

Antti Yliselä

**MUUNTAJISSA ESIINTYVIEN LAATUPOIKKEAMIEN ANALY-
SOINTI**

Öljyvuotoanalyysi 4Q-prosessin mukaisesti

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Teknologiaosaamisen johtaminen YAMK
Toukokuu 2016**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Yksikkö Kokkola	Aika Toukokuu 2016	Tekijä/tekijät Antti Yliselä
Koulutusohjelma Teknologiaosaamisen johtaminen YAMK		
Työn nimi MUUNTAJISSA ESIINTYVIEN LAATUPOIKKEAMIEN ANALYSOINTI. Öljyvuotoanalyysi 4Q-prosessin mukaisesti		
Työn ohjaaja Marko Forsell		Sivumäärä 52+ 2
Työelämäohjaaja Kari Salo		
<p>Tämä tutkimustyö on tehty Asea Brown Boverin Vaasan muuntajatehtaalle. Tutkimustyön aiheena oli tutkia ja analysoida vuosina 2014 ja 2015 ilmenneet öljyvuodot Vaasassa valmistetuista muuntajista. Tämän työn tavoitteisiin kuuluu myös antaa parannusehdotukset öljyvuotojen ehkäisemiseksi.</p> <p>Työn suoritus aloitettiin tutustumalla Asea Brown Boveriin ja muuntajan rakenteeseen. Muuntajan rakenteeseen tutustumisen jälkeen aloitettiin varsinainen tutkimustyö. Tutkimustyö aloitettiin tutustumalla Asea Brown Boverin globaaliin asiakasreklamaatio kantaan, jonne kaikki vuoto-ongelmat on raportoitu.</p> <p>Tutkimustyön aikana tutustuttiin eri tutkimusmenetelmiin, kuten kvantitatiiviseen-, kvalitatiiviseen- ja tapaustutkimukseen. Näiden menetelmien avulla varsinainen tutkimustyö toteutettiin. Tutkimuksen tukena käytettiin erityisesti laadun tutkimukseen tarkoitettuja laatutyökaluja ja laadunparannusmenetelmiä.</p> <p>Tutkimustyön aikana tutustuttiin laatuun ja sen merkitykseen asiakkaalle. Laadulle on olemassa useita eri määritelmiä, eikä yhtä oikeaa ole olemassakaan. Laadun teoriaan tutustuttiin tunnettujen laatujohtajien Juranin, Demingin ja Harringtonin laatuoppien mukaan. Laadun tutkimuksen helpottamiseksi on myös olemassa erilaisia laatutyökaluja, jotka ovat Lean- menetelmä, Six Sigman DMAIC- prosessi, Demingin- ympyrä erityisesti laatujohtamiskäytössä ja ABB:n oma 4Q-prosessi, jonka avulla varsinainen tutkimustyö toteutettiin.</p> <p>Työn lopputuloksena saatiin erillinen 4Q-raportti, jossa on tutkittu ja analysoitu kaikki vuototapaukset. Vuodoille etsittiin kaikki mahdolliset juurisyyt ja annettiin parannusehdotukset vuotojen eliminoinniseksi. Lopulta parannusehdotuksia tuli yhteensä seitsemän kappaletta, joidenka toteuttamisella voidaan saavuttaa noin 250 000 euron säästöt vuodessa. Parannusehdotukset koskevat tuotteen rakennetta, virheellisiä ohjeita ja vääränlaisia komponentteja. Osa parannusehdotuksista vaatii vielä kokeellisia jatkotutkimuksia vahvistamaan teoriapohjaa, joidenka avulla saadaan paras mahdollinen loppuratkaisu. Parannusehdotukset on esitelty yrityksen johdolle, jonka vastuulla on näiden toimeenpano.</p>		
Asiasanat 4Q, ABB, analyysi, asiakasreklamaatio, johtaminen, laatu, Lean, muuntaja, Six Sigma, tutkimus		

ABSTRACT

CENTRIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES Kokkola	Date May 2016	Author Antti Yliselä
Degree programme Master`s Degree for Technology Competence Management		
Name of thesis QUALITY DEVIATION ANALYSIS FOR TRANSFORMERS. Oil leakage analysis according to the 4Q process		
Instructor Marko Forsell	Pages 52 + 2	
Supervisor Kari Salo		
<p>This thesis was commissioned by Asea Brown Bover Vaasa's transformer factory. The purpose of the thesis was to research and analyze all oil leaks which were noticed during years 2014 and 2015 with transformers which were manufactured in Vaasa. This research gave proposals how to eliminate all oil leaks.</p> <p>In the beginning of this thesis ABB company and transformers structures were studied. Then the Actual research work started work. The research started by familiarization of Asea Brown Bovers' own customer complaint resolution process database where all customer complaints caused by leaks are reported.</p> <p>During the research different kind of research methods like quantitative, qualitative and case research. These methods were used during the research. Particularly tools for quality research and methods for better quality were used.</p> <p>During the research we orientated to quality and its importance to the customers. There are several different definitions for quality but no single solution exists. This research were studied according famous quality managers Juran, Deming and Harrington's quality studies. There are many different kind of quality tools for quality research. These are the Lean method, Six Sigma's DMAIC process and Deming circle which is mostly used with quality management. ABB has its own quality tool 4Q for quality research and the research of this thesis work was conducted according to it.</p> <p>The outcome of this research was the 4Q report where all oil leaks were investigated and analyzed. All possible root causes for leaks were analyzed and proposals were given how these can be eliminated with a separate 4Q report. There are total of seven different kinds of proposal how to eliminate leaks. These proposals has for potential savings of 250 000 Euros per year. The proposals include changes for structures and changes for wrong kind of instructions and components. Some of the proposals need new experimental tests to strengthen the theory. According to the test results the best solution will be implemented for structures. All proposals are have been presented to managers and they are responsible for the implementation.</p>		
Key words 4Q, ABB, analysis, customer complaint, Lean, management, quality, research, Six Sigma, transformer		

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

ABB	Asea Brown Boveri
CCRP	Customer Complaint Resolution Process
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve, Control
DOE	Design Of Experiments
MVA	Megavoltiampeeri
OFAF	Oil Forced Air Forced
OFAT	One Factory At Time
ONAF	Oil Natural Air Forced
ONAN	Oil Natural Air Natural
PDCA	Plan, Do, Control, Act
SPC	Statistical Process Control

**TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS**

1 JOHDANTO	1
2 ABB	3
2.1 ABB:n historia ja suomalaiset juuret	3
2.2 ABB Suomessa	3
2.3 ABB:n Vaasan muuntajatehdas.....	4
3 MUUNTAJA	5
3.1 Aktiiviosa	7
3.1.1 Sydän	7
3.1.2 Käämit	8
3.1.3 Sisäiset kytkennät.....	8
3.2 Eristysneste	9
3.3 Säiliö	9
3.4 Kansi.....	11
3.5 Paisuntasäiliö	12
3.6 Muuntajan kuljetus.....	13
4 LAATU.....	14
4.1 Laatuteoriat	15
4.1.1 Lean	15
4.1.2 Six Sigma.....	17
4.2 Laatujohtaminen	18
4.2.1 Tulosjohtaminen.....	20
4.2.2 Kampanjointi.....	20
4.2.3 Palkitseminen.....	20
4.3 Laadun mittaaminen.....	21
4.4 Laatu ja kannattavuus.....	21
4.5 Laatukustannukset.....	22
5 TUTKIMUSMENETELMÄT	24
5.1 Kvantitatiivinen tutkimus	26
5.2 Kvalitatiivinen tutkimus	26
5.3 Tapaustutkimus.....	27
5.4 Tutkimusprosessin vaiheet	27
6 LAATUTYÖKALUT.....	30
6.1 Pareto	30
6.2 DOE	32
6.3 Aivoriihi	32
7 ASIAKASREKLAMAATIO.....	33
7.1 Virheen seuraamukset	33
7.2 Takuu	34

7.3 Asiakasreklamaatioprosessi ABB:llä	34
8 REKLAMAATIOIDEN KÄSITTELY ABB:LLÄ	35
8.1 Q1-Mittaa	36
8.2 Q2-Analysoi	36
8.3 Q3-Kehitä.....	37
8.4 Q4-Vakiinnuta	37
9 VUOTOANALYYSI.....	38
9.1 Lähtötietojen keruu	38
9.2 Q1-Mittaaminen	39
9.3 Q2-Analysointi.....	39
9.4 Q3-Kehitys	40
9.5 Q4-Toimenpiteet.....	42
10 KUSTANNUSANALYYSI.....	43
11 TULOKSET.....	45
12 JATKOTUTKIMUKSET.....	47
13 YHTEENVETO	49
LÄHTEET.....	51
LIITTEET	
LIITE 1. 4Q-raportti	
LIITE 2. Tutkimuslomake	
KUVIOT	
KUVIO 1. Demingin ympyrä.....	19
KUVIO 2. Tutkimusten jaottelu.....	24
KUVIO 3. Kvantitatiivisen ja kvalitatiivisen tutkimuksen oleelliset erot.....	26
KUVIO 4. Pareto- analyysi.....	31
KUVIO 5. 4Q- prosessi.....	35
KUVIO 6. Vuotojen jakauma pääryhmittäin.....	39
KUVAT	
KUVA 1. Vesijäähdytteinen muuntaja.....	6
KUVA 2. Muuntajan sydän ilman yläiestä.....	7
KUVA 3. Aktiiviosa.....	8

KUVA 4. 3D-malli muuntajasta, jossa on luonnollinen jäähdytys.....	10
KUVA 5. Muuntajan kansi kalustettuna.....	11
KUVA 6. Muuntajan paisuntasäiliö.....	12
KUVA 7. Muuntajan 3D-mallit valmiista ja kuljetusvalmiudessa olevasta muuntajasta. Muuntajasta on poistettu läpiviennit, jäähdyttimet ja paisuntasäiliö.....	13
KUVA 8. Tyssähitsattava vaarnaruuvi.....	47

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Taulukko erilaisista laatutyökaluista ja niiden eroista samassa käyttötarkoituksessa.....	36
---	----

1 JOHDANTO

Tämä tutkimustyö on tehty ABB:n Vaasan muuntajatehtaalle. Työ on osa isompaa laatuhanke, joka on nimetty tehtaan sisällä SAMMOKSI. SAMPO-projektin tarkoituksena on parantaa tehtaan toiminnan ja tuotteiden laatua. Yhdeksi isoksi laatua heikentäväksi ongelmaksi on todettu muuntajien vuoto-ongelmat, josta valikoitui tämän työn aihe.

Tämän työn tarkoituksena on tutkia kahden viimeisen vuoden aikana ilmenneet vuoto-ongelmat, analysoida ne ja antaa parannusehdotukset vuoto-ongelmien eliminoinniseksi. Tutkimustyössä on käytetty kvantitatiivisia ja kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä Heikkilän oppien mukaan. Lisäksi kaikki vuodot tutkittiin tapaustutkimuksen mukaisesti ja apuna käytettiin useita eri laatutyökaluja. Tutkimusdatan aikaansaamiseksi on käytetty pohjana asiakasreklamaatioita ja After Sales- osaston henkilöiden haastatteluja. Asiakasreklamaatioista saadut tulokset on kerätty kootusti taulukkoon, jossa niille on tehty tarkempi analyysi ja jaoteltu ongelmien mukaan pienempiin ryhmiin tarkempaa juurisyyanalyysia varten.

Työn alussa tutustutaan ABB:n yhtiöön maailmanlaajuisesti ja Suomessa olevaan toimintaan. Tämän jälkeen käydään tarkemmin läpi muuntajan rakenne, käyttötarkoitus ja muuntajalle asetetut vaatimukset. Muuntajan rakenteessa on eritelty muuntajaan kuuluvat pääkomponentit yleisesti ja niiden tarkoitus muuntajan toiminnan kannalta. Samassa luvussa on kerrottu myös erilaisia muuntajien käyttötarkoituksia ja olosuhteita, joissa muuntajia tarvitaan.

Muuntajan rakenteeseen tutustumisen jälkeen käydään tarkemmin läpi laatua, erilaisia laatu-teorioita ja menetelmiä, muuntajan laadun merkitystä asiakkaalle, asiakkaan oikeuksia reklamaatioon ja takuun merkitystä. Tässä työssä laatua ja sen merkitystä tarkastellaan useista eri näkökulmista. Työssä on perehdytty useisiin tunnettujen laatujohtajien, kuten Juranin, Demingin ja Harringtonin laatu kirjallisuuksiin. Työssä käsitellään laaduttomuutta ja sen vaikutusta asiakkaalle. Laaduttomuuskustannuksien ehkäisemisestä ja erilaisista lähestymistavoista laatu kustannuksiin.

Laadun parantamisessa johdon sitoutumisella on yllättävän suuri vaikutus tuotteen laatuun ja asiakkaalle annettuun laatuvaikutelmaan. Tämän vuoksi tässä työssä käsitellään myös johdon merkitystä hyvän tuotelaadun takaamiseksi. Johdon vaikutus tuotteen lopulliseen laatuun on jopa 80 prosenttia. Hyvän laatuvaikutelman avulla asiakkaan on helppo ostaa myös jatkossa saman toimittajan tuotteita.

