa ja hyväksytyjä toleranssiarvoja. Toleranssi on tärkeä tekijä erityisesti tuotteissa, jotka kootaan monista osista. (Lillrank 1990, 52)

Suunnittelun laatu

Suunnittelun laatu on suorituskykyä. Tuotteen suorituskyky on se, mitä tuote pystyy tekemään ja mitä sillä pystyy tekemään. (Lillrank 1990, 52)

Asiakkaan havaitsema laatu

Asiakkaan havaitsemalla laadulla tarkoitetaan imagoa. Jos asiakkaalla on täydelliset tiedot tuotteesta ja sen ominaisuuksista, on imago vain heijastuma muista laatu-elementeistä. (Lillrank 1990, 54)

3.5 Laatu yrityksen menestystekijänä

Tuottavuus on jokaisen menestyvän yrityksen tärkein asia. Hyvä tuottavuus on voimakkaan myynnin ja kustannusten tulos. Hyvä myynti taas on merkki korkeasta laadusta ja oikeasta hinnasta, sekä siitä että tekee tuotetta, jota asiakas tarvitsee. Korkea laatu tuo yritykselle kilpailuedun. Joutuminen hintakilpailuun saattaa vaarantaa koko teollisuudenalan kannattavuuden. Tuotteiden tuomaan kilpailuetuun saattaa tulla vastaiskuja silloin, jos kilpailija kopioi tuotteen tehden siihen pieniä muutoksia. Sen sijaan operationaaliseen tehokkuuteen, tietotaitoon ja päteviin henkilöstöresursseihin perustuvaan kilpailuetuun on vaikea vastata. Michael Porterin mukaan kolme strategista menestystekijää ovat:

- Alhaiset tuotantokustannukset, jotka saavutetaan usein kokemuksen kautta.
- Erottautuminen joukosta laadun, merkki-imagon, teknologian, innovaatioiden, erityispiirteiden, asiakaspalvelun tai jakeluverkoston avulla.
- Keskittyminen tietylle alueelle, jolla hankitaan ylivoimainen pätevyys. (Lillrank 1990, 71)

3.6 Laadun taloudellinen merkitys

Phil Crosby on laatukirjoissaan viljellyt sanontaa: Laatu ei maksa, virheet maksavat. Väärin tekeminen, virheelliset tuotteet, valvonta, ongelmat prosesseissa, korjaus, hylkäys ja takuukustannukset maksavat. On selvää, että on halvempaa tehdä asiat kerralla oikein, kuin vasta toisella kerralla. Kuitenkin virheitä tapahtuu aina jossain vaiheessa, jos jotain tehdään. Erehtyminen tulee ihmiselle luonnostaan. Tietysti näitä erehtymisestä johtuvia kustannuksia voidaan pienentää sillä, että ihminen olisi tarkkaavaisempi, mutta pois niitä ei pystytä kitkemään. Laadun todellinen hinta ja kustannuslaskenta ovat monitahoisia, eikä aina niin helposti laskettavissa. Kappaleen kaikissa työvaiheissa syntyy laatukustannuksia ja usein on vaikea erottaa, mitkä kustannukset liittyvät laatuun ja mitkä eivät. Huonosta laadusta syntyy kustannuksia. Hyvällä laatujohtamisella pyritään entistä enemmän minimoimaan menetyksiä sen sijaan että lähinäköisesti keskityttäisiin vain kustannusten vähentämiseen. (Lillrank 1998, 46)

Hinnan merkitys kilpailutekijänä vaihtelee eri tuotteiden välillä. Päivittäistuotteissa sen painoarvo on korkea, koska jos kaiken tarjolla olevan tavaran laatu ylittää vaatimustason, hinta on ainoa joka ratkaisee. (Lillrank 1990, 73)

3.7 Laatufilosofiat

Tunnetuimpia kansainvälisiä laadun kehittäjiä ovat W. Edwards Deming, Joseph Juran, Philip Crosby, Armand Feigenbaum ja Kaoru Ishikawa. (Andersson & Tikka 1997, 22)

Deming

Demingin väitetään vaikuttaneen laadun hallintaan ja laatuajattelun kehittymiseen enemmän kuin kenenkään muun. Demingin filosofiassa on tavoitteensa parannuksien tekeminen tuotteiden ja palveluiden tuottamisessa vähentämällä epävarmuutta ja vaihtelua suunnittelussa ja valmistuksessa. Demingin mukaan keskeisin syy tuotteiden huonoon laatuun on vaihtelu. Yhteenvetona Demingin opeista voidaan sanoa että:

- Prosessien tilastollisuuden ymmärtäminen on kaiken kehitystoiminnan perusta.
- Tuotteita ja palveluita parannetaan vähentämällä vaihtelua ja epävarmuutta.
- Prosessien vaihtelu johtuu joko luonnollisista tai ulkoisista syistä. Ensiksi mainitut muodostavat 90 % kokonaisvaihtelusta ja ovat yritysjohdon vastuulla. Työntekijät voivat tunnistaa ja korjata jälkimmäiset.

Demingin filosofiaa on arvosteltu, koska se on vain ja ainoastaan filosofiaa. Siinä ei ole konkreettisia ohjeita tai työkaluja. (Andersson & Tikka 1997, 22)

Juran

Joseph Juran on eräs tunnetuimmista laatuasiantuntijoista. Vuonna 1951 hän julkaisi laadunohjauksen alan perusteoksen *The Quality Handbook*. Juranin mukaan länsimaaisissa yrityksissä on yksi keskeinen ongelma. Hänen mukaansa ongelmana on se, että eri työntekijäryhmät puhuvat eri kieltä: huippujohto puhuu rahasta, työntekijät puhuvat asioista ja keskijohdon täytyy osata näitä molempia voidakseen kommunikoida

molempiin suuntiin. Juranin oppien keskeinen sisältö painottuu kolmeen laatuprosessiin: laadun suunnitteluun, laadun ohjaukseen ja laadun parantamiseen. Asiakaslähtöisyys on tärkeä, koska on tärkeää, että yritys, osasto tai työntekijä tietää, kuka tai mikä asiakas on. (Andersson & Tikka 1997, 24)

Crosby

Philip B. Crosby perusti vuonna 1979 laatukonsulttitoimiston ja julkaisi kirjan *Quality is Free*. Crosby mukaan laatu tarkoittaa yhteensopivuutta vaatimusten kanssa. Hänen mukaansa vaatimukset on oltava selkeästi asetettuja, jotta väärinkäsityksen mahdollisuutta ei ole. Kun yhteisesti sovitut vaatimukset on esitetty, niin laadun mittaaminen on vaatimusten ja todellisuuden vertaamista.

Hänen mukaansa laatuongelmia ei ole olemassa. On vain tuotanto-ongelmia, mitausongelmia, suunnitteluongelmia jne. Näin ollen Crosby mukaan yrityksen tuotteiden ja toiminnan laatu tulee muilta kuin laatuosastolta ja tämän takia ne myös ovat vastuussa erilaisten ongelmien ratkaisusta. (Andersson & Tikka 1997, 25)

Feigenbaum

Armand Feigenbaumin ura laadun parissa alkoi 1950-luvulla. Hänen keskeisin saavutuksensa liittyi kokonaisvaltaisen laadunohjauksen iskostamiseen yhdysvaltalaisen yritysten toimintaperiaatteeksi. Feigenbaum kiteytti laatuteoriansa kolmeen osaan:

- Laatujohtajuus. Jatkuva laatu painotus rakentuu selkeälle suunnitelmallisuudelle. Yritysjohdon on koko ajan oltava laatu ponnisteluiden esiintuoja yrityksessä.
- Modernit laatu tekniikat. Ongelmien ratkaiseminen ei saa jäädä pelkän laatuosaston varaan, vaan sen täytyy olla eri osastojen yhteistyötä.
- Organisaation sitoutuminen. Tällä tarkoitetaan henkilöstön jatkuvaa koulutusta ja motivointia. Laadun merkitystä työntekijöiden silmissä pitää korostaa. (Andersson & Tikka 1997, 25)

Ishikawa

Kaoru Ishikawa oli Tokion yliopiston konetekniikan professorina useita vuosia ja oli yksin keskeisimmistä japanilaisen laatustrategioiden luoja. On arvioitu, että japanilainen teollisuus ei nauttisi sitä arvonantoa, joka sillä on tänä päivänä ilman Ishikawan panosta. Ishikawan filosofiassa keskeisiä elementtejä ovat muun muassa: laatu alkaa koulutuksella ja loppuu koulutuksella, ensi askel laatuun on asiakkaiden tarpeiden ja vaatimusten tunteminen, poista ongelmien perussyyt. Ehkä tunnetuin hänen luomuksistaan on ongelmien vaikutussuhteiden analysointiin käytettävä syy-seuraus-kaavio. (Andersson & Tikka 1997, 26–27)

3.8 Laatutekniikat

Laatutekniikat ovat välineitä ja toimintamalleja, joiden avulla laatutyötä käytännössä tehdään. Laatutekniikalla parannetaan tuotantokeskeistä laatua poistamalla virheiden aiheuttajia ja suunnittelemalla prosessit sellaisiksi, että virheitä ei synny.

3.8.1 Arvoanalyysi

Arvoanalyysin perustana on tutkia tuotteen toimintoja ja niiden aiheuttamia kustannuksia. Hyödyttömiä kustannuksia aiheuttavat muun muassa muuttuneet olosuhteet, ajan ja tiedon puute sekä inhimilliset tekijät. Arvoanalyysissä huomio kiinnitetään aina toiminta-kustannus – suhteeseen. (Nurmi 2012)

3.8.2 Benchmarking

Käsitteelle benchmarking ei löydy suoranaista käännöstä Suomen kielestä, joten sitä käytetään lainasanana. Eri tilanteissa siitä käytetään sellaisia käännöksiä, kuten vertailu, vertaileva arviointi, parhaiden käytänteiden etsiminen ja esikuva-arviointi. (Oulun [www sivut](#))

Käytännössä benchmarking tarkoittaa oman toiminnan vertaamista toisten toimintaan. Perusideana siinä on toisilta oppiminen ja oman toiminnan kyseenalaistaminen.

Benchmarkingia käytetään yleisesti yritysmaailmassa laatujärjestelmien kehittämisen välineenä. (wikipedian www sivut 2014)

3.8.3 QFD

QFD, eli Quality Function Deployment on menetelmä, jolla suunnitellaan asiakkaiden tarpeisiin ja vaatimuksiin perustuvia tuotteita ja palveluja. Sitä käytetään useimmiten tuotekehityksessä ja markkinoinnissa. QFD:n avulla tunnistetaan asiakkaan tarpeet, priorisoidaan ne ja muunnetaan QFD-matriisin avulla tuotteen tai palvelun kehittämisen lähtötiedoiksi. (Karjalaisen www-sivut 2014)

3.8.4 Tilastollinen prosessinohjaus

Tilastollinen prosessinohjaus on laadunkehittämisen keskeinen työkalu. Sen perusajatuksena on seurata prosessin kehittymistä ja vähentää laatuongelmien aiheuttajia tuotteissa, toimitusajoissa, materiaaleissa ja kaikessa muussa mahdollisessa. (Karjalaisen www-sivut 2014)

Tilastollinen prosessinohjaus tarkoittaa laajasti tulkittuna kaikkia menetelmiä, joilla saadaan tilastollista pohjaa prosessin ohjaamiseen liittyvälle päätöksenteolle. Tärkein näistä välineistä on valvontakortti. (Tikkala 2010, 3)

4 FMEA

FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) on systemaattinen tapa tunnistaa keinoja ja menetelmiä, joiden mukaan tuote tai prosessi voi epäonnistua ja tältä pohjalta suunnitella ennaltaehkäiseviä toimenpiteitä. Vika- ja vaikutusanalyysi ja vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysi ovat toimintavarmuuden analysointimenetelmiä, jotka on tarkoitettu sellaisten vikojen tunnistamiseen, joiden seurauksilla on merkittävä vaikutus tarkasteltavan järjestelmän suorituskykyyn. Yleensä kaikkien komponenttien viat tai vioittumistavat vaikuttavat järjestelmän suorituskykyyn haitallisesti. FMEA perustuu alimmalle komponentti- tai osajärjestelmätasolle, jolle voidaan määrittää vioittumiskriteerit. FMEA on proaktiivinen työkalu virheiden ja poikkeamien vähentämiseksi. Tätä kattavaa tekniikka käytetään tekniikan alalla monissa eri kohteissa monilla eri tasoilla, niin hallinnossa, suunnittelussa kuin prosessien kehittämisessäkin. FMEA perustuu ennalta suunniteltuun työpohjaan, jolla tunnistetaan tapoja, joilla tuote tai prosessi voi epäonnistua kriittisten asiakasvaatimusten täyttämässä. FMEA on menetelmä, joka sopii ensisijaisesti materiaali- ja laitevिकojen tarkasteluun. Sitä voidaan soveltaa erilaisista tekniikan aloista ja niiden yhdistelmistä koostuviin järjestelmiin sekä myös ohjelmistojen ja inhimillisten tekijöiden tutkimiseen. Jokaisen toiminnon, valmistusvaiheen tai kokoonpanoprosessin aikana tiimin tulee kysyä itseltään, että mikä voi mennä vikaan. (SFS 5438 1988, 5)

FMEA voidaan laajentaa vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysiksi (Failure mode, effects, and critically analysis, FMECA) määrittämällä kriittisyys vikaantumistapojen vaikutusten merkittävyydelle. Vikaantumistavan vaikutusten kriittisyys muodostuu vian vakavuudesta, havaittavuudesta ja esiintymistodennäköisyydestä. Kriittisyydellä kuvataan vikaantumisen aiheuttaman suorituskyvyn menetyksen suuruutta ja vahinkoja. Olennaisena osana FMEA-menetelmään kuuluvat erilaiset järjestelmää kuvaavat lohkokaavio- tai vikapuumallit, joilla voidaan kuvata järjestelmän rakennetta ja järjestelmäosien suhteita aina komponenttitasolta järjestelmätasolle asti. (Ramentorin www-sivut 2014)

FMEA esiteltiin ensimmäisen kerran 1940-luvulla, mutta ensimmäinen virallinen FMEA syntyi 1960-luvun puolivälissä lentokoneiteollisuudessa ja sitä on siitä edelleen kehitetty avaruus- ja ydintekniikan turvallisuus- ja käyttövarmuusanalyysihin. FMEA on keskeinen laadun suunnittelun menetelmä niin tuote- kuin prosessisuunnittelussa.