Tietojen keruu aloitettiin esitutkimuksen avulla, missä selvitettiin, minkälaisia asioita pitää ottaa huomioon kerätessä analysoitavaa aineistoa yhteen, mitkä ovat mahdollisia tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa muuntajan vuotamiseen. Esitutkimuksen jälkeen aloitettiin varsinainen aineiston kerääminen, jossa käytettiin apuna erilaisia laadunkehittämiseen tarkoitettuja työkaluja, kuten Lean, Six Sigma, DMAIC ja 4Q- analyysiä. Lopulta aineisto kerättiin taulukkoon analysoinnin helpottamiseksi, minkä jälkeen aloitettiin tarkempi juurisyyanalyysi.

Analyysi, tulokset ja parannusehdotukset on esitetty erillisessä liitteenä olevassa 4Q- raportissa, joka on tarkoitettu vain ABB:n sisäiseen käyttöön. Raportti on toteutettu englannin kielellä ja se on tarkoitettu ABB:n globaaliin käyttöön. Raportti on ladattu ABB:n globaaliin 4Q-kantaan, jossa se on käytössä ABB:n sisällä maailmanlaajuisesti. Analyysissa on käytetty apuna useita eri laatutyökaluja, kuten Paretoa, kalanruotoanalyysia ja 5 x Miksi. Työn lopussa on annettu ehdotus jatkotutkimuksesta, jossa tulisi hyödyntää DOE- menetelmäkoetta. Tässä menetelmäkokeessa tutkittavat asiat on eritelty erillisessä 4Q- raportissa, jossa on myös eritelty tarkemmin tutkimuksen tarpeellisuus.

Tämän työn tuloksena saatiin aikaiseksi laaja 4Q-raportti muuntajan öljyvuodoista. Raportissa on analysoitu kaikki vuosien 2014 ja 2015 aikana havaitut vuodot, jotka on raportoitu asiakasreklamaatiokantaan. Työssä tehtiin kaikille vuodoille perusteellinen juurisyyanalyysi sekä kustannusanalyysi, missä on laskettu kaikille vuodoille korjauskustannukset. Parannusehdotukset perusteluineen on annettu raportin Q3-vaiheessa. Parannusehdotuksia tuli lopulta seitsemän pääkohtaa, joidenka toteuttamisella voidaan saavuttaa noin 250 000€ vuotuiset säästöt.

2 ABB

ABB on ruotsalais-sveitsiläinen sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymä, jonka pääkonttori sijaitsee Sveitsin Zürichissä. Konserni on perustettu vuonna 1988, kun ruotsalainen Asea ja sveitsiläinen Brown Bover yhdistyivät. ABB:n liikevaihto vuonna 2015 oli 42 miljardia USD. ABB työllistää noin 135 000 henkilöä, joista noin 5500 henkilöä työskentelee Suomessa. ABB:n liiketoiminta on jaettu neljään eri divisioonaan, jotka ovat Electrification Products, Discrete Automation and Motion, Process Automation ja Power Grid. Muuntajat kuuluvat Power Grid divisioonaan. (ABB 2016d.)

2.1 ABB:n historia ja suomalaiset juuret

ABB syntyi, kun ruotsalainen Asea OY ja sveitsiläinen Brown, Bover & Cie fuusioituivat vuonna 1988. ABB:n toimintaan on vaikuttanut myös suomalaiset juuret, kun Asea Ab osti Kymi-Strömberg Oy:n sähköteknisen osan vuonna 1987. (ABB 2016b.)

Oy Strömberg Ab on perustettu Suomessa vuonna 1889. Yrityksen perusti suomalainen Gottfrid Strömberg. Aluksi liiketoiminta perustui tasavirtakoneisiin, asuin- ja liikekiinteistöjen valaistuskokuksiin ja niiden asennuksiin. (ABB 2016b.)

2.2 ABB Suomessa

Suomessa ABB:llä on kaksi päätehdaskeskittymää Helsingin Pitäjänmäellä ja Vaasan Strömberg Parkissa. Lisäksi kaksi pienempää tehdasta sijaitsevat Porvoossa ja Haminassa, jotka tukevat Helsingin yksiköitä. Suomen ABB:llä valmistetaan useita erilaisia sähköteknologian tuotteita, kuten muuntajia, moottoreita, Azipod-propulsioilaitteita, sähköasemia ja taajuusmuuttajia. Suomen ABB:llä on myös useilla eri paikkakunnilla pienempiä huoltoyksiköitä, jotka toimivat kuluttajien lähellä. (ABB 2016a.)

Suomen ABB:llä työskentelee noin 5500 henkilöä, joista Helsingissä noin 2300 ja Vaasassa 2200 henkilöä. Suomen ABB:n liikevaihto oli vuonna 2015 2,2 miljardia euroa. Suomen ABB:llä panostetaan vahvasti myös tutkimukseen ja kehitykseen. Vuonna 2015 tutkimukseen panostettiin 138 miljoonaa euroa. (ABB 2016a.)

2.3 ABB:n Vaasan muuntajatehdas

ABB:llä valmistetaan erilaisia muuntajia ympäri maailmaa yli 50:ssä eri maassa. ABB on maailman suurin ja tunnetuin muuntajien valmistaja. ABB:n sisällä muuntajien valmistaminen on jaoteltu eri tuotesegmentteihin, joista yksi on erikoismuuntajatehdas. Yksi ABB:n seitsemästä erikoismuuntajatehtaasta sijaitsee Suomessa, Vaasassa. Vaasan tehdas on valikoitu valmistamaan pienempiä erikoismuuntajia nimellisteholtaan 63 MVA:iin asti.

Muuntajien valmistus alkoi Suomessa vuonna 1949 Helsingissä. Liiketoiminta siirrettiin kuitenkin Vaasaan vuonna 1955, minkä jälkeen muuntajien valmistus on jatkunut vain Vaasassa. Nykyään Vaasassa valmistetaan vain asiakkaan tarpeiden mukaan valmistettuja erikoismuuntajia. Jokainen Vaasassa valmistettu muuntaja on räätälöity yksilöidysti asiakkaan tarpeiden mukaisesti. Usein asiakas tarvitsee useampia samanlaisia muuntajia, jolloin valmistettavien muuntajien sarjakoko on keskimäärin 1,5 muuntajaa. Kaikki muuntajat valmistetaan tilauksesta ja keskimääräinen toimitusaika on noin kymmenen kuukautta. Erikoismuuntajat toimitetaan teknisesti ja ympäristöllisesti erittäin haastaviin olosuhteisiin, kuten öljy- ja kaasukentille, teollisuustehtaisiin, kaivoksiin ja merenpohjaan jopa kolmen kilometrin syvyyteen. (ABB 2016a.)

3 MUUNTAJA

Muuntaja on yli sata vuotta vanha keksintö. Sen rakenne on pysynyt lähes samanlaisena koko ajan. Rakenne koostuu magneettisesti johtavasta sydäimestä ja sähköisesti johtavista käämeistä. Muuntajan tärkein tehtävä on muuntaa jännitettä. Että käämit ja sydän saadaan toimimaan halutulla tavalla, nämä vaativat ympärilleen erilaisia rakenteita ja komponentteja, jotka on eritelty tarkemmin myöhemmin tässä luvussa. (Muuntajatekniikan perusteet 2016, 4.)

Sähköverkossa muuntajia käytetään taloudellisista syistä sähkön siirrossa. Sähkön siirrossa tapahtuu häviöitä, jotka ovat verrannollisia virran neliöön ja johdolla siirrettävä teho puolestaan verrannollinen virtaan ja jännitteeseen. Näin ollen on taloudellisempaa siirtää pitkät etäisyydet isoilla jännitteillä ja tiputtaa jännitteen taso lähempänä kuluttajaa oikealle tasolle. Jännitetason muuntamiseen tarvitaan aina muuntaja. Esimerkiksi Suomessa sähköverkot on jaoteltu siirto- ja jakeluverkkoihin. Siirtoverkon jännitteet ovat vakioitu 400, 220 ja 110kV. Jakeluverkkoihin kuuluvat keski- ja pienjänniteverkot. Suomessa käytettävä yleisin keskijännite on 20 kV, pienjänniteverkon jännite 400 V ja tavallisille kuluttajille tutuin 230V:n jännite. (Muuntajatekniikan perusteet 2016, 4.)

Muuntajia tarvitaan myös erilaisiin teollisuussovelluksiin, esimerkiksi öljy- ja kaasukentille. Tällaiset muuntajat valmistetaan asiakkaan vaatimuksien mukaan ja nämä eivät välttämättä noudata yleisiä standardeja, vaan voivat olla hyvinkin yksilöllisiä. Lisäksi on sovelluksia, joissa pitää muuttaa jännitteen sijasta virtaa, esimerkiksi teräksen valmistuksessa käytettäville uuneille. Tällaisia muuntajia kutsutaan uunimuuntajiksi. (Muuntajatekniikan perusteet 2016, 5.)

Muuntajien myyntihinnat vaihtelevat niiden tehon ja niihin asennettavien varusteiden mukaan. Pienimpien muuntajien hinnat alkavat noin 10 000 eurosta ja kalleimmat erikoissovelluksiin tarkoitettut muuntajat maksavat yli miljoona euroa. Suurin osa muuntajan hinnasta muodostuu raaka-aineista, kuten sydämeen käytettävästä erikoisteräslevystä ja käämien kuparijohtimista. "Kuvassa 1 on näytetty kuva valmiista vesijäähdytteisestä muuntajasta, jonka ulkomitat ovat: korkeus 3,5 metriä, leveys 1,8 metriä, pituus 3 metriä ja paino 18 000 kilogrammaa."



KUVA 1. Vesijäähdytteinen muuntaja

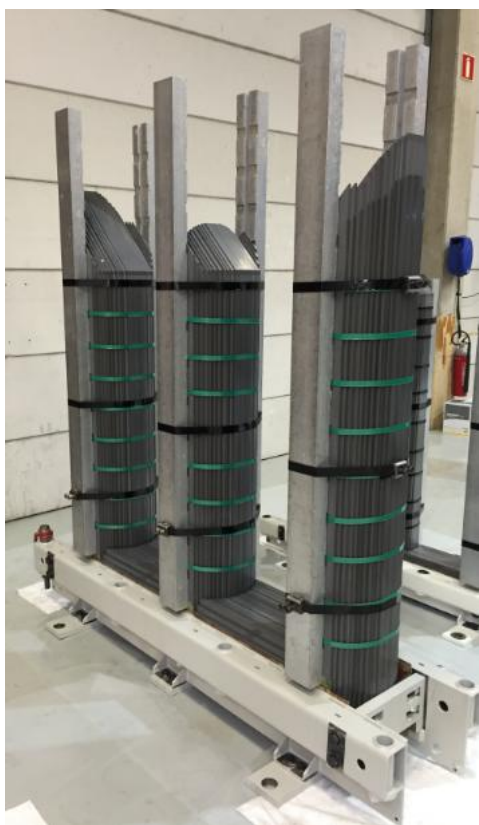
Muuntajan ulkomitat vaihtelevat huomattavasti muuntajan tehosta riippuen. Pienimmät muuntajat, joita Vaasan ABB:llä valmistetaan, painavat vain noin 400 kilogrammaa ja ovat äärimitoiltaan noin 1x1x1 metriä. Vastaavasti suurimmat muuntajat painavat 160 tonnia ja ovat äärimitoiltaan 4 metriä leveitä, 8 metriä pitkiä ja 6 metriä korkeita. Painavin yksittäinen osa on aktiiviosa, joka on muuntajasäiliön sisällä. (Muuntajatekniikan perusteet 2016, 5.)

3.1 Aktiiviosa

Muuntajan aktiiviosa koostuu rautasydämeistä ja vähintään kahdesta erilaisesta käämistä. Muuntajassa on aina yläjännite, joka on muuntajan suurin jännite. Alajännite on vastaavasti muuntajan pienin jännite. Yläjännitteen muuntaminen halutunlaiseksi alajännitteeksi tapahtuu muuntajan sydämen ja käämien avulla. (Muuntajatekniikan perusteet 2016, 7.)

3.1.1 Sydän

Sydämen tehtävänä on ohjata magneettivuo kulkemaan haluttujen käämityksien läpi. Sydän valmistetaan raudasta, ja se koostuu pystyssä olevista pylväistä, joita kolmivaihemuuntajassa on kolme ja yksivaihemuuntajassa kaksi kappaletta. Nämä pylväät yhdistetään ylä- ja alapäästä ikeillä. Sydämen koko riippuu muuntajan tehosta. Käämit asennetaan pylväiden ympärille. (Muuntajatekniikan perusteet. 14-16.) "Kuvassa 2 on näytetty muuntajan sydän ladottuna ilman yläiestä. Sydämen pylväisiin on kiinnitetty väliaikaiset tuet ennen käämien laskua." Käämit asennetaan pylväiden ympärille, jonka jälkeen yläies ladotaan paikoilleen. Ikeet ja pylväät valmistetaan 0,2 mm paksuisista levyistä, jotka ladotaan päällekkäin.



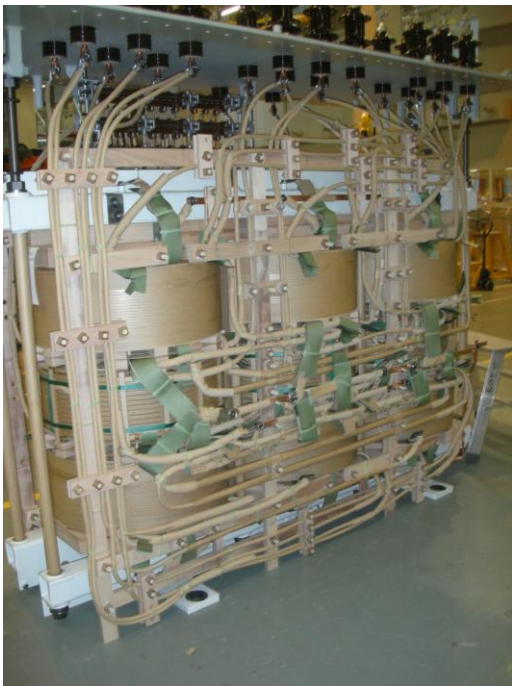
KUVA 2. Muuntajan sydän ilman yläiestä

3.1.2 Käämit

Muuntajassa on vähintään kaksi käämiä, ylä- ja alajännitekäämi. Erikoismuuntajissa voi olla useita alajännitekäämejä. Käämit ovat muodoltaan pyöreitä ja ne sijoitetaan sydämen pylväiden ympärille. Käämien rakenne ja koko riippuvat muuntajan jännitteestä. Käämien kierroslukua muuttamalla voidaan säätää muuntajan tehoa. Jännitteen kasvaessa käämien koko ja eristyksien määrä lisääntyy. Käämit valmistetaan lieriöiden päälle ja johdin aineena on puhdas kupari tai sähköalumiini. Raaka-aineen valintaan vaikuttavat asiakkaan toivomukset, raaka-aineiden hinnat sekä asiakkaan häviöarvostus. Alumiinin hinta on huomattavasti kuparia pienempi, joten sitä pyritään käyttämään mahdollisimman usein. (Muuntajatekniikan perusteet 2016, 17.)

3.1.3 Sisäiset kytkennät

Muuntajan sisällä eri käämit ja kannella olevat läpiviennit pitää kytkeä toisiinsa muuntajan sisällä olevilla kytkentäjohtimilla. Kytchentäyyppejä on useita erilaisia ja ne toteutetaan tietyn kytkentäryhmän mukaisesti. Johtimien koko ja johtimien väliset etäisyydet riippuvat muuntajan tehosta ja ne pitää aina suunnitella yksilöidysti eri muuntajiin. (Muuntajatekniikan perusteet 2016, 11.) "Kuvassa 3 on näytetty muuntajan aktiiviosa, missä käämit on asennettu sydämen ympärille ja ne on kytketty läpivienteihin kytkentäjohtimilla."



KUVA 3. Aktiiviosa

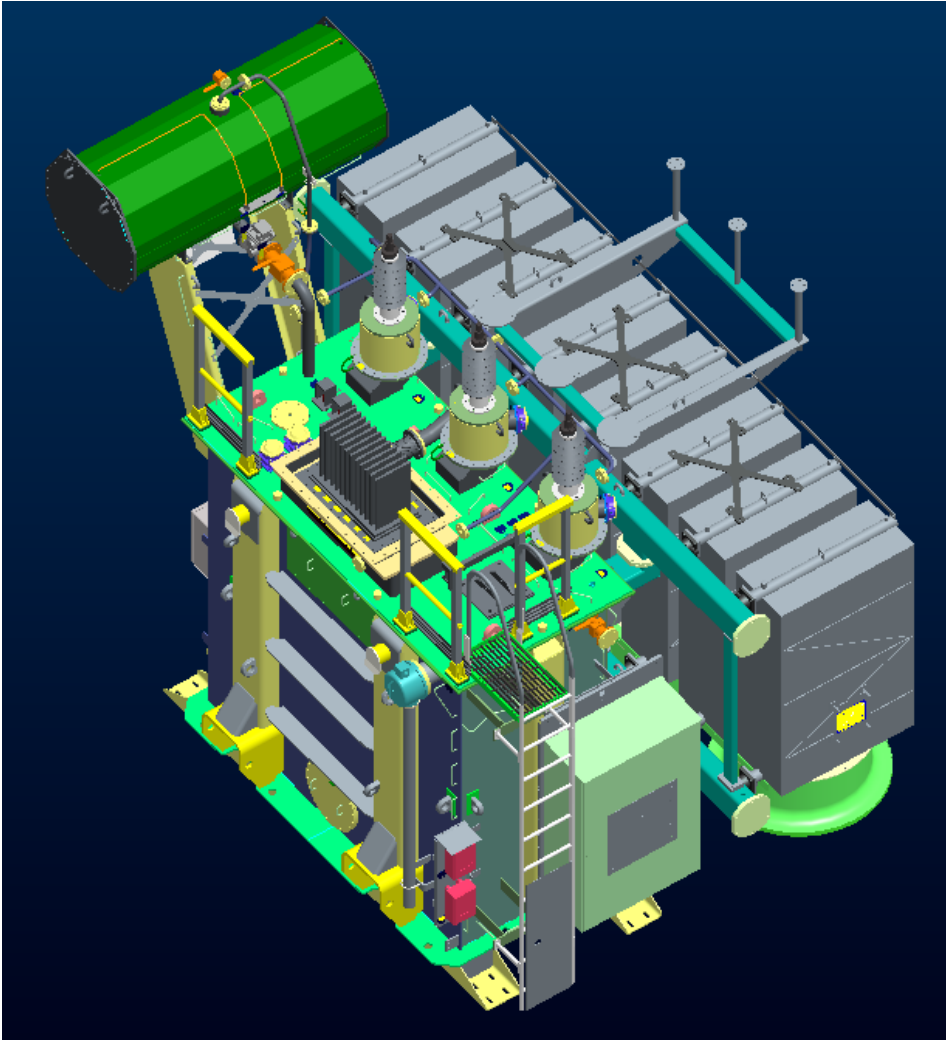
3.2 Eristysneste

Muuntajan ollessa käytössä käämeissä syntyy lämpöhäviöitä, jotka on poistettava muuntajasta eristeaineen ja jäähdyttimien avulla. Eristeaineena toimii mineraaliöljy tai synteettinen eristysneste. Nämä eristeaineet on valmistettu juuri muuntajakäyttöä varten. Eristysnesteestä käytetään tässä työssä jatkossa nimitystä öljy. Öljy jäähdytetään erillisillä jäähdyttimillä, joiden avulla muuntajan lämpötila saadaan pidettyä halutulla tasolla. Jäähdytyksen tehokkuus riippuu muuntajasta ja sen asennuspaikalla ympäröivästä lämpötilasta. Öljy toimii myös eristeaineena muuntajan sisällä, jolloin jännite-etäisyydet johtimien välillä voivat olla huomattavasti pienemmät kuin muuntajan ulkopuolella ilmassa. Eristeaineen avulla muuntaja voidaan tehdä pienempään kokoon jännite-etäisyyksien pienemmän välin vuoksi. Öljyllä on erittäin tärkeä merkitys öljyeristeisen muuntajan toiminnan kannalta. Muuntajasäiliön tulee olla aina täynnä öljyä, ettei johtimien eristeaineisiin pääse muodostumaan kosteutta, joka heikentää eristeitä ja mahdollisesti aiheuttavat vaurion muuntajaan. (Muuntajatekniikan perusteet 2016, 21.)

3.3 Säiliö

Muuntajan säiliön tehtävänä on toimia muuntajan runkona, öljysäiliönä ja jäähdyttimenä. Säiliön on oltava öljytiivis ja sille asetetaan myös muita vaatimuksia, kuten ympäristörasitusten aiheuttamat tekijät, muuntajan siirtelyyn liittyvät lujuusasiat, apulaitteiden asennukset ja asiakkaan muut spesifioidut vaatimukset. Säiliö valmistetaan teräksestä ja se hitsataan kasaan neljästä seinäelementistä, pohjalevyistä ja kaulavanteesta, jossa on kiinnitysvalmius kannelle. (Muuntajatekniikan perusteet 2016, 25-26.)

Säiliöt suunnitellaan aina räätälöidysti asiakkaan tarpeiden mukaan. Säiliön koot vaihtelevat aktiiviosan, käämien, kytkentöjen ja jännitteiden mukaan. Säiliön suunnittelussa pyritään optimoimaan säiliön koko mahdollisimman tarkasti, niin että se on kustannustehokas valmistaa, eikä siellä ole ylimääräistä öljytilaa. Optimoinnin ansioista säiliön rakenteeseen ei tarvitse niin paljon raaka-ainetta ja näin kustannuksia saadaan pienennettyä. Säiliössä on myös useita eri venttiileitä eri käyttötarkoituksiin. Kaikissa säiliöissä on tyhjennys- ja täyttöventtiilit sekä öljyn näytteenottoventtiilit ylä- ja alaöljylle. Lisäksi säiliössä on kytkentä- ja tarkastusluukkuja, joista voidaan tarkastaa aktiiviosa aktiiviosan säiliöinnin jälkeen. (Muuntajatekniikan perusteet 2016, 25-26.) "KUVASSA 4 on näytetty 3D-malli valmiista muuntajasta, joka on suunniteltu räätälöidysti asiakkaan tarpeiden mukaisesti."



KUVA 4. 3D-malli muuntajasta, jossa on luonnollinen jäähdytys

Säiliöihin on saatavilla erilaisia jäähdytysmenetelmiä. Yleisin on luonnollinen jäähdytys, jossa säiliöön kiinnitetään erilliset radiaattorit, jotka jäähdyttävät muuntajan sisällä olevan öljyn luonnolliseen kiertoon avulla. Luonnollisella kierrolla tarkoitetaan kiertoa, missä lämmin öljy nousee luonnollisesti säiliön yläosaan, josta se menee ulkopuoliseen radiaattoriin. Radiaattorissa on useita jäähdytyslementtejä, joissa öljy jäähtyy ja valuu radiaattoria pitkin alaspäin. Radiaattorin alapäässä on yhteys säiliöön, josta jäähtynyt öljy pääsee takaisin muuntajasäiliöön. Jos tällä tavoin ei saada kuitenkaan tarvittavaa jäähdytystä aikaiseksi, radiaattoreiden sivulle tai alapuolelle on mahdollista lisätä tuulettimet, jotka lisäävät ilmavirtaa radiaattoreiden ympärillä ja näin öljy jäähtyy tehokkaammin. Asiakkaan halutessa muuntajan jäähdyttäminen on toteutettavissa myös erilaisilla vesijäähdyttimillä, joissa pumppujen avulla säiliössä oleva öljy kierrätetään vesijäähdyttimen lävitse. Tällaiset ratkaisut ovat hyvin yleisiä teollisuudessa käytettävissä muuntajissa, joissa ei ole mahdollista käyttää luonnollista jäähdytystä tai se ei ole riittävä. Esimerkiksi lautoille asennettavissa muuntajissa käytetään usein vesijäähdyttimiä, joissa öljyn

jäähdyttäminen tapahtuu kylmän veden avulla pakotetusti. Tällaisessa vesijäähdyttimessä öljy jäähdytetään veden avulla, mutta nämä ovat kuitenkin eri säiliöissä, etteivät nämä pääse sekoittumaan keskenään. (Muuntajatekniikan perusteet 2016, 25-26.)

3.4 Kansi

Säiliö suljetaan tiiviiksi kannella, joka voidaan kiinnittää pultaamalla tai hitsaamalla kaulavanteeseen. Aktiiviosa on yleensä kiinnitetty kanteen, jolloin aktiiviosan säiliöinti tapahtuu samalla, kun kansi laitetaan paikoilleen. Pultattu kansi on yleisesti suositumpi sen helppouden ansiosta. Kannelle asennetaan yleensä läpiviennit, jotka toimivat asiakkaalle liityntäpisteinä. Läpiviennit toimivat asiakasrajapintana, joihin asiakas voi liittyä kaapeleilla tai kiskoilla. Läpiviennit toimivat eristeinä muuntajan käämeiltä tulevien kytkentäjohtimien ja maapotentiaalissa olevan muuntajan kannen välillä. (Muuntajatekniikan perusteet 2016, 28.) "Kuvassa 5 on näytetty muuntajan kansi ylhäältä päin. Kanteen on kiinnitetty läpiviennit ja muut lisävarusteet."



KUVA 5. Muuntajan kansi kalustettuna

Kannelle asennetaan erilaisia suoja- ja mittalaitteita, esimerkiksi öljyn- ja kääminlämpötilankuvaajia, valvomaan ja suojaamaan muuntajaa. Mittalaitteiden avulla muuntajan kuntoa voidaan tarkastella käytön aikana. Tämän avulla saadaan selville muuntajassa ilmeneviä ongelmia, joidenkorjaamisella käyttöikä voidaan pidentää.