Tavoitteena on löytää mahdolliset laite- ja materiaali- viat sekä käyttövirheistä aiheutuvat vaaratekijät ja niitä ennaltaehkäisevät toimenpiteet. FMEA tunnetaan Suomessa nimellä vika- ja vaikutusanalyysi (VVA). FMEA on yksi harvoista ennakoiviin menetelmiin kuuluvista laatutyökaluista. FMEA on tarkoitettu kartoittamaan riskit jo suunnitteluvaiheessa. Oikeaoppisella menetelmän käytöllä voidaan riskit minimoida ennakoitavasti ja edullisesti. FMEA tunnistaa kriittiset tuoteominaisuudet ja muuttujat sekä laittaa tuote- ja prosessipuitteet tärkeysjärjestykseen. FMEA auttaa ymmärtämään mitä toimenpiteitä tulisi tehdä, jotta riski voidaan minimoida. FMEA on elävä dokumentti, joka listaa kaikki mahdolliset syyt virheeseen ja on sitä tehokkaampi, mitä aikaisemmassa vaiheessa sitä käytetään. FMEA:n luominen on aina tiimityötä ja lopulta se tarjoaa asiakkaalle yhteenvedon tiimin ajatuksista koskien riskiä, jos joku keskeisistä muuttujista epäonnistuu. FMEA täytyy aina huomioida ja päivittää tarvittaessa kun prosessi muuttuu. FMEA:ta on päivitettävä projektin edetessä. Tällä varmistetaan, että arviointikriteeristö ja syy-seuraus suhde on päivitetty datasta tehtyjen johtopäätösten mukaisiksi. Lopulta FMEA on päivitettävä kuvaamaan projektin lopullista tilaa. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 168–169)

Vika- ja vaikutusanalyysiä voidaan hyödyntää mm:

- valitsemaan varhaisissa suunnitteluvaiheissa suunnitteluvaihtoehdot, joilla on korkea luotettavuus ja korkeat turvallisuusominaisuudet
- varmistamaan, että kaikki mahdolliset vikaantumistavat ja niiden vaikutukset huomioidaan järjestelmän häiriöttömän toiminnan takaamiseksi
- järjestelmän mahdollisten vikaantumistapojen tunnistamiseen ja niiden vaikutusten kriittisyyksien arvioimiseen
- testauksen suunnittelun ja testivälineiden vaatimusten kehittämisessä
- havainnollistamaan järjestelmän vikaantumisen syy-seuraus suhteet

Vika- ja vaikutusanalyysissä haetaan vastauksia seuraaviin peruskysymyksiin:

- Mikä voi mennä vikaan?
- Mitkä mekanismit voivat johtaa vikaantumiseen?
- Mikä vaikutus vikaantumisella on?
- Miten todennäköinen vika on?
- Mitkä ovat vian seuraukset?

- Mitä voidaan tehdä?
- Miten vikojen aiheuttajat voidaan poistaa?
- Miten vian vakavuutta voidaan vähentää? (Ramentorin www-sivut 2011)

4.1 Analyysin tarkoitus

FMEA ja FMECA ovat tärkeä osa luotettavuuden varmistamisohjelmaa ja niitä voidaan soveltaa eritasoisissa teknillisissä järjestelmissä esiintyviin useisiin erilaisiin ongelmiin. Analyysi suoritetaan rajoitetusti esisuunnittelun aikana ja täydellisimmin suunnitteluvaiheessa. On kuitenkin muistettava, että FMEA on vain osa luotettavuuden varmistamisohjelmaa, joka vaatii useita eri tehtäviä ja toimintoja. FMEA:n tarkoituksena on muun muassa:

- komponentin jokaisen tunnistetun vioittumistavan aiheuttamien vaikutusten ja tapahtumaketjujen arviointi järjestelmän usealla eri toiminnallisella tasolla
- kunkin vioittumistavan merkittävyyden ja kriittisyyden määrittäminen verrattuna järjestelmän virheettömään toimintaan ja suorituskykyyn ja vaikutusten selvittäminen kyseessä olevan prosessin toimintavarmuuteen ja turvallisuuteen
- tunnistettujen vioittumistapojen luokittelu tunnistettavuuden, määriteltävyyden, testattavuuden, yksikön korjattavuuden, huollettavuuteen liittyvien toimenpiteiden ja muiden tärkeiden tunnuslukujen suhteen
- vian merkittävyyden ja vian todennäköisyyden arviointi edellyttäen, että tarvittavat tiedot ovat käytettävissä (SFS 5438 1988, 2)

4.2 Käytännön toteutus

FMEA:n suorittamiseksi on olemassa kaksi lähestymistapaa. Bottom-up ja top-down lähestymistavat. Molempien perimmäisenä tarkoituksena on ohjata analyysiryhmää luomaan syy-seuraussuhteet kuvaavat ketjut, jotka osoittavat kohteen mahdolliset vikaantumisketjut johtaen kriittisyydeltään erilaisiin seurauksiin. Näiden vikaantumisketjujen katkaisemiseksi tai niistä aiheutuvien seurausten vähentämiseksi sekä bottom-

up että top-down lähestymistavat pyrkivät löytämään parhaat mahdolliset ratkaisut analyysin lopuksi. (Ramentorin www-sivut 2011)

Bottom-up lähestymistavassa kohteen jokainen alimman tason osa analysoidaan täsmällisesti. Tässä lähestymistavassa keskitytään määrittelemään osan erilaisten vika-
muotojen vaikutuksia järjestelmän toimintaan. Tämän lähestymistavan lopputulok-
sena saadaan selville miten vikamuoto vaikuttaa paikallisesti itse osaan ja sitä kautta
koko kohteen turvalliseen toimintakykyyn. Top-down lähestymistapaa käytetään pää-
sääntöisesti varhaisessa suunnitteluvaiheessa, ennen kuin koko järjestelmärakenne on
päätetty tai vaihtoehtoisesti keskityttäessä olemassa olevan kohteen ongelmakohtiin.
Menetelmässä kohteen toimintaa tarkastellaan sen toimintojen kautta. Tarkemmin ol-
laan kiinnostuneita kohteen toiminnallisista vioista, jotka johtavat lopulta kohteen jon-
kin toiminnon puuttumiseen. Toiminnalliset viat ovat aina seurausta jostain pienem-
mästä tapahtumasta, eli tässä tapauksessa vikamuodosta. Tässä lähestymistavassa kes-
kitytään tarkastelemaan vaikutuksia, joita kohteen toiminnallisilla vioilla on ja mitkä
vikamuodot aiheuttavat näitä toiminnallisia vikoja. (Ramentorin www-sivut 2011.)

Tekniikka lähtee liikkeelle sopivan pohjan luomisella. Analyysi voidaan suorittaa Ex-
cel-taulukolla, mutta markkinoilta löytyy myös valmiita kaupallisia pohjia. Pohja ei
ole standardisoitu, joten sitä voi muokata haluamallaan tavalla vastaamaan yrityksen
tarpeita. Kun pohja analyysille on tehty, tulee määrittää käytettävät arvosteluasteikot
vikaantumisten vakavuuden, todennäköisyyden ja havaittavuuden arviointiin. (Sal-
mela 2014, 18–19)

FMEA-prosessi etenee järjestelmällisesti kahdeksaa askelta noudattaen:

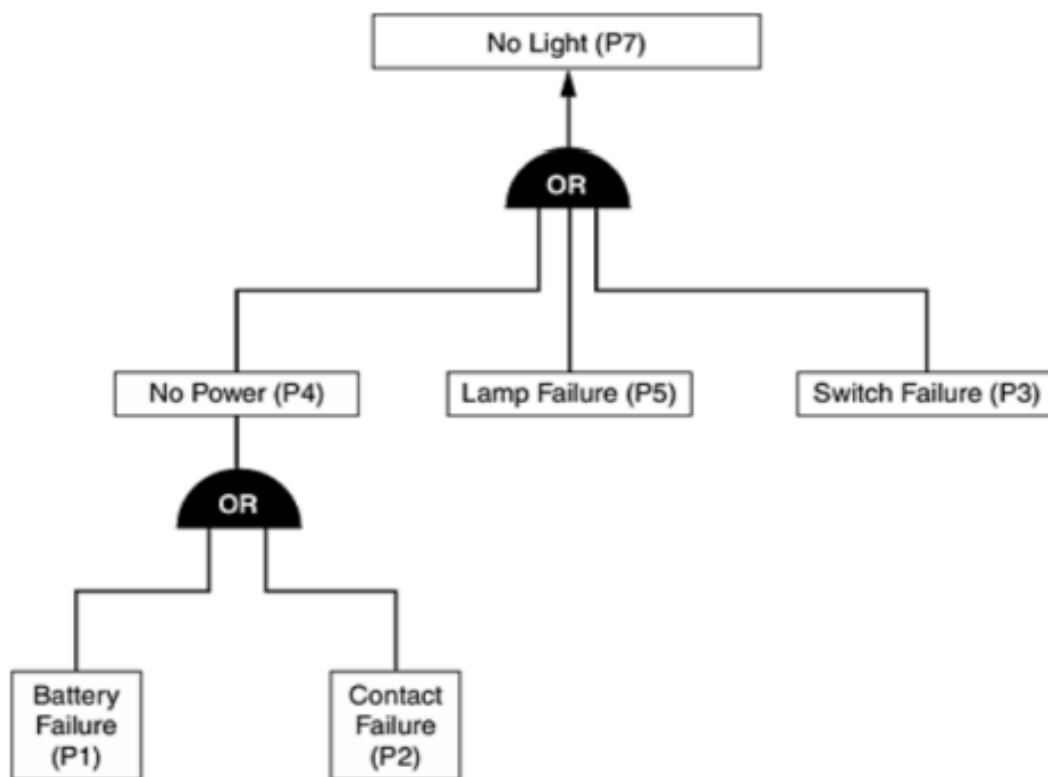
1. Valitse tarkasteltavan kohteen laajuus.

Ensimmäiseksi valitaan ja rajataan kohde, jota tullaan tutkimaan sekä määritellään
millä tasolla analyysi tehdään (komponentti, työvaihe, systeemi yms.). Jos valittu
kohde on suuri, on se hyvä pilkkoa pienemmiksi kokonaisuuksiksi, jotta riskien tun-
nistaminen helpottuu eikä muuttujamäärä kasva liian suureksi yhtä analyysiä kohden.

2. Tunnista mahdolliset vikaantumistavat tai – menetelmät

Kun kohde on määritetty, tarkastellaan yksityiskohtaisesti, mikä voi mennä vikaan.
Yksittäisen vaiheen tai komponentin kaikki virheet tulee käydä läpi ja dokumentoida.
Tämä vaihe tehdään yleensä ryhmässä, jotta paras tulos saavutettaisiin. On hyvä jakaa
identifioinnin vastuuta useammalle henkilölle, sillä työkuorma saattaa kasvaa todella

suureksi ja toisaalta useamman henkilön näkemys antaa paremman lopputuloksen. Vikaantumistapojen tunnistamiseen voidaan käyttää apuna erilaisia tekniikoita. Kuvassa 3 on kuvattu yksi tekniikka; function-block diagrammi.



Kuva 9. Function-block diagrammi auton ajovaloista. (Yang, El-Haik. 2009, 404)

3. Löydä syy tai aiheuttaja vikaantumiselle

Seuraavaksi mietitään jokaiselle vikatilalle syy tai aiheuttaja. Pohditaan, että miten tällainen virhe voi syntyä. Vikaantuminen on aina seuraus jostakin virheestä, joka syntyy järjestelmässä.

4. Kuvaa vikaantumisen vaikutus

Tässä vaiheessa mietitään, mitä nämä vikatilat voivat aiheuttaa.

5. Arvioi vikaantumisen vakavuus, todennäköisyys, havaittavuus ja riskiluvun muodostaminen

Vikaantumistavan tunnistamisen ja syiden pohtimisen jälkeen arvioidaan jokaisen tunnistetun riskikohteen vakavuus (severity), todennäköisyys (occurrence) ja havaittavuus (detection). Jokainen vikaantumiskohta pisteytetään ennakoilta luotuja asteikkoja käyttäen. Virheen riskin suuruus ilmoitetaan riskilukuna (RPN = Risk Priority Number), joka saadaan vakavuuden, todennäköisyyden ja havaittavuuden tulona. Riskikohteet voidaan järjestää RPN-luvun mukaan prioriteettijärjestykseen, joka auttaa kohdistamaan jatkotoimenpiteet suurimpiin riskeihin.

6. Tarvittaessa arvioidaan mahdollisuudet ja ehdotukset riskiluvun pienentämiseksi

Tunnistamisen ja analysoinnin jälkeen tulee tehdä konkreettisia toimenpiteitä riskin poistamiseksi tai pienentämiseksi. Ilman jatkotoimenpiteitä tai muutoksia mikään ei muutu.

7. Riskin uudelleen arviointi toimenpiteiden jälkeen

Riski arvioidaan uudelleen tehtyjen muutosten jälkeen. Voi olla myös mahdollista, että riski ei pienene toimenpiteistä huolimatta. Silloin toimenpide on ollut todennäköisesti väärä ja se on syytä arvioida uudelleen

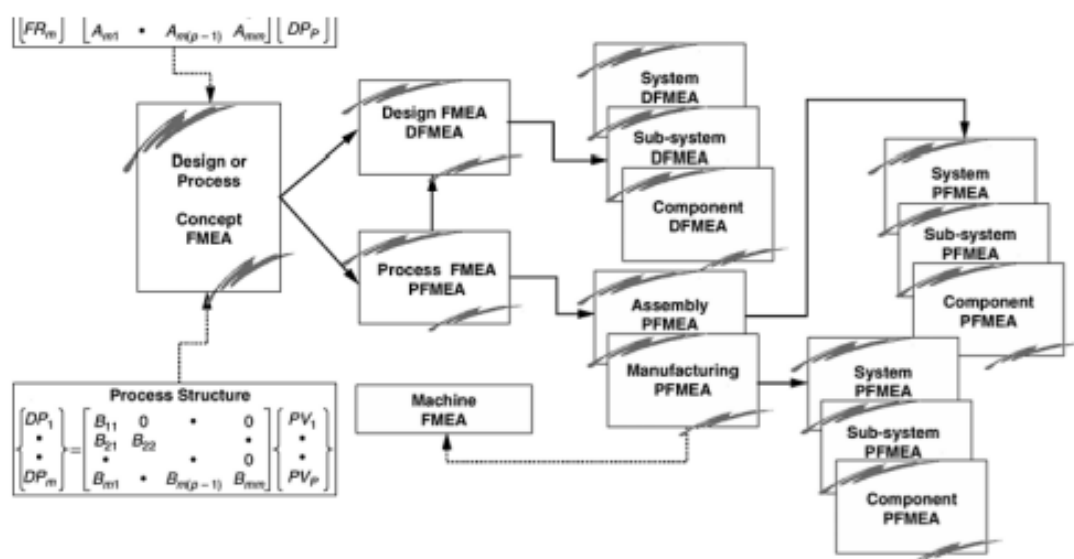
8. FMEA:n päivittäminen ja ajan tasalla pitäminen

FMEA on jatkuvasti päivittyvä dokumentti ja sen tulisi muuttua samaa tahtia, kuin tuotekin. Analyysin pitäminen ajan tasalla vaatii systemaattista työtä.