3.5 Paisuntasäiliö

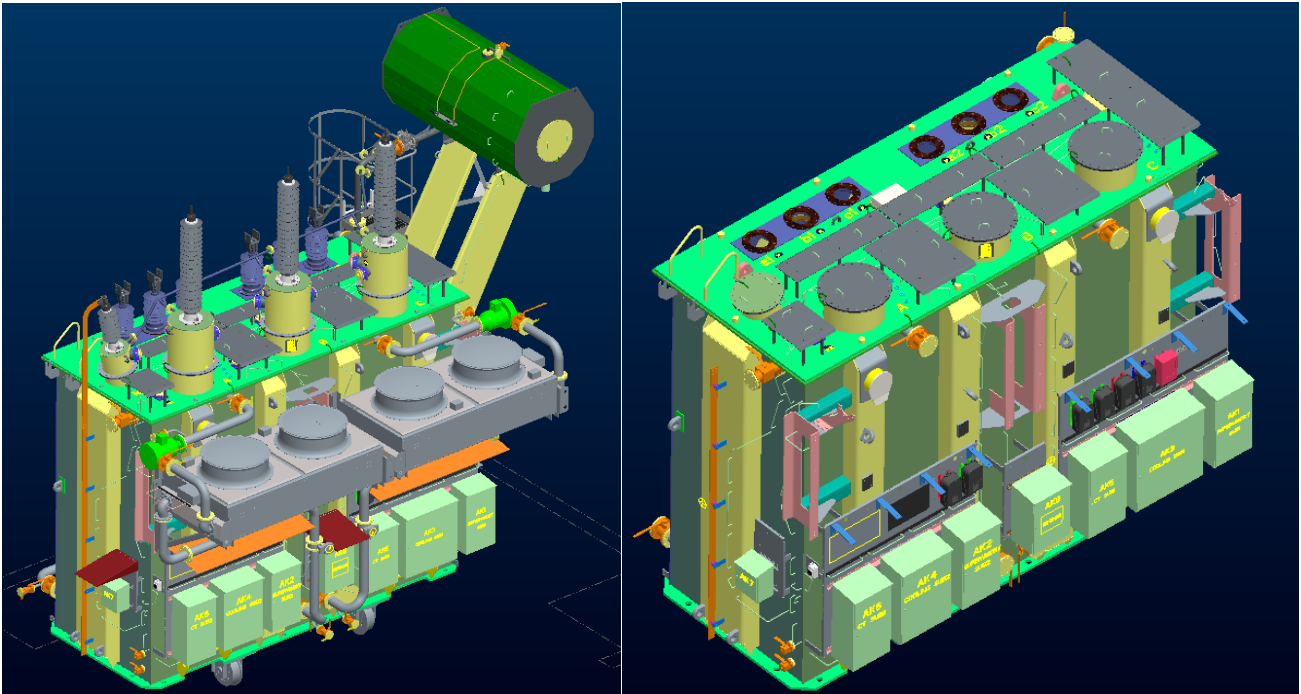
Kaikissa jäähdyttimillä varustetuissa muuntajissa on paisuntasäiliö. Paisuntasäiliön tehtävänä on toimia öljyn paisuntatilana. Paisuntatilaa tarvitaan öljyn lämpölaajenemisesta johtuvasta tilavuuden muutoksesta. Tilavuuden muutoksesta johtuva öljyn pinnan korkeuden vaihtelu tapahtuu paisuntasäiliössä ja näin varmistetaan, että säiliö on aina täynnä öljyä. Joskus paisuntasäiliöt on varustettu erillisellä kumipussilla, joka eläytyy öljynkorkeuden mukaan. Kumipussi täyttyy ilmalla, jos öljyn pinta laskee ja vastaavasti tyhjenee, jos öljynpinta nousee. Tämän avulla pystytään pitämään kosteus poissa öljystä ja näin öljyn eristävyys pysyy parempana ja muuntaja pysyy toimintakuntoisena pidempään. (Muuntajatekniikan perusteet 2016, 26.) "Kuvassa 6 on näytetty öljyn paisuntasäiliö, joka asennetaan muuntaajaan käyttöönoton yhteydessä."



KUVA 6. Muuntajan paisuntasäiliö

3.6 Muuntajan kuljetus

Muuntaja on usein niin iso komponentti, ettei sen kuljettaminen ole mahdollista kokonaisena. Muuntajasta pitää usein purkaa uloimpia osia, jotka ovat esimerkiksi jäähdyttimet, läpiviennit ja paisuntasäiliö. Näiden irrottamisella muuntaja saadaan toimitettua pienemmässä koossa, jolloin kuljetuskustannukset ovat pienemmät. Lisäksi pois otetut rakenteet eivät välttämättä kestä kuljetuksesta aiheutuvia rasituksia. Puretut osat toimitetaan erillisissä pakkauksissa muuntajan yhteydessä. Muuntajan asennuksesta sovitaan erikseen kaupan yhteydessä. Tilauksessa voidaan tilata muuntajalle kuljetus, asennus ja käyttökoulutus. Asiakkaan on myös mahdollista ostaa pelkkä muuntaja ja hoitaa kuljetus sekä asennus itse. "KUVASSA 7 on näytetty saman muuntajan 3D-mallit valmiina ja kuljetusvalmiudessa olevasta muuntajasta."



KUVA 7. Muuntajan 3D-mallit valmiista ja kuljetusvalmiudessa olevasta muuntajasta. Muuntajasta on poistettu läpiviennit, jäähdyttimet ja paisuntasäiliö

4 LAATU

Laadun määritelmälle on olemassa useita eri määritelmiä, eikä yhtä oikeaa ole olemassakaan. Juranin mukaan laatu voidaan määritellä kahdella eri tavalla. Ensimmäisellä määritelmällä laadulla tarkoitetaan tarkasteltavan tuotteen jatkuvaa kykyä tyydyttää asiakkaiden ja muiden sidosryhmien tarpeet. Hyvällä laadulla tavoitellaan tuloja yritykselle jatkotilauksien myötä. Hyvälaatuisella tuotteella on tarkoitus saada asiakas tyytyväiseksi ja tätä kautta lisää tuloja. Hyvälaatuisen tuotteen valmistuskustannukset ovat kuitenkin usein korkeammat, mikä johtaa myös myyntihinnan nousuun.

(Juran & Godfrey 1999, 9.)

Juranin toisen määritelmään mukaan laadulla saavutetaan vapaus tuotteen jälleenkorjaamisesta. Tuote on tehty kerralla oikein, jonka jälkeen tuotetta ei tarvitse korjata, eikä tarvitse ajatella jälkikustannuksia tuotteen korjaamisen. Tämän määritelmän tarkoituksena on ajatella kustannussäästöjä, jotka syntyvät, kun tuotetta ei tarvitse korjata. (Juran 1999, 10-11.)

Nämä Juranin kaksi eri lähestymistapaa laatuun ovat mielestäni erittäin hyviä, koska laatua lähestytään kahdesta eri suunnasta. Näistä kahdesta määritelmästä voidaan päätellä, että kun panostat alkupäässä säästät loppupäässä. Tämän työn suorituksen aikana on pidettävä mielessä nämä kaksi eri lähestymistapaa, koska työn aihe määräytyi juuri suurista laatukustannuksista tuotteen luovutuksen jälkeen. Ehkä olisi parempi panostaa tuotteen valmistuksen aikana enemmän, jolloin voitaisiin välttyä korjauskustannuksilta.

Laadulle ei ole olemassa yhtä oikeaa määritelmää, mutta yleisesti sillä tarkoitetaan jotakin hyvää. Laadun voidaan ajatella olevan myös vaatimusten mukaisuutta, jolloin tarkastellaan sitä, kuinka hyvin tuote vastaa sille annettuja vaatimuksia. Yleisesti laatu on siis sitä, mitä asiakas haluaa. Hyvälaatuinen tuote täyttää asiakkaan vaatimukset, odotukset, tottumukset ja tarpeet. (Pesonen 2007, 35-37.)

Laaduttomuudella tarkoitetaan laadun vastakohtaa ja usein negatiivista. Laaduttomuutta voi olla esimerkiksi vajavaiset toimitukset, vialliset tuotteet ja väärät toimitusajat. Ylilaatu lasketaan myös laaduttomuudeksi. Ylilaadulla tarkoitetaan sellaista, mitä asiakas ei ole pyytänyt, eikä ole valmis maksamaan siitä. Ylilaadulla tuotteelle ei tuoda lisäarvoa, mutta valmistuskustannukset kasvavat. (Pesonen 2007, 37-38.)

Laadun ympärille liittyy myös muutakin kuin pelkkä toimitettava tuote. Laadulla kuvataan koko tuotteen toimitusprosessia ja tuotteen luovutuksen jälkeen tapahtuvien ongelmien ratkaisemista. Useissa laatua käsittelevissä kirjoissa puhutaan vain tuotteesta, mutta mielestäni nykyään on erittäin tärkeää myös palvelun laatu. Suurin osa tässä työssä käytetystä kirjallisuudesta on kirjoitettu vuoden 1990 aikoihin, jolloin on panostettu paljon tuotteen laatuun. Mielestäni uusissa julkaisuissa tulisi painottaa myös palvelun laatua ja sen tärkeyttä. Asiakkaan saamaan laatuvaikutelmaan pystytään vaikuttamaan hyvinkin paljon, vaikka myydyn tuotteen kanssa olisikin ongelmia käytön aikana. Se, kuinka asiakkaan antamaan palautteeseen reagoidaan ja kuinka mahdolliset puutteet hoidetaan kuntoon, vaikuttaa paljon asiakkaan tuleviin hankintapäätöksiin ja siihen, minkälainen vaikutelma hänelle jää toimittajasta.

Hyvän laatupolitiikan aikaansaamiseksi tarvitaan hyvä järjestelmä, jossa työntekijät toimivat. Johto pystyy vaikuttamaan laatupolitiikan syntyyn useilla eri menetelmillä, joita on esitelty seuraavissa luvuissa. Hyvän laadun aikaansaaminen on erittäin vaikeaa ilman kunnollista järjestelmää. Laatu kuuluu kaikille, mutta hyvän laatuksittuurin aikaansaaminen on täysin johdon vastuulla.

4.1 Laatuteoriat

Laatuajattelu on suurimmaksi osaksi lähtöisin Japanista, jossa on luotu useita laadun parantamisteorioita erityisesti autoteollisuuteen. Monista näistä on tullut erittäin tunnettuja ja käytettyjä, joita käytetään nykyään lähes kaikissa teollisuusyrityksissä. Yksi yleisesti tunnettu esimerkki on Lean- ajattelutapa, jolla pyritään vähentämään hukkaa. Hukalla tarkoitetaan tuotteita, asioita ja tehtäviä, jotka eivät tuota lisäarvoa, mutta lisäävät kustannuksia. Toinen tunnettu laatuteoria on Six Sigma, mikä on myös lähtöisin Japanista Motorolan tehtaalta 1979-luvulta. Six Sigma perustuu tilastolliseen mittaamiseen prosessin suorituskyvystä. Näitä kahta käytetään hyvin paljon yhdessä, missä hukka pyritään poistamaan tilastollisten menetelmien avulla. Tätä kutsutaan Lean Six Sigmaksi. (Kato & Smalley 2011, 40; Pyzdek 2003, 3-5.)

4.1.1 Lean

Lean-menetelmän tarkoituksena on poistaa hukka. Tämä ajatus on lähtöisin Japanista Toyotan tehtaalta. Menetelmää kutsutaan Kaizen-menetelmäksi. 'Kaizen' sana tulee kahdesta japanilaisesta termistä

Kai, mikä tarkoittaa muutosta ja zen hyvää. Kaizen on halpa keino toiminnan parantamiseen hukkan poistamisella. Toyotan tehtaalla on panostettu erityisesti hukkan poistamiseen. Hukalla tarkoitetaan asioita, jotka eivät tuota lisäarvoa, mutta kasvattavat kustannuksia. Hukan tekeminen on tarpeetonta ja pahinta se on silloin, kun siihen on panostettu. Lean- ajattelutavassa on vakiintunut hyvin seitsemän hukkaa, jotka eivät tuota tuotteelle lisäarvoa. Tämä on yleisesti tunnettu "seven wastes".

1. Kuljetus: Tuotteiden, materiaalien ja osien kuljettamista tarvitaan. Jokainen kuljetus lisää kustannuksia ja kasvattaa riskiä tuotteiden vahingoittumiselle. Turhaa kuljettamista on kuitenkin pyrittävä välttämään mahdollisimman paljon, esimerkiksi tuotteiden siirtelyä varastosta toiseen tai varastosta työpisteelle.
2. Varastointi: Varastossa säilytettävät materiaalit, osat, tuotteet ja laitteet luokitellaan hukaksi. Varastointi ei tuo mitään lisäarvoa tuotteelle, mutta varastointikuluja kylläkin. Lean ajattelun mukaan varastointi ei ole järkevää, mutta käytännössä yrityksissä pitää kuitenkin olla pienet varastot.
3. Liike: Turhaa liikettä on pyrittävä välttämään. Esimerkiksi työpisteillä tarvittavat työkalut on oltava lähellä, jolloin aikaa ei kulu työkalujen hakemiseen.
4. Odottaminen: Odottaminen ei tuota minkäänlaista lisäarvoa tuotteelle. Työntekijän ja laitteiden odotusajat on pyrittävä minimoimaan mahdollisimman tehokkaasti. Odottamista voivat olla esimerkiksi nosturin, raaka-aineen tai kuljetuksen odottaminen.
5. Ylivalmistus: Ylivalmistus ei tuota lisäarvoa tuotteelle ja asiakas ei ole valmis maksamaan siitä. Ylivalmistuksella tuotetaan ylilaaatua, joka ylittää asiakkaan tarpeet.
6. Ylituotanto: Ylituotannolla tarkoitetaan tuotantoa, jossa tuotetaan enemmän kuin tarvitsee tai ennen kuin tarvitsee, jolloin syntyy turhaa varastointia. Ylituotantoa tarkastellessa on hyvä käyttää Six Sigman tilastollisia menetelmiä.
7. Virheet: Virheiden aiheuttamaa hukkaa syntyy, kun tuote ei vastaa sille asetettuja ominaisuuksia ja joudutaan tekemään korjauksia, valmistamaan uudelleen ja käsittelemään virheistä johduneita ongelmia. (Kato 2011, 40.)

Tämän työn suorituksen aikana näissä kiinnitetään eniten huomiota kohtiin 5 ja 7. On olemassa menetelmiä, jolla öljy saadaan pysymään muuntajan sisällä varmasti, mutta nämä tuovat lisäkustannuksia. Tarkoituksena olisi löytää halvin mahdollinen keino, mikä hoitaa tehtävänsä ja aiheuttaa mahdollisimman pienet kustannukset toimiakseen. Kohdassa 7 virheet, jotka aiheuttavat hukkaa, muodostivat tämän työn aiheen. Öljyvuoodoille tehdään perusteelliset juurisyyanalyysit, että nämä hukkaa aiheuttavat virheet saadaan eliminoitua pois. Näiden toimenpiteiden avulla tuotteesta tulee enemmän Lean-filosofian mukainen.

4.1.2 Six Sigma

Six Sigma menetelmä on kehitetty 1970 Motorolan laadunparannus hankkeen tuloksena. Six Sigman alkuperäinen tavoite on ollut toiminnan tehokkuuden parantaminen. Six Sigma tukee hyvin Lean ajattelua ja se toimii hyvänä työkaluna hukkan poistamiseen. (Pyzdek 2003, 3-5.)

Six Sigmaa pidetään yleisesti pelkkänä tilastollisena menetelmänä, mutta se muistuttaa kuitenkin enemmän prosessia, jolla pyritään tuottamaan lähes täydellisiä tuotteita. Sigma (σ) on kreikkalainen kirjain, jolla tarkoitetaan standardipoikkeamaa. Sigman avulla selvitetään mittaustuloksien vaihteluvuutta keskiarvoon nähden ja kuinka paljon vaihtelua esiintyy. (Pyzdek 2003, 3-5.) Kuuden Sigman avulla on tarkoitus tutkia vaihteluiden määrää, mutta tässä työssä tätä menetelmää ei ole käytetty, joten sen huomioiminen jää vähemmälle ja keskitytään enemmän Six Sigman DMAIC-prosessiin.

Six Sigman tunnetaan myös prosessina, jota kutsutaan DMAIC- prosessiksi. DMAIC nimi tulee sen vaiheista, jotka ovat englanniksi Define (määritä), Measure (mittaa), Analyze (analysoi), Improve (paranna) ja Control (ohjaa). Menetelmän on kehittänyt myös Six Sigman tilastolliseen menetelmään vaikuttanut Mikel J. Harry. DMAIC- prosessi koostuu viidestä eri vaiheesta ja se on luotu ratkaisemaan ongelmia. Prosessia voidaan käyttää valmiina saatavilla olevan aineiston käsittelyyn tai tutkimusaineisto pitää luoda ensimmäisessä vaiheessa. (Pyzdek 2003, 237-238.) "Taulukossa 1 DMAIC- prosessia on vertailtu muihin hyvin samanlaisiin ongelmanratkaisumenetelmiin, kuten yleisesti tunnettuihin 8Q- ja PDAC- prosesseihin." Samassa taulukossa on myös ABB:n oma ongelmanratkaisumenetelmä 4Q-analyysi. 4Q-analyysi muistuttaa hyvin paljon edellä mainittuja prosesseja, mutta se on luotu ABB:n omaan käyttöön. 4Q-prosessi on esitelty tarkemmin luvussa 8.

4.2 Laatujohtaminen

Johtajan pitää johtaa, eikä ainoastaan olla mukana. Johtaminen voidaan jakaa kahteen ryhmään: asioiden hoitamiseen tai henkilöiden johtamiseen. Johdon rooli riippuu hyvin paljon yrityksen koosta. Pienemmissä yrityksissä johdolla on enemmän tehtäviä myös asioiden hoidossa ja isoissa enemmänkin henkilöiden johtamisessa. Asiantuntijaorganisaatiossa johtaminen on enemmän osaamisen johtamista, missä pitää osata johtaa asiantuntijoiden osaamista. Johtajan rooli perustuu tahtoon. Johtajalla täytyy olla tahto tehdä jotakin ja tahto saada jotakin aikaiseksi. Hyvällä johtajalla tulee olla selkeä visio siitä, minkälainen organisaation halutaan tulevaisuudessa olevan. (Pesonen 2007, 57.)

Laatujohtamisen lähtökohtana toimii ensisijaisesti järjestelmä, jossa työntekijät toimivat. Näin ollen hyvä tai huono laatu aiheutuu järjestelmästä, eikä yksittäisistä työntekijöistä. Laatujohtaja Harringtonin mukaan kaikista virheistä noin 70 -85 prosenttia on sellaisia, joiden toistumisen voi ehkäistä ainoastaan yrityksen johto. (Harrington 1988.) Demingin mukaan vain kuusi prosenttia virheistä aiheutuu työntekijän virheestä. Muut virheet aiheutuvat ympäristön muutoksista, joihin hyväkään työntekijä ei pysty vastaamaan. Laatuksustannusten määrä asettuu jo laatusuunnitteluvaiheessa tietylle tasolle. Tällaisessa tilanteessa työntekijä pystyy ainoastaan estämään laatuksustannusten kasvun vielä suuremmaksi. (Juran 1991.)

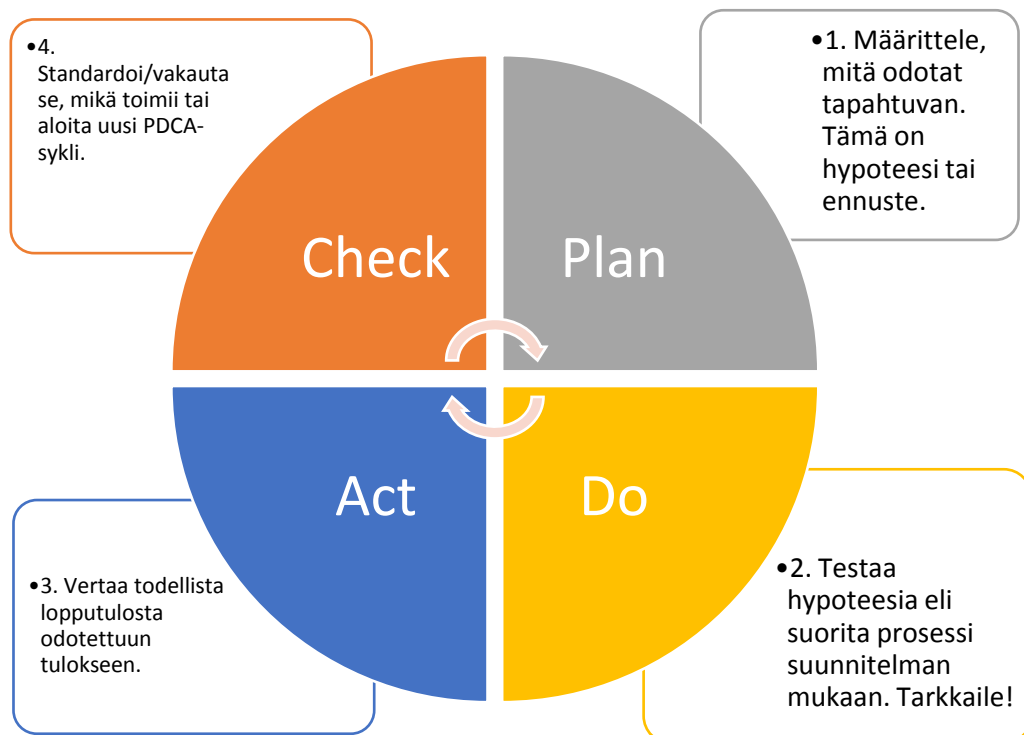
Harringtonin ja Pesosen näkemykset laatujohtamisesta ovat mielestäni hieman erilaiset. Harrington painottaa johtamisella enemmän järjestelmän luomista ja sitä, minkälaisessa ympäristössä toimitaan. Pesosen mukaan johtajan pitää ottaa johtajan rooli, mutta ei niinkään vaikuttaa järjestelmiin. Mielestäni Harringtonin ajatus on parempi, koska hyvä laatu lähtee siitä järjestelmästä, missä toimimme, eikä siitä, mitä johtaja sanoo.

Johdon merkitys on erittäin suuri hyvän laadun takaamiseksi. Yksittäiset työntekijät pystyvät vaikuttamaan tuotteen loppulaatuun vain rajallisesti, jolloin suurin vastuu siirtyy johdolle ja erityisesti laatujohtajalle. Hyvän johdon avulla työntekijälle annetaan resurssit, joita voivat olla esimerkiksi ohjeet, työkalut ja toimivat komponentit. Laatujohtamisen tulee olla jatkuvaa yrityksen sisällä, jolloin asioita parannetaan jatkuvasti ja kehitys jatkuu kehämäisesti. (Järvelin, Kvist, Kähäri & Räikkönen 1992, 116.)

Demingin ympyrä kuvaa hyvin jatkuvan kehittämisen vaihteita, jotka johdon pitää osata hallita. Demingin ympyrä on alunperin kehitetty 1930-luvulla Walter Shewartin toimesta, jonka jälkeen W. Ed-

wardes Deming jatkoi kehitystä. Demingin ympyrään kuuluvat neljä vaihetta ovat suunnittelu, toteutus, seuranta ja ohjaus. Demingin ympyrää kutsutaan myös PDAC- sykliksi. (Waltong & Deming 1987, 86.)

Demingin ympyrän tarkoituksena on antaa kehykset prosessien tai systeemien parantamiseen. Demingin ympyrän päätavoitteena on jatkuva kehittäminen, jolla ohjausarvoja muuttamalla toiminta paranee jatkuvasti. Kun kierros on tehty ensimmäisen kerran, tarkastellaan tuloksia ja aloitetaan kierros uudelleen uusien tavoittein. (Waltong 1987, 86.) Kuviossa 1 on esitelty Demingin ympyrä, jossa laatujohtamiseen liittyvät pääkohdat on esitetty kehämäisesti ja kerrottu niiden päätavoitteet.



KUVIO 1. Demingin ympyrä (Mukaillen Quality knowhow 2016)

Laatujohtajan on osattava motivoida koko yrityksen henkilökunta mukaan tuottamaan hyvää laatua. Hyvä laatu on sitä, että asiat tehdään kerralla oikein. Jos yrityksessä on havaittu laatuongelmia, on syytä tarttua juurisyiden korjaamiseen, eikä vain tarkastuskäytäntöjen lisäämiseen. Usein huono laatujohto lisää vain tarkastuksia asioiden korjaamiseksi, mutta todellisuudessa tällaiset tarkastukset lisäävät vain kustannuksia, eikä tuo mitään lisäarvoa tuotteelle, koska oletuksena on, että kun asia on kerran tehty se on aina kunnossa (Järvelin 1992, 116). Tämä ajatus on mielestäni erittäin hyvä, koska usein ongelmat pyritään ratkaisemaan vain helposti ja nopeasti, jolloin lopputulos on usein ylimääräiset tarkastukset. Huolellisen juurisyysanalyysin avulla ongelmalle voi löytyä yllättäviäkin juurisyitä, jotka poistamalla

voidaan luopua useista erilaisista tarkastuksista. Lisäksi jos tarkastuksien määrää lisätään jatkuvasti ne alkavat menettämään merkityksensä suuren määrän vuoksi.

4.2.1 Tulosjohtaminen

Tulosjohtaminen täydentää laatujohtamista erinomaisesti. Ainoa ero näillä on, että laatujohtamisessa tavoitteet liittyvät prosessiin ja tulosjohtamisessa prosessin tulokseen. Tulosjohtaminen korostaa jokaisen vastuuta omien tavoitteiden saavuttamisesta. Vastuun lisääminen näkyy aina myös vallan määrässä. Ongelmien välttämiseksi on erittäin tärkeää antaa työntekijän itse vaikuttaa tavoitteisiinsa, eikä vain antaa niitä ylempää. Epämotivoituneella työntekijällä on usein suuri vaikutus huonoon laatuun. (Järvelin 1992, 117.)

Tulosjohtamisessa on syytä painottaa pitkän aikavälin tavoitteita. Tämän vuoksi laatuhankeissa on erittäin tärkeää laadun seuranta, jolloin laatu jää pysyväksi, eikä vain laatuhankeksen aikaiseksi hetkitäiseksi tilaksi. Mahdolliset laadunparantamishankkeiden palkkiot on syytä maksaa vasta, kun ratkaisut on vakiintuneet, eikä siinä vaiheessa, kun ratkaisut ovat löytyneet. (Järvelin 1992, 117-118.)

4.2.2 Kampanjointi

Kampanjointi on oikein toteutettuna merkittävä osa henkilöstölle suunnattua viestintää. Kampanjoinnissa johdon merkitys on erittäin suuri. Johdon pitää itse uskoa tavoitteisiin ja sitoutua niiden toteuttamiseen yhdessä muun henkilöstön kanssa. Jos edes johto ei usko kampanjassa esitettyihin tavoitteisiin, on vaikea saada muitakaan uskomaan niihin. Näin ollen on turha jatkaa kampanjointia. (Järvelin 1992, 119.)

4.2.3 Palkitseminen

Henkilöstöä voidaan kannustaa parempaan laatuun erilaisilla palkitsemisjärjestelmillä. Palkitseminen voi perustua esimerkiksi esimiehen arvioihin tai mittaustuloksiin. Mittaustulokset voivat olla esimerkiksi asiakasreklamaatioiden määrät tai erilliset asiakastytyväisyyskyselyiden tulokset.