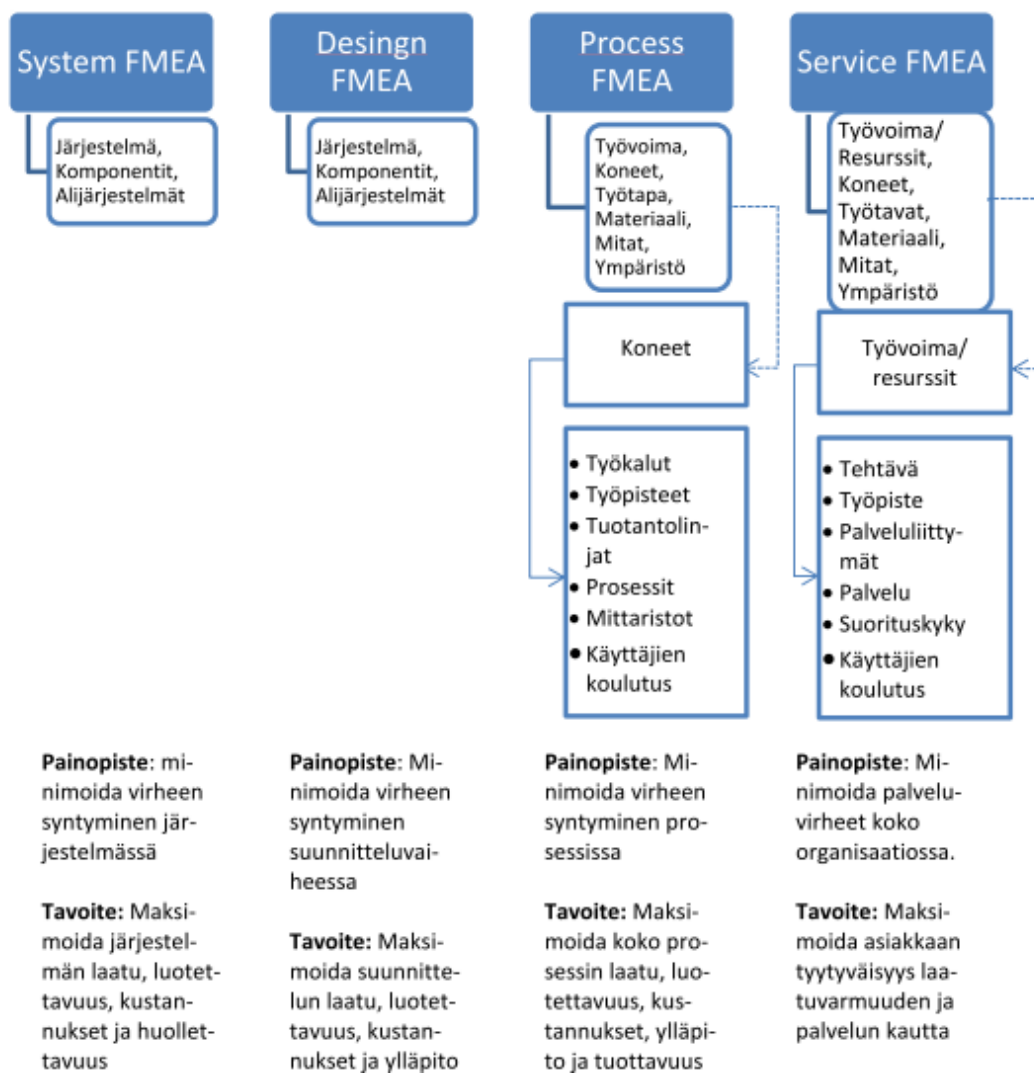
(Salmela 2014, 19,20; Dyadem 2003, 7-7)

4.3 Erilaisia FMEA-tyyppejä

FMEA-analyysit voidaan jakaa karkeasti neljään eri tyyppiin. FMEA:t toimivat suhteessa toisiinsa, mutta ne voidaan suorittaa myös itsenäisesti. Jokainen niistä keskittyy tuotteen tai palvelun eri vaiheisiin. Tyypit ovat System FMEA, Service FMEA, design FMEA (DFMEA) ja Process FMEA (PFMEA). (Salmela 2014, 21; Yang, El-Haik. 2009, 389)



Kuva 10. FMEA tyyppejä. (Yang, El-Haik 2009, 388)



Kuva 11. FMEA tyyppien kuvaukset (Salmela 2014, 22)

4.3.1 System FMEA

System FMEA on kehitetty keskittymään järjestelmiin ja alijärjestelmiin tuotteen varhaisessa suunnitteluvaiheessa. Sillä pyritään nostamaan esiin järjestelmien heikkoudet, jotka saattavat myöhemmässä vaiheessa aiheuttaa tuotteeseen virheen. Analyysi auttaa valitsemaan parhaimman mahdollisen käytännön varhaisessa suunnittelussa, vähentämään päällekkäisyyksiä, määrittämään systeemin vianmääritys menettelyn, vähentämään potentiaalisia virheitä ja erittelemään systeemin heikkoudet. Analyysi auttaa samalla tarkastelemaan systeemiä kriittisesti ja mahdollistaa systeemin asteittaisen parantamisen ja tehostamisen. (Salmela 2014, 21)

4.3.2 Service FMEA

Service FMEA keskittyy myynnin jälkeiseen palveluun, esimerkiksi palveltavuuteen, varaosien saatavuuteen sekä palveluun tarvittavan miesvoiman saatavuuteen. Tavoitteina on määritellä, demonstroida ja maksimoida ratkaisut vastauksena asiakkaan vaatimalle laadulle, luotettavuudelle, huollettavuudelle, kustannuksille sekä tuottavuudelle. (Dyadem 2003, 11-5)

4.3.3 Design FMEA

Design FMEA (DFMEA) tehdään tuotteen suunnitteluvaiheessa, ennen kuin tuotanto aloitetaan. DFMEA auttaa löytämään puutteet, jotka saattavat myöhemmin aiheuttaa virheen tuotteessa. DFMEA on merkittävä proaktiivinen työkalu tuotteen toimintavarmuuden ja laadun parantamisessa. Usein se kuitenkin mielletään vain muodollisuudeksi ja onkin sitä myötä aliarvostettu työkalu. Tällainen asenne on harmillinen ja se johtaa tiedonpuutteeseen DFMEA:n merkittävästä hyödystä. Mahdolliset vikaantumiset löydetäänkin myöhemmin asiakkaiden kokemuksista, tai ne löydetään prototestauksessa, sitten kun tuote on valmis. Suurimman hyödyn firmalle niin taloudellisesti, kuin laatuvarmuudellisestikin antaa ennakoiva virheiden etsintä silloin kun projekti on vasta paperilla. (Yang, El-Haik 2009, 397)