Palkitsemisen tulee olla työntekijää motivoiva ja antaa laatua parantava vaikutus lopputuotteelle. Väärälaiset palkitsemiset voivat johtaa myös negatiiviseen suuntaan tai puolueelliset palkkiot työilmapii-

rin huonontamiseen. Palkitsemisen ei aina tarvitse välttämättä olla rahaa, vaan se voi olla esimerkiksi pieniä tavarapalkintoja, jotka jäävät paremmin palkkionsaajien mieleen. (Järvelin 1992, 124.)

4.3 Laadun mittaaminen

SPC on yleisesti tunnettu laadun mittausmenetelmä. Tilastolliseen mittaamiseen on kehitetty useita laatu työkaluja, kuten Pareto, kalanruotoanalyysi, Shewhartin ohjauskaavio, Six Sigma, jne. DOE on myös yksi laadun tilastollisen tutkimuksen työkalu, mutta se ei toimi suoranaisesti prosesseihin, vaan vaatii erilliset tutkimukset. (Goble & Joann 1987, 154–164.)

Laadun mittaamisen aikana on tiedettävä, mitä halutaan mitata. Mitattavat asiat voivat olla laatuongelmien määrä, käytetty aika tai raha. Laadun parannushankkeissa on määritettävä haluttu päämäärää, johon pyritään pääsemään ja määrittää haluttu mittausparametri, minkä avulla mitataan.

Yksi hyvä tapa laadun mittaamiselle on reklamaatioiden ja palautteiden käsittely. Asiakasreklamaatio muodostaa ns. takaisinkytkennän tuotteen valmistajalle, mikä valmistajan pitää ottaa ongelman korjaamisen lisäksi myös mahdollisuutena parantaa tuotteen laatua jatkossa. Tällainen tieto on erittäin hyödyllistä yrityksen kehityksen kannalta, ja nämä kannattaa tilastoida tarkasti. Reklamaatioiden lukumäärät voidaan tilastoida, jolloin näiden tutkiminen on jatkossa helpompaa. Reklamaatioiden avulla saadut tilastot kannattaa käyttää hyödyksi, koska on myös olemassa laadunparannushankkeita, joissa joudutaan tekemään erillisiä kokeita saadakseen tilastot aikaiseksi. Ylimääräisistä kokeista syntyy aina ylimääräisiä kustannuksia. (Juran & Godfrey 1999, 107-108.)

4.4 Laatu ja kannattavuus

Laadulla on suuri vaikutus yrityksen kannattavuuteen. Yksittäisistä kannattavuuteen vaikuttavista tekijöistä merkittävimmäksi on nimetty tuotteiden suhteellinen laatu. Suhteellinen laatu voidaan määritellä yrityksen tuotteiden kykyä täyttää asiakkaiden tarpeet verrattuna samoilla markkinoilla toimivien kilpailijoiden tuotteiden kykyyn täyttää asiakkaiden tarpeet. Suhteellinen laatu on siis yrityksen tuotteiden ja palveluiden laatu verrattuna kilpailijoiden tuotteiden ja palveluiden laatuun. (Järvelin 1992, 9.)

Laadun ja kannattavuuden suhdetta voidaan selittää paremmalla asiakastyytyväisyydellä ja toiminnan laadun ansioista säästetyillä kustannuksilla. Toiminnon laatu on hyvä, jos tehdään oikeita asioita kerralla oikein. (Järvelin 1992, 10.)

Laadun kehittämisellä voidaan saavuttaa useita etuja asiakkaan silmissä. Asiakkaat ovat usein valmiita maksamaan korkeampaa hintaa laadukkaammista tuotteista. Laadulla voidaan parantaa kannattavuutta vaikka tuotteen hintaa ei nostettaisikaan, koska usein laadukkaan tuotteen markkinaosuus kasvaa, mikä kasvattaa myyntituloja. (Järvelin 1992, 9-11.)

4.5 Laatukustannukset

Laatukustannukset ovat kustannuksia, jotka syntyvät pääasiallisesti virheiden estämisestä, tekemisestä, etsimisestä ja korjaamisesta. Laatukustannukset syntyvät, jos yrityksen toiminnassa on virheitä eli kaikkia asioita ei tehdä kerralla oikein. Laatukustannuksiksi voidaan laskea myös ylilaatu eli tehdään ylimääräistä työtä saavuttaakseen saman lopputuloksen. Ylilaatu ei tuota myöskään asiakkaalle lisäarvoa. (Harrington 1988, 4-5.)

Laatukustannukset keskittyvät jalostamattomiin kustannuksiin, jotka syntyvät tavoitellun laatutason saavuttamiseksi, huonosta laadusta aiheutuneisiin kustannuksiin ja jatkuvaan laadun kehittämiseen. Laadun vaikutus yrityksen tulokseen on erittäin suuri. Laaduttomuuskustannukset ovat suoraan pois yrityksen tuloksesta. Laatukustannuksien pienentämiseen panostamisella saavutetaan usein noin kaksinkertainen hyöty tulokseen, joten laadun kehittämiseen kannattaa panostaa. (Laatukustannukset eli laatuun ja laaduttomuuteen liittyvät kustannukset 2016.)

Laatukustannukset ovat hyvä keino näyttää yrityksen johdolle, kuinka tärkeää laadun kehittäminen on. Useissa yrityksissä johto ymmärtää asiat vasta, kun ongelmat on muutettu euroiksi. Euro on hyvä apuväline mietittäessä uusia kehityshankkeita ja sitä, missä järjestyksessä nämä tehdään. Kustannuslaskennan avulla saadaan johdon luottamus uusille laatuhankeille, joilla on tarkoitus kehittää toiminnan laatua ja samalla yrityksen tulosta. (Harrington 1988, 7.)

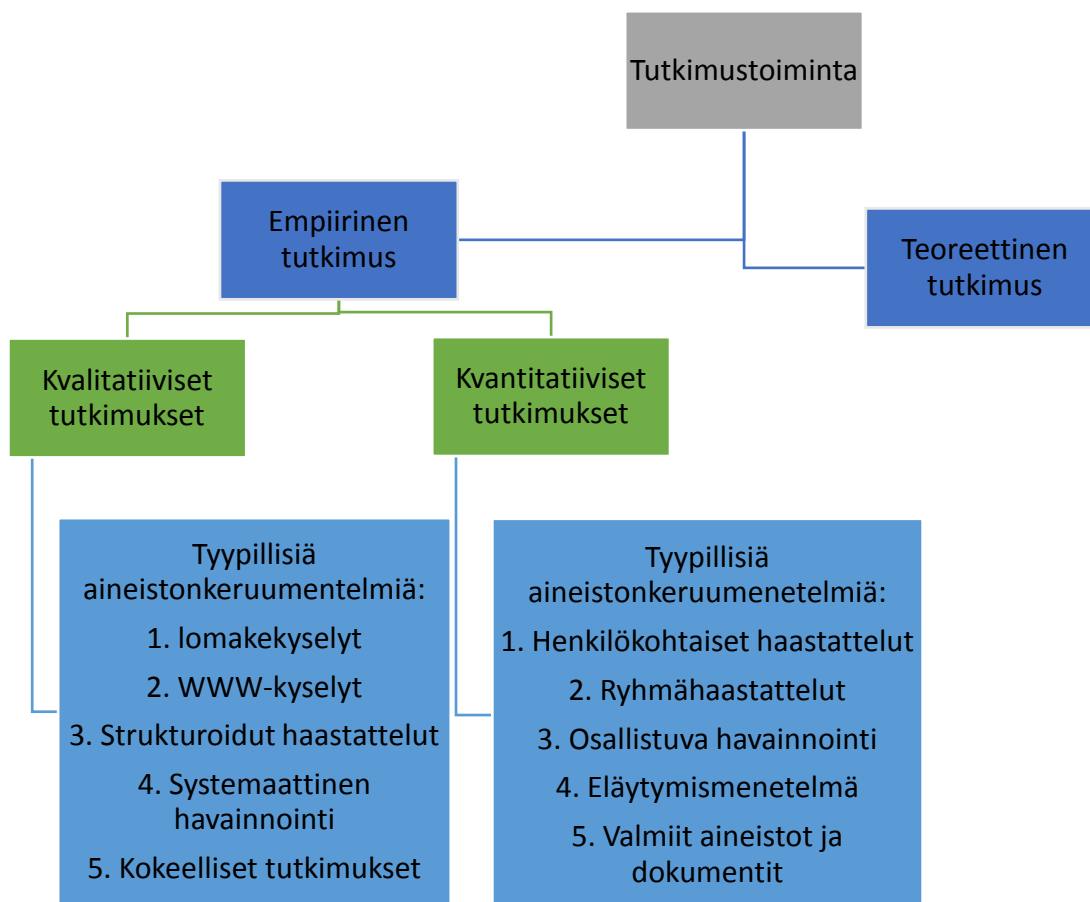
ISO 9000-standardissa laatukustannukset jaetaan kahteen pääluokkaan: operatiivisiin laatukustannuksiin ja ulkoisiin laadunvarmistuskustannuksiin. Ulkoisilla laadunvarmistuskustannuksilla tarkoitetaan kustannuksia, jotka liittyvät erilaisiin asiakkaan vaatimiin ohjeisiin, todistuksiin ja toimenpiteisiin.

Operatiiviset laatukustannukset muodostavat suurimman osan kaikista laatukustannuksista. Operatiivisia laatukustannuksia ovat esimerkiksi tarkastustoiminnat, virheet, uusintatyö ja ulkoiset virhekustannukset, jotka huomataan vasta kun asiakas on jo vastaanottanut tuotteen. Ulkoisia virhekustannuksia ovat esimerkiksi takuut, alennukset, tuotevastuukorvaukset, maineen heikentyminen ja menetetty myynti. (Järvelin 1992, 61-63.)

5 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tutkimuksen yleisenä tarkoituksena on etsiä tietoa. Yleisesti termillä "tutkimus" tarkoitetaan järjestelmällistä menetelmää. Kotharin mukaan tutkimukset voidaan jaotella tieteelliseen ja systemaattiseen tutkimukseen. Redman ja Mory ovat määritelleet tutkimuksen: "systematized effort to gain new knowledge". Tutkimuksen päätarkoituksena on saada sellaista tietoa, mitä ei ole vielä olemassa. (Kothari 2004, 1.)

Tieteellinen tutkimus on ongelmanratkaisua, jonka avulla pyritään selvittämään tutkimuskohteen lainalaisuuksia ja toimintaperiaatteita. Tutkimus aloitetaan usein tutkimusongelmasta, jossa on todettu ongelma, jota halutaan tutkia. Tutkimustyyppinä on kahdenlaisia: teoreettisia kirjoituspöytä tutkimuksia, joissa käytetään valmiina olevaa tietomateriaalia tai empiiristä eli havainnoivaa tutkimusta. Empiirinen tutkimus perustuu teoreettisen tutkimuksen perusteella kehitettyihin menetelmiin. Tutkimuksen avulla voidaan tutkia, toteutuuko teoria käytännössä tai löytyykö parempia ratkaisuja asioiden toteutukseen. (Heikkilä 2001, 13.)



KUVIO 2. Tutkimusten jaottelu (Mukaihen Heikkilä 2001, 13)

Empiirinen tutkimus voidaan jakaa kahteen pääryhmään: kvantitatiivisiin ja kvalitatiivisiin tutkimuksiin. Kvantitatiivisissa tutkimuksissa tyypillisiä aineistonkeruumenetelmiä ovat lomakekyselyt, WWW-kyselyt, strukturoidut haastattelut, systemaattiset havainnoinnit ja kokeelliset tutkimukset. Kvalitatiivisissa tutkimuksissa tyypillisiä aineistonkeruumenetelmiä ovat henkilökohtaiset haastattelut, ryhmähaastattelut, osallistuva havainnointi, eläytymismenetelmät ja valmiit aineistot sekä dokumentit. (Heikkilä 2001, 13.)

Tutkimusongelman tyyppi määrittää usein tutkimusmenetelmän. Tutkimuksessa voidaan käyttää useita eri menetelmiä saadakseen parhaimman mahdollisen tutkimustuloksen. Tutkimuksen perusjoukko on tutkimuksen kohteena oleva joukko, josta tieto halutaan. Tutkimus voi olla joko osatutkimus eli otanta-tutkimus tai kokonaistutkimus, jolloin koko tieto halutaan tutkia. Empiiristä tutkimusta varten hankittuja käsittelemättömiä tietoja kutsutaan havaintoaineistoksi eli tutkimusaineistoksi. Aineisto voidaan luokitella primaarisiin ja sekundaarisiin aineistoihin. Primaarisessa aineisto on kerätty juuri tutkimusta varten ja sekundaarisessa aineisto on alunperin kerätty johonkin muuhun tarkoitukseen. Tutkimuksessa pitää ottaa huomioon myös muuttujat. Muuttujia voivat olla esimerkiksi ikä, sukupuoli ja kotipaikka. (Heikkilä 2001, 13.)

Tutkimus on hyvä aloittaa kartoittavalla tutkimuksella, jossa lähinnä avataan ongelmaa ilman systemaattista tietojen keruuta tai analyysiä. Kartoittavaa tutkimusta voidaan kutsua myös esitutkimukseksi, jonka avulla saadaan määriteltyä selittäviä tekijöitä tai sopivia vastausvaihtoehtoja ja luokituksia viralliseen tutkimukseen. (Heikkilä 2001, 14.)

Selittävällä eli kausaalilla tutkimuksella pyritään selvittämään syy-seuraussuhteita. Selittävällä tutkimuksella pyritään etsimään vastauksia miksi- kysymyksiin, esimerkiksi miksi muuntajat vuotavat. Selittävän tutkimuksen onnistumiseksi tarvitaan laaja aineisto luotettavien tuloksien aikaansaamiseksi. (Heikkilä 2001, 15.)

Kokeellinen eli eksperimentaalinen tutkimus on yksi selittävän tutkimuksen erityismuoto. Kokeellisen tutkimuksen avulla tutkitaan jonkin tekijän vaikutusta kontrolloiduissa olosuhteissa. Kokeelliset tutkimukset toteutetaan usein laboratorioissa tai todellisissa tilanteissa. Olennaista kokeellisessa tutkimuksessa on, että siinä pyritään muuttamaan vain yhtä muuttujaa kerrallaan. (Heikkilä 2001, 15-16.)

5.1 Kvantitatiivinen tutkimus

Kvantitatiivista eli määrällistä tutkimusta voidaan kutsua myös tilastolliseksi tutkimukseksi. Tilastollisella tutkimuksella selvitetään lukumääriin ja prosentiosuuksiin liittyviä kysymyksiä sekä asioiden välisiä riippuvuuksia. Laadukas tilastollinen tutkimus vaatii riittävän suuren ja edustavan otoksen. Aineisto kerätään usein tietynlaisilla lomakkeilla, jolloin aineisto on helposti koottavissa erilaisiin taulukoihin tai kuvioihin. (Heikkilä 2001, 16-17.)

5.2 Kvalitatiivinen tutkimus

Kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimus auttaa ymmärtämään tutkimuskohdetta ja syitä tutkimusongelmaan. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa tutkitaan yleensä pienempää joukkoa ja niiden tarkastelu pyritään tekemään mahdollisimman tarkasti. Tutkittava joukko on tarkoin rajattu tutkimusongelman mukaan. Laadullista tutkimusta käytetään usein toiminnan kehittämiseen ja sen avulla voidaan antaa suuntaa tuleville jatkotutkimuksille. (Heikkilä 2001, 16-17.)



KUVIO 3. Kvantitatiivisen ja kvalitatiivisen tutkimuksen oleelliset erot (Mukaihen Heikkilä 2001, 17.)

5.3 Tapaustutkimus

Tapaustutkimuksella haetaan tyypillisesti vastauksia kuinka- tai miksi- tutkimuskysymyksiin. Tapaustutkimus on empiirinen tutkimus, jolla pyritään selvittämään selvästi havaittavissa olevia asioita. Tyypilliset tapaustutkimukset ovat selittäviä, valmistelevia tai kuvailevia. (Yin 1994, 1.)

Tapaustutkimus on tutkimusstrategia, joka keskittyy yksittäisen tutkimusongelman analysoimiseen. Tapaustutkimuksia voi olla yksi tai useampia, mutta kaikki tulee käsitellä yksittäin. Lopulta nämä voidaan jakaa ryhmiin, joissa on todettu samanlaiset ongelmat. Tapaustutkimus yhdistää usein monia muita menetelmiä ja työkaluja, joilla yksittäinen tapaus voidaan tutkia huolellisesti. Menetelmiä ovat esimerkiksi tilastolliset menetelmät, laatutyökalut, haastattelut jne. Tutkimusaineisto voi perustua laadullisiin - ja lukumääräisiin menetelmiin sekä näiden yhdistelmiin. Tapaustutkimuksia voidaan suorittaa erilaisiin tavoitteisiin päästäkseen. Tavoitteet voivat perustua teoriaan, kokeellisesti todistettuihin ja teoriapohjan saavuttamiseen. Tapaustutkimuksen avulla voidaan esimerkiksi tutkia, toteutuuko tietty teoria käytännössä. (Eisenhardt 1989, 534.)

5.4 Tutkimusprosessin vaiheet

Tutkimus muodostuu eri vaiheista, jotka muodostavat tutkimuksen kokonaisuuden. Tätä kokonaisuuden hallintaa kutsutaan tutkimusprosessiksi. Tutkimuksien koko ja laatu riippuvat hyvin paljon tutkimusongelmasta. Pienet tutkimukset voivat olla yhden henkilön tekemiä tutkimuksia, mutta suurissa massatutkimuksissa voi olla useita eri tutkijoita. Tutkimuksessa on kuitenkin oltava aina yksi tutkimuspäällikkö, joka vastaa koko tutkimuksen ja resurssien hallinnasta. (Heikkilä 2001, 22.)

Onnistuneen tutkimuksen edellytyksenä on hyvä tutkimussuunnitelma, joka sisältää yksityiskohtaiset tiedot tutkimukseen vaikuttavista asioista. Suunnitelman tekovaiheessa päätetään keskeisimmät tutkimusprosessin vaiheet, jotka voivat muuttua hieman tutkimusprosessin aikana, kun tutkimusongelman asiat avautuvat tutkijalle paremmin. Hyvä tutkimussuunnitelma sisältää vastauksen kysymyksiin, mitä ja miksi tutkitaan, mitä aineistoa käytetään ja minkälaisessa muodossa tulokset raportoidaan. Tutkimussuunnitelmaan on hyvä sisällyttää myös budjetti ja aikataulutavoitteet. (Heikkilä 2001, 22-23.)

Tutkimusprosessin suorittamiseen on olemassa useita eri käytäntöjä. Tutkimusprosessi voidaan jakaa kolmesta kymmeneen eri vaiheeseen. Yksi esimerkki tutkimusprosessin vaiheista on Blankenshipin kahdeksan vaihetta. Tutkimusvaiheet ovat:

1. Tunnista ongelma: Tutkimusprosessin ensimmäisenä vaiheena on tunnistaa ongelma tai luoda tutkimuskysymys ennalta määrätystä aiheesta. Tutkimusongelmana voi olla esimerkiksi tarve kerätä tietoa tarkemmin.
2. Kirjallisuuteen tutustuminen: Kun ongelma on tiedossa on hyvä tutustua aiheeseen liittyvään kirjallisuuteen. Kirjallisuuteen tutustumalla saadaan lisätietoa aiheesta ja voidaan löytää jopa aikaisempia tutkimuksia samasta aiheesta. Kirjallisuuden avulla opitaan aiheesta uusia näkökulmia ja tutkimuksesta saadaan luotettavampi.
3. Selvitä ongelma: Usein ensimmäinen ongelmana pidetty asia on hyvin laaja, jonka vuoksi tutkimuksen laajuus pitää tarkentaa tässä vaiheessa. Tämä vaihe voidaan toteuttaa vasta kirjallisuuteen tutustumisen jälkeen, kun tutkimusongelmaan liittyvät asiat on ymmärretty. Tutkimuksen rajaus on erittäin tärkeää onnistuneen tutkimuksen kannalta.
4. Termien ja käsitteiden määrittely: Tässä vaiheessa selvennetään tutkimuksessa käytettävät termit ja käsitteet, jotka ovat olennaisia tutkimuksen toteutuksessa. Käsitteiden määrittelyllä on tarkoituksena saada kaikki lukijat ymmärtämään tutkimuksen sisältö samalla lailla. Näin vältetään väärin ymmärryksiltä.
5. Määritä tutkimusjoukko: Tässä vaiheessa määritetään tutkimusjoukko. Tutkimusjoukko riippuu tutkimuksen tavoitteesta, jos halutaan esimerkiksi tutki naisiin liittyviä asioita, silloin tutkimusjoukkona toimii naiset. Tutkimusjoukon määrittelyllä voidaan tarkentaa tutkimuksen tuloksia ja samalla myös rajata tutkimuksen kokoa. Esimerkiksi iän määrittämisellä saadaan vielä tarkempia tuloksia aikaiseksi.
6. Kehitetään toimintasuunnitelma: Suunnitelma toimii tutkimuksen pohjana koko tutkimuksen ajan. Tässä vaiheessa määritetään kuka osallistuu tutkimukseen, milloin, missä ja kuinka tutkimus toteutetaan.
7. Tiedon kerääminen: Kun toimintasuunnitelma on valmis aloitetaan varsinainen tiedon keruu. Tämä vaihe on tutkimuksen kriittinen vaihe, mikä vaikuttaa eniten tutkimuksen onnistumiseen. Tiedon keruumenetelmä riippuu paljon tutkimuksen aiheesta. Se voi olla tutkimus eri kirjallisuuslähteistä, ihmisten haastatteluista tai ihmisten havainnointia eri tilanteissa.

8. Tuloksien analysointi: Tässä viimeisessä vaiheessa yhdistyy kaikkien edellisten vaiheiden summa. Tulokset analysoidaan vaiheessa kuusi määritellyn toimintasuunnitelman mukaisesti. Analysoinnissa käytetään hyväksi vaiheessa seitsemän kerättyä tietoa, jonka pohjalta tulokset ja johtopäätökset voidaan määritellä. Tuloksien analysoinnin jälkeen tulokset pitää vielä tarkistaa ja varmistaa, että ne todella antavat vastauksen tutkimuskysymykseen. (Blankenship 2009, 17.)

6 LAATUTYÖKALUT

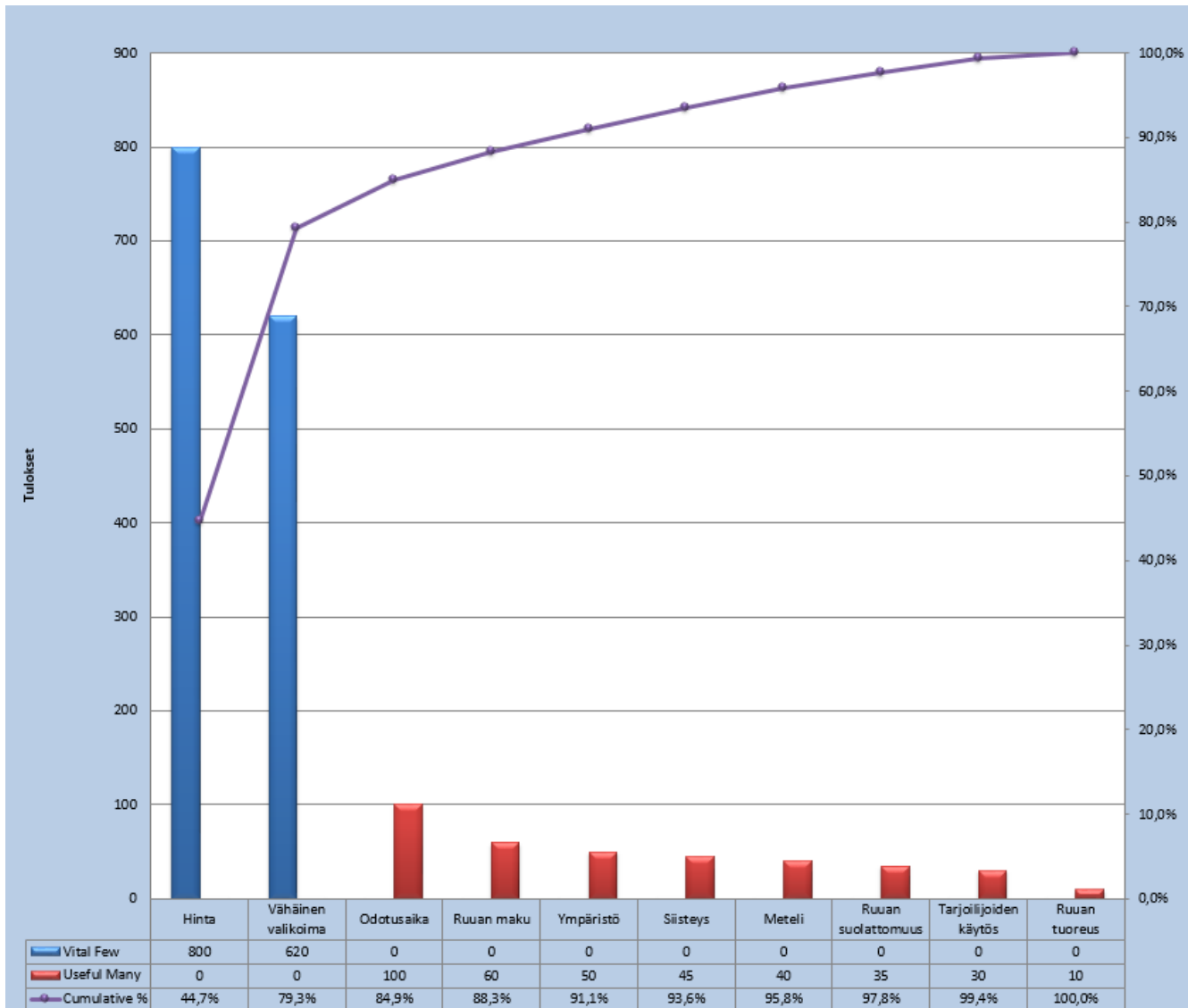
Laatutyökaluiksi kutsutaan menetelmiä, joilla laatua voidaan seurata, parantaa ja tutkia. Laatutyökaluja on olemassa useita erilaisia ja niitä voidaan käyttää eri tarkoituksiin. Laatutyökalujen avulla laatua voidaan tutkia ja löytää laatuongelmien juurisyyt. Tämän työn tekemisessä on käytetty muutamia yleisesti tunnettuja laatutyökaluja, jotka on esitelty erikseen tässä luvussa.