DFMEA:sta saa parhaan hyödyn, kun se tehdään ennen varsinaista protomallia. Analyysin avulla saadaan esille myös erilaiset vaihtoehtoiset toiminnot tuotteissa. Suunnitteluvaiheen analyysi nostaa esiin konstruktion varhaiset virhemahdollisuudet jo ennen tuotantoa ja priorisoi ne. Näin saadaan nostettua esille mahdolliset kriittiset ja merkittävät riskit, joihin tulee ensisijaisesti puuttua. Erityisesti mahdolliset turvallisuusriskit voidaan analyysin avulla välttää jo suunnitteluvaiheessa. Perustelut tehdyille muutoksille saadaan samalla dokumentoitua, jota kautta saadaan informaatiota, jota voidaan jatkossa hyödyntää sekä suunnittelussa että testauksessa. (Salmela 2014, 24)

4.3.4 Process FMEA

Process FMEA:n (PFMEA) avulla analysoidaan valmistus- ja kokoonpanoprosessia. Yleensä analyysi suoritetaan ennen varsinaisen tuotannon aloittamista. On tärkeää tarkastella prosessia ennen varsinaista tuotantoa, sillä tässä vaiheessa muutosten tekeminen on suhteellisen helppoa ja edullista. PFMEA tarkastelee jokaista prosessimuuttujaa erikseen ja ottaa huomioon siihen vaikuttavat tekijät, kuten työntekijän, työkalut, toimintatavan, testauksen tai ympäristön. Jokaisella tarkastelun kohteena olevalla muuttujalla on omat vaikuttavat tekijät, jotka vaikuttavat joko suoraan tai välillisesti muuttujaan, luoden mahdollisia vikaantumistapoja. Tekijöiden vaikutusten monimutkaisuudesta ja lukumäärästä johtuen PFMEA on haastavampi tehdä ja vie enemmän aikaa, kuin System tai Design FMEA. (Salmela 2014, 25)

FMEA:n avulla pyritään löytämään prosessista heikkoudet, jotka aiheuttavat mahdollisia virheitä. Tarkoituksena on poistaa tai minimoida virhemahdollisuudet kokonaan. PFMEA:n tuloksena saadaan lista mahdollisista virheistä ja jokaiselle virheelle RPN-luku. Lisäksi saadaan lista suositeltavista toimenpiteistä potentiaalisten virheiden välttämiseksi. Analyysi auttaa tunnistamaan prosessissa olevat viat sekä mahdolliset virheet sekä listaa niiden kriittisyyden RPN-arvojen mukaan. Analyysissä otetaan kantaa korjaaviin toimenpiteisiin ja luodaan kriittisille kohteille tarkastussuunnitelma. Samalla dokumentoidaan perusteet tehdyille muutoksille. Historiatiedon säilyttäminen on tärkeää, jotta samoja virheitä ei toistettaisi ja tiedetään, millä toimilla virhe poistettiin. Prosessi FMEA:n tuloksena saadaan:

- lista mahdollisista virheistä RPN-luvun mukaan järjestettynä,
- lista mahdollisista kriittisistä ja merkittävistä virheistä,
- lista suositeltavista toimenpiteistä mahdollisille kriittisille ja merkittävälle prosessin vaiheille.

(Salmela 2014, 24-25; Yang, El-Haik 2009, 11.4)

5 TYÖN TOTEUTUS

5.1 Työn lähtökohta

Insinöörityön lähtökohtana oli parannella Atassa jo käytössä olevaa FMEA-laaturyökalua. Atassa on ollut FMEA käytössä jo vuosia, mutta siitä ei ole koettu saavan parhaita mahdollista hyötyä irti. Analyysiä on tehty konekohtaisesti monelle työstökoneelle, myös kokonaiselle tuotantolinjalle on luotu analyysinsä. Tämän opinäytetyön tarkoituksensa on luoda analyysi uudelle DMG MORI DMU 270P -työstökeskukselle. Tarkoituksena on saada analyysistä käyttäjäystävällisempi siten, että toimihenkilöt, jotka työkalua käyttävät ymmärtävät analyysin tarkoituksen ja sitä kautta sen käyttö ei tuottaisi ongelmia. Ongelmana analyysin teossa on ollut se, että erilaisia vikaantumismahdollisuuksia on kyllä listattu, mutta toimenpide-ehdotuksia ei ole mielestäni mietitty riittävästi, eikä niitä ole myöskään riittävästi toteutettu. Vikaantumismahdollisuuksia on mielestäni myös kartoitettu liian karkeasti. Ongelmaksi FMEA:n parantamiseksi tuli se, että Atassa on vuosikymmenten vankka kokemus kartiohammaspyörien tekemisestä. Vaikka opinäytetyön kohteena onkin täysin uusi työstökeskus, niin silti mahdolliset riskit jo melko hyvin tunnetaan ja niiden ehkäisemiseksi on jo tehty paljon toimenpiteitä.

5.2 Työn toteutus

FMEA:n luomisen pohjana käytettiin Atassa jo olemassa olevaa Excel-lomaketta. Lomake todettiin sopivaksi työhön, joten uutta Excel-lomaketta ei luotu, vaan tehtiin pieniä parannuksia vanhaan pohjaan. Työssä ei käytetty Atassa olleita pisteytysarvoja, vaan luotiin omat pisteytykset vakavuudelle, esiintyvyydelle sekä löydettävyydelle. Numerointiskaalaa myös laajennettiin entisestä 1-5 asteikosta asteikkoon 1-10. Taulukkoon kerättiin työvaihe kerrallaan eri vikaantumismahdollisuudet. Sen jälkeen koneistajien kanssa mietittiin, mitä vikaantumisesta voi seurata, vian mahdolliset syntymissyyt sekä nykyiset seurantamenetelmät. Sen jälkeen aloimme kohta kerrallaan an-

tamaan pisteitä vakavuudelle, esiintyvyydelle sekä löydettävyydelle, joista yhteen kerromalla jokaiselle kohdalle saatiin oma RPN-luku. RPN-luvut jaoin vakavuuden perusteella viiteen eri ryhmään: hyvin korkea, korkea, kohtuullinen, matala sekä ei tärkeä. Hyvin korkea RPN-luku on sellainen, että riskiä ei voida hyväksyä. Tästä syystä toimenpiteet riskin pienentämiseksi tulee suunnitella ja toteuttaa. Riskien RPN-lukuja korostettiin eri väreillä niiden havaittavuuden parantamiseksi. Taulukkoon on merkattu toimenpiteitä sekä väri eri riskiluvuille.

<u>Vakavuusaste</u>	<u>Toimenpiteet</u>
Hyvin korkea RPN (≥ 500)	Riskiä ei voida hyväksyä. Toimenpiteet riskin pienentämiseksi tulee suunnitella ja toteuttaa.
Korkea RPN (≥ 250)	Riskille tehdään 100% työvaihetarkastus (jokainen asennusvaihe/komponentti tarkastetaan tuotannossa) riskin pienentämiseksi tai poistamiseksi työntekijän tai toimihenkilön toimesta.
Kohtuullinen RPN (150-249)	Riski huomioidaan ja tehdään tarvittavat korjaustoimenpiteet.
Matala RPN (65-149)	Riskille tehdään laaduntarkastus, sekä mietitään, onko parannettavaa.
Ei tärkeä RPN (< 65)	Ei toimenpiteitä

Taulukko 2. RPN-lukujen mukaan suositeltavat toimenpiteet

Projektin edetessä päätettiin tehdä prosessi FMEA kova- ja pehmeähammastukselle, sekä design FMEA hammaspyörien suunnitteluvaiheeseen. Kuitenkin projektin eteneminen oli hidasta johtuen esimerkiksi työstökoneen asentamisesta sekä testaamisesta, joten ajan puitteissa FMEA toteutettiin vain kovahammastusvaiheeseen ja suunnitteluun. FMEA toteutettiin tiiviissä yhteistyössä työstökoneen käyttäjien kanssa, joilla on pitkä kokemus hammastuksen parissa. FMEA:n edetessä pidettiin palavereita tasaisin väliajoin asiantuntijaryhmän kanssa, jossa pohdittiin FMEA:n etenemistä sekä pohdittiin, mitä voisi tehdä toisin ja mikä jo oli hyvää.

Tutkimustyö käynnistyi tutustumalla perusteellisesti työstökoneeseen sekä valmistusprosessiin. Työssä tarkkailtiin kovahammastusvaihetta, ohjelmointia sekä haastateltiin työntekijöitä ja asiantuntijoita. FMEA:n lisäksi päätettiin tehdä vuokaavio, joka toimii työohjeena uusille työntekijöille. Työohjeessa saatiin hyödynnettyä vikaantumismahdollisuuksia, joista luotiin kaavio, joka listaa vaihe kerrallaan, mikä voi mennä vikaan. Tämä auttaa uutta työntekijää välttämään joitakin virheitä, sekä tarkastamaan, että mitään ei jäänyt tekemättä esimerkiksi asetusta tehtäessä. FMEA:ssa jaoteltiin ylävaiheisiin kaikki työvaiheet siinä järjestyksessä, jossa ne tapahtuvat. Jokaisen ylävaiheen alle luotiin alavaihe, johon kartoitettiin vikaantumismahdollisuudet. Täten edettiin systemaattisesti prosessin loppuun asti, jonka avulla löydettiin mahdollisimman paljon virheitä. Suuri osa virheistä on sellaisia, joihin ei voida puuttua. Analyysin tarkoitus ei olekaan voida puuttua jokaiseen ongelmakohtaan, vaan nostaa esille ne tärkeimmät, jotka aiheuttavat suuren riskin virheen syntyyn ja korjata ne.

5.3 PFMEA kovahammastus

Kovahammastuksella tarkoitetaan lämpökäsittelyvaiheen jälkeistä viimeistelyhammastusta. Kovahammastuksen FMEA:n tekoon lähestymistavaksi valittiin bottom-up. Vikaantumistapojen havainnointi pyrittiin viemään mahdollisimman yksityiskohtaiselle tasolle. Prosessin tarkkailun perustana oli jakaa prosessin kaikki eri työvaiheet aina kappaleen saapumisesta sen lähtemiseen ja löytää kaikki mahdolliset vikamuodot

jokaisesta työvaiheesta. Kovahammastuksen kaikki työvaiheet ja vikaantumismahdollisuudet lueteltiin taulukkoon. Yksityiskohtaiselle tasolle viety tarkastelu oli helppo toteuttaa järjestelmällisesti ja kaikki vikaantumismahdollisuudet saatiin taulukoitua.

Riskien arviointi tapahtui ryhmätyönä, johon osallistui opinnäytetyöntekijän lisäksi kaksi koneistajaa, tuotantoinsinööri sekä linjapäällikkö. Ryhmässä arvioitiin vakavuudet, esiintyvyydet sekä havaittavuudet riskeille. Eri vikaantumisvaihtoehdot listattiin yhteistyössä koneen käyttäjien kanssa heidän vankan tietotaitonsa vuoksi. Riskeille, jotka haluttiin poistaa tai joiden RPN-lukua haluttiin saada pienemmäksi, suunniteltiin jatkotoimenpiteitä, jotka toteuttamalla riskiin saadaan haluttu muutos aikaiseksi.

Erilaisia vikaantumismahdollisuuksia kovahammastusvaiheelle löydettiin noin 50 kappaletta, joista noin puoleen kehitettiin suositeltavia jatkotoimenpiteitä.

5.4 Havaintoja työn tekemisestä

Mielestäni FMEA-tekniikka toi hyvin esiin eri vikaantumismahdollisuuksia, sekä helpoilla toimenpiteillä riskejä saatiin hallittua tai jopa estettyä. Oikein tehtynä FMEA on tehokas työkalu, jolla saadaan huomattavia tuloksia aikaiseksi. Työvaiheen järjestelmällinen läpikäynti vaihe vaiheelta toi hyvin esiin riskejä, jotka karkeammassa tarkastelussa olisi todennäköisesti jäänyt huomaamatta. Työn edetessä itselleni tuli jopa hienoisena yllätyksenä, kuinka paljon eri virhemahdollisuuksia työvaiheesta löytyy, kun se käydään tarkasti läpi. Uskoisinkin, että jo pelkästään riskien tiedostaminen edesauttaa työturvallisuutta, sekä vastuullisuutta työn tekemisessä.

FMEA:n hyödyntäminen vaatii sinnikästä työtä sekä kykyä erottaa olennainen vähemmän tärkeästä. Yksi tekniikan suuri haittapuoli onkin se, että vakavuudeltaan suurelle riskille voi tulla pieni RPN-luku esiintyvyyden ja löydettävyyden kerrannaisena tai toisinpäin, vakavuudeltaan pienen virheen RPN-luku saattaa nousta korkeaksi. Koska FMEA ei ole täysin yksiselitteinen ja sen tulokset riippuvat tekijästä. On hyvä muistaa käyttää maalaisjärkeä tulkittaessa taulukkoa ja RPN-lukuja. Mielestäni ei-todellisten riskien huomioiminen pitäisi jättää vähemmälle sekä nostaa niitä riskejä selkeästi

esille, joita kannattaa huomioida. Riskejä ei myöskään pidä lähteä viemään liian pitkälle vaan suhteellisuudentaju pitää pystyä säilyttämään. Vikaantumismahdollisuuksia ei pidä myöskään vähätellä, vaan suhtautua niihin avoimesti ja tuoda kaikki virheet taulukkoon, vaikka ne omasta mielestään olisivatkin vähäisiä.

Mielestäni FMEA:n tekeminen sekä jo tehtyjen analyysien ylläpito vaatii yhden vastuuhenkilön, jonka tiedot analyysin toteuttamisesta ovat ajan tasalla ja joka vastaa, että analyysi tehdään oikein, sekä delegoi tarvittavien jatkotoimenpiteiden vastuuhenkilöt. Työn kannalta on tärkeää, että työhön osallistuva ryhmä on asiaan sitoutunut, sekä heidän tietotaitonsa analyysin kohteesta on riittävää. FMEA-tekniikka on aikaa vievää työtä. Ensimmäisen analyysin jälkeen työ hieman nopeutuu, koska voi käyttää valmista pohjaa. Tekniikan hyödyntäminen vaatii kurinalaisuutta sekä pitkäjänteisyyttä, jotta suositeltuja toimenpiteitä tulee toteutettua. Analyysit tulisi suorittaa siten, että työnteko ei kärsi siitä, mutta kuitenkin siten, että sen toteutus ei jää puolitiehen.

Työssä tekemieni havaintojen perusteella analyysin onnistuneeseen toteuttamiseen vaaditaan ainakin seuraavia asioita. Kuten kaikissa projekteissa, myös FMEA:n toteuttamisessa on hyvä olla projektinvetäjä, tai projektipäällikkö, joka vastaa analyysin aloittamisesta, kirjanpidosta, kerää tarvittavan ryhmän kasaan sekä analyysin edetessä delegoi tarvittavat asiat eteenpäin vastuuhenkilöille. Vaikkakin onnistuneen analyysin tekoon tarvitaan monihenkkinen ryhmä vastaamaan eri asioista, niin silti mielestäni vastuu analyysin onnistumisesta on projektin vetäjällä. Projekti ei lopu siihen, kun FMEA-lomake on kertaalleen täytetty, vaan projektin vetäjän vastuulle jää myös tulevaisuudessa analyysin päivittäminen ajan tasalle, kun muutoksen tarpeita ilmenee. Projektin vetäjän lisäksi tarvitaan asiantuntijoita eri ryhmistä riskien keräämisen näkökulman laajentamiseksi. Mielestäni projektiin on hyvä osallistua tekijöitä niin toimihenkilö- sekä työntekijäpuolelta. Tuotannon työntekijät ovat päivittäin tekemisissä analyysin kohteen kanssa ja heidän tietotaitonsa ansiosta mahdolliset vikaantumismahdollisuudet saadaan kartoitettua laajemmin, kuin siten, että analyysin tekoon osallistuisi pelkästään toimihenkilöitä. Tämä myös sitouttaa tuotannon työntekijät paremmin laatutyöhön mukaan. FMEA:n RPN-lukujen arviointi on hyvä suorittaa ryhmällä, jossa on henkilöitä työntekijä- että toimihenkilöpuolelta. Analyysin tekeminen on aikaa vievää työtä, joten palaverit on mielestäni hyvä pitää lyhyinä ja niitä on hyvä olla

usein, jotta palaverit pysyisivät asiassa ja osallistujien keskittymiskyky säilyisi. Pelisäännöt palaverien kestoista ja muihin siihen liittyvistä asioista on hyvä sopia jo etukäteen, jotta palaverit eivät turhaan veny liian pitkiksi. Jotta analyysistä saa tarvittavan hyödyn, ei vastuuhenkilöiden nimeämisestä sekä päivämääristä kannata tinkiä. Jatko-toimenpiteiden jälkeinen RPN-lukujen uudelleenarviointi on myös hyvä ottaa vakavasti, jotta nähdään myös paperilla, onko parannusta tullut.

6 POHDINTA

Nykyisen heikon taloustilanteen sekä kiristyvän kilpailun aikana on laatua pidettävä tärkeänä tekijänä, pysyäkseen varteenotettavana kilpailijana. Ennakoivaan laatutyöhön panostaminen auttaa pienentämään poikkeamien määrää, jos virheet saadaan esitettyä ennen kuin ne ehtivät tapahtumaan. FMEA on tehokas ennakoiva laatutyökalu, joka oikein toteutettuna auttaa ennaltaehkäisemään virheiden syntymistä. Laatu poikkeamien vähentämiseksi ja rahan säästämiseksi on tärkeää panostaa ennakoivaan laatutyöhön, jotta mahdolliset virheet saataisiin minimoitua ennen kuin virhe pääsee syntymään. Jos virheisiin reagoidaan vasta, kun se on päässyt tapahtumaan, niin silloin on jo päässyt syntymään kustannuksia virheellisestä tuotteesta tai rikkoutuneesta työkalusta. Pahimmassa tapauksessa virheen syntyminen voi johtaa työntekijän loukkaantumiseen, joten ennakoivaan laatutyöhön panostaminen parantaa myös työturvallisuutta huomattavasti.

Mielestäni yrityksessä kannattaisi jatkossa panostaa enenevässä määrin ennakoivaan laatutyöhön reagoivan laatutyön sijasta. Ennakoivaan laatutyöhön panostaminen vaatii toki enemmän miestyötunteja sekä vaivannäköä kuin reagoiva laatutyö, mutta sen hyödyt ovat myös suuremmat. FMEA:n mieltäminen hyödylliseksi työkaluksi, etenkin ylemmällä tasolla, on välttämätön asia analyysin onnistuneessa toteuttamisessa.

LÄHTEET

Andersson, P. & Tikka, H. 1997. Mittaus- ja laatutekniikat. Helsinki: WSOY. Viitattu 16.6.2014.

Ata Gears Oy. 2014. Yritysesittely. Viitattu 4.2.2015.

Dyadem Engineer Corporation. 2003. Guidelines for Failure Mode and Effects Analysis, For Automotive, Aerospace and General Manufacturing Industries. Kanada: Dyadem Press. Viitattu 15.8.2014

Karjalaisen www-sivut. Viitattu 26.6.2014. <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/kalenteri/asiakaslahtoeinen-tuotteen-ja-palvelun-kehitys-qfd>

Karjalainen, Tanja & Karjalainen, Eero 2002. Six Sigma, Uuden sukupolven johtamis- ja laatumenetelmä. Hollola. Viitattu 18.9.2014.

Korhonen, A. 1987. ATA-puolivuosisataa voimansiirtoa. Tampere: Karisto.

Lillrank, P. 1990. Laatumaa: Johdatus Japanin talouselämään laatujohtamisen näkökulmasta. Helsinki: Gaudeamus. Viitattu 15.6.2014.

Lillrank, P. 1998. Laatuajattelu. Helsinki: Otava. Viitattu 15.6.2014.

Lipponen, T. 1993. Laatujohtaminen: laatujohtamistyökalujen valinta ja soveltaminen. Kuopio: Financier. Viitattu 2.6.2014.

Nurmi, L. 2012. Tuotekehitysprosessi. Luento Satakunnan ammattikorkeakoulun tekniikan toimialan luennolla. Viitattu 15.9.2014.

Oulun kaupungin www-sivut. Viitattu 26.6.2014. <http://www.oulu.fi/w5w/benchmarking/>

Ramentorin www-sivut. Viitattu 14.8.2014. <http://ramentor-com-bin.al-done.fi/@Bin/b08f7ca69b3b9a62df7275fa344edefb/1407995191/application/pdf/1583477/ELMAS%20%20-%20FMEA.pdf>

Ramentorin www-sivut. Viitattu 14.8.2014. <http://www.ramentor.com/etusivu/teoria/fmea/>

Salmela, T. 2014. Laadun tarkastuslista FMEA-tekniikan avulla. AMK-opinnäytetyö. Lapin ammattikorkeakoulu. Viitattu 13.6.2014. <http://www.theseus.fi/handle/10024/75249>

Six sigman www-sivut. Viitattu 12.8.2014. <http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/laatu-puhuttaa-suomessa/>

SFS 5438. Järjestelmän luotettavuuden analysointimenetelmät. Vika- ja vaikutusanalyysi (VVA). 1988. Suomen standardisoimisliitto SFS. Viitattu 13.9.2014.

Tikkala, T. 2010 Tilastollisen prosessinohjauksen aloitus ekstruusiolinjalla. AMK-opinnäytetyö. Hämeen ammattikorkeakoulu. Viitattu 16.6.2014.

http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/14974/Tikkala_Timo.pdf?sequence=1

Wikipedian www-sivut. Viitattu 26.6.2014. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Benchmarking>

Yang, K & El-Haik, B. 2009. Design for six sigma: A roadmap for product development, second edition. New York, San Francisco, Lisbon, London, Madrid, Mexico City, Milan, New Delhi, San Juan, Seoul, Singapore, Sydney, Toronto: The McGraw-Hill. Viitattu 15.8.2014.

LIITTEET

- Liite 1. FMEA pohja
- Liite 2. PFMEA DMG DMU 270 P kovahammastus (Salainen)
- Liite 3. DFMEA suunnittelu (Salainen)