6.1 Pareto

Pareto on laatutyökalu, jossa kaavioon muodostetaan yksinkertainen pylväsdiagrammi. Pylväät ovat asetettu kaavioon niin, että useimmin toistuva ongelma muodostaa suurimman pylvään, ja on aina asetettu kaavion vasempaan reunaan. Tästä eteenpäin pylväät jatkuvat pienenevässä järjestyksessä. Pylväät kuvaavat sitä ryhmää, mihin kyseiset ongelmat ovat ennalta jaoteltu. (Koch 1999, 6-9.)

Pareto-periaatteen on kehittänyt italialainen taloustieteilijä Vilfredo Pareto 1897-luvun alussa tutkiesaan Euroopan vaurautta ja köyhyyttä. Tehdessään tutkimusta hän huomasi vaurauden kohdistuvan vain muutamiin henkilöihin ja köyhyyden koskettavan suurempaa osaa väestöstä. Tutkimuksen mukaan 80% varallisuudesta omistavat muutamat henkilöt ja 20% prosenttia varallisuudesta kuuluu useammille henkilöille. Tästä syntyi sääntö 80/20, jolla kuvataan, että 80% asioista muodostuu merkittävistä tekijöistä ja loput 20% vähemmän merkittävistä. Taloustutkimuksessa tämä todistettiin sillä, että 20% varakkaista ihmisistä omistavat 80% kaikesta varallisuudesta, kun taas 80% ihmistä omistavat 20% kaikesta varallisuudesta. (Koch 1999, 6-9.)

Kuviossa 1 on esitetty esimerkin avulla pareto-analyysi ravintolan asiakasreklamaatioista. Tämä esimerkki havainnollistaa hyvin, kuinka 20% syistä aiheuttaa 80% ongelmista ja loput 80% syistä aiheuttaa 20% ongelmista. Tällaisen analyysin avulla ravintolan omistajan on helppo valita nämä kaksi asiaa, mihin pitää puuttua parantaakseen asiakastyytyväisyyttä. Pareton avulla saadaan helposti selville asiat, jotka pitää korjata. Tämä kuvaaja näyttää selkeästi ongelmakohdat ja niiden määrät.



Kuvio 4. Pareto- analyysi

Paretoa on käytetty moneen eri käyttötarkoitukseen tämän jälkeen. Yksi yleinen käyttökohde on ollut laatutyökaluna toimiminen, jossa sen on todettu toimivan hyvin samalla lailla kuin taloustutkimuksessa. Ennen kaavion tekemistä ongelmakohdat tulee luokitella eri pääotsikoiden alle ja näiden ongelma-kohtien toistuvuus pitää raportoida tarkasti. Näiden tietojen avulla kaavio voidaan tehdä. Pieni joukko tekijöitä aiheuttaa suurimman osan ongelmista. Pareto-kaavion tarkoituksena on havainnollistaa ongelmakohdat paremmin visuaalisesti havaittavaksi. Pareton avulla on helppo havaita, mihin ongelmiin tulee puuttua, jotta suurin osa ongelmista saataisiin poistettua. Usein Pareto-kuvaajassa käytetään myös kumulatiivista käyrää, jolla kuvataan useamman ongelmakohdan muodostamaa kokonaisvaikutusta. (Pareton periaate 2016.)

6.2 DOE

DOE (Design of Experiments) on laatutyökalu, jolla voidaan tehdä järjestelmällisiä monimuuttujakokeita järjestelmän tai prosessin toiminnoista. DOE-menetelmän on kehittänyt englantilainen Ronald Fisher vuonna 1920 maatalouskäyttöön. DOE-menetelmää on kehitetty vielä 1980-luvulla, jolloin Genichi Taguchi kehitti ortogonaalimatriisit helpottamaan monimuuttujakokeita. (Anderson & Whitcomb 2015, ix-x.)

DOE-menetelmän tarkoituksena on tutkia eri muuttujien vaikutusta toisiinsa. Kokeessa voidaan muuttaa useampia tekijöitä samaan aikaan ja näiden väliset vaikutukset saadaan ilmi lopputuloksista. Tämä menetelmä nopeuttaa huomattavasti kokeellisia menetelmiä verrattuna tunnetumpaan OFAT-menetelmään, jossa tehdään kokeellisia tutkimuksia muuttamalla vain yhtä muuttujaa. Heikkilän kirjassa oli maininta tapaustutkimuksista vain yhden muuttujan muuttamisella. Tämä DOE-menetelmä on kuitenkin mielestäni paljon nopeampi tapa tehdä tapaustutkimuksia, jossa pitää vertailla eri asioiden vaikutuksia. DOE-menetelmä on kuitenkin huomattavasti vaikeampi toteuttaa, joten se on suunnattu enemmän tutkimuksen ammattilaisille. OFAT-menetelmä on usein tunnetumpi ja enemmän käytetty, mutta se on huomattavasti työläämpi työkalu, koska muuttujia on useampia ja näin ollen kokeita pitää tehdä huomattavasti enemmän.

6.3 Aivoriihi

Aivoriihi on ryhmätyömenetelmä, jossa ryhmäläiset ideoivat yhdessä kaikkia mahdollisia ratkaisuja ennalta annetun ongelman tai kehityskohteen ratkaisemiseksi. Ryhmän muodostamisessa pyritään löytämään ryhmiin erilaisia persoonia ja erilaisen osaamisen omaavia henkilöitä, jolloin ryhmästä saadaan useita erilaisia näkemyksiä. Ryhmätyöskentely kannustaa aktiiviseen osallistumiseen ja innovoivaan ajatteluun. Ryhmän avulla hulluimmatkin ideat jatkojalostuvat ja näin voidaan päästä yllättäviin lopputuloksiin. Hyvä tapa aivoriihen toteuttamiseen on käyttää post-it-lappuja, joihin ryhmän jäsenet kirjoittavat omat ehdotuksensa ja esittelevät nämä sitten muille ryhmille. Post-it-lappuja on helppo siirrellä ja jaotella samankaltaisiin ryhmiin myöhemmissä vaiheissa. (Verkostojohtaminen 2016.)

Aivoriihen toteutus on usein monivaiheinen prosessi, jossa eri ryhmien tulokset analysoidaan ja jaotellaan samankaltaiset asiat omiin ryhmiinsä. Näistä kaikkien ryhmien yhteisistä ideoista ryhmät äänestävät omat suosikkinsa ja näin ollen saadaan aivoriihen tulokset aikaiseksi. Eniten ääniä saanut vaihtoehto edustaa koko joukon mielipidettä parhaiten. (Verkostojohtaminen 2016.)

7 ASIAKASREKLAMAATIO

Tuotteen pitää vastata asiakkaan odotuksia ja täyttää sille annetut vaatimukset. Tavarahan tulee soveltua siihen käyttötarkoitukseen, mihin asiakas on olettanut sen sopivan. Esimerkiksi sadevaatteen tulee pitää vettä, ellei asiasta ole asiakkaan kanssa muuta erikseen sovittu. Jos asiakkaalla on tuotteelle erikoisvaatimuksia tai erillinen erittely tuotteelta vaadittavista ominaisuuksista ja sen käyttötarkoituksesta, myyjä on aina vastuussa siitä, että tuote täyttää nämä vaatimukset. Lisäksi tuotteen tulee täyttää lain ja muissa säädöksissä asetetut vaatimukset. (Kuluttajan oikeudet 2016.)

Jos tuote ei täytä edellä mainittuja asioita, siinä on virhe. Virhe voi johtua huonosta asennuksesta, jolloin myyjä tai myyjän palkkaama asentaja on vastuussa tuotteen korjaamisesta vaatimuksien mukaisesti. Virhevastuulle ei ole Suomessa annettu ylärajaa. Tuotteen on kestettävä sille ennalta määritellylle käyttöikä. Käyttöikä on tuotteesta riippuvainen. Yleisesti normaali käyttöikä on pidempi kuin tuotteelle annettu takuu-aika. (Kuluttajan oikeudet 2016.)

Tuotteen mukana on toimitettava tuotteen kokoamis-, asennus-, käyttö-, hoito- ja säilytysohjeet. Tuote voidaan luokitella virheelliseksi, jos ohjeita ei ole tai ne ovat puutteelliset. Mikäli asiakas käyttää tuotetta ohjeiden vastaisesti, myyjän vastuu raukeaa. Tällaisissa tapauksissa myyjän on osoitettava vian johtuneen käyttöohjeiden vastaisesta toiminnasta. (Kuluttajan oikeudet 2016.)

7.1 Virheen seuraamukset

Virheilmoituksen eli reklamaation tekeminen on asiakkaan vastuulla. Reklamaatio tulee tehdä kahden kuukauden aikana siitä, kun hän on huomannut virheen tai hänen olisi pitänyt huomata se. Jos reklamaatiota ei tehdä ajoissa, ostaja menettää oikeutensa vedota virheeseen. (Kuluttajan oikeudet 2016.)

Virheilmoituksessa ei tarvitse esittää heti vaatimuksia, mutta havaittu virhe tulee raportoida välittömästi. Tämän jälkeen asiakkaalla on oikeus miettiä asian korjaamiseksi vaatimiaan korvauksia. Asiakas voi vaatia, esimerkiksi asian korjaamista välittömästi, kauppahinnan pidättämistä, hinnan alennusta ja kaupan purkua tai vahingonkorvausta. (Kuluttajan oikeudet 2016.)

7.2 Takuu

Takuu on asiakkaalle annettu lisäturva, jonka myyjä antaa tuotteelle vapaaehtoisesti. Takuulla tarkoitetaan, että myyjä on sitoutunut vastaamaan tuotteen käyttökelpoisuudesta ja muista ominaisuuksista takuun voimassaoloajan. Takuun antaja voi vapaasti valita takuun sisällön. Takuu ei ole pakollinen, joten myyjä voi ilmoittaa, että tuotteella ei ole takuuta. Usein takuu koetaan asiakaslupaukseksi tuotteen laadusta, jolloin sillä on vaikutusta asiakkaan hankintapäätökseen. Takuun pituutta käytetään usein kilpailutekijänä muita toimittajia vastaan. (Kuluttajan oikeudet 2016.)

Tuotteessa on virhe, jos se takuuaikana osoittautuu virheelliseksi tai tuotteen käytössä on ongelmia. Takuun antaja vapautuu vastuustaan vain, jos se pystyy todistamaan, että tuotetta on käytetty väärin tai ohjeiden vastaisesti. (Kuluttajan oikeudet 2016.)

7.3 Asiakasreklamaatioprosessi ABB:llä

CCRP on ABB:n oma globaali reklamaatioprosessiin käytettävä tietokanta. CCRP:n tarkoituksena on auttaa asiakasreklamaatioiden hallintaa ja toimia koko käsittelyn ajan tukevana työkaluna. Tietokantaan tallentuu kaikki reklamaatiot ja niitä voidaan katsella myöhemmin. Asiakasreklamaatioiden tallentaminen ja hallinta on avain asiakassuhteiden rakentamiseen ja parantamiseen tuotteiden, palveluiden ja prosessien osalta.

CCRP tietokannassa asiakasreklamaation prosessin vaiheet saadaan näkyville ja niille voidaan antaa vastuuhenkilöt. ABB:n omien tavoitteiden mukaan kaikkiin reklamaatioihin tulee vastata vähintään 24 tunnin aikana sen saapumisesta. Tällä tavoin asiakkaalle saadaan tieto, että reklamaatioon on puututtu nopeasti ja se on otettu käsittelyyn. Reklamaatioiden valmiiksi kuittaaminen voi kuitenkin viedä enemmän aikaa riippuen ongelman laajuudesta. Kaikki reklamaatiot pitää käsitellä ja kun ne on käsitelty loppuun asti, ne kuitataan valmiiksi. Tällä tavoin saadaan aikaiseksi statistiikkaa reklamaatioiden määristä ja käsittelystä. (ABB 2016e.)

8 REKLAMAATIOIDEN KÄSITTELY ABB:LLÄ

4Q on ABB:n oma laatutyökalu, joka muistuttaa paljon yleisemmin tunnetumpaa Six Sigman DMAIC-laatutyökalua. 4Q tarkoittaa neljää neljänestä, jotka ovat Q1- Mittaa, Q2- Analysoi, Q3- Vakiinnuta ja Q4- Kehitä. DMAIC muodostuu sanoista Define, Measure, Analyze, Improve ja Control. 4Q työkalussa Define on sisällytetty Q1-mittaamiseen. 4Q on ABB:n faktoihin perustuva ongelmanratkaisuprosessi, jolla saadaan aikaan jatkuvaa parantamista, kun sitä käytetään toistuvasti. (ABB 2016c.)

"KUVIOSSA 5 on esitetty 4Q- prosessin neljä vaihetta." 4Q-työkalussa on hyvin paljon samoja ominaisuuksia kuin Demingin ympyrässä ja Six Sigman DMAIC- prosessissa. "TAULUKOSSA 1 nämä erilaiset prosessit on esitelty, mistä voidaan havaita, että nämä muistuttavat hyvin paljon toisiaan, ja käyttötarkoitukset ovat hyvin samanlaiset." Taulukossa on myös 8Q- analyysi, missä pääkohdat on eritelty vielä tarkemmin, mutta käyttötarkoitus on samanlainen.

4Q Prosessi	
Q1 - Mittaa	Q2 - Analysoi
Määritä mahdollisuus. Tutki ymmärtääksesi nykytila perinpohjin.	Tunnista ja varmista ongelman juurisyyt.
Q4 - Vakiinnuta	Q3 - Kehitä
Vakiinnuta parannukset standardoimalla työmenetelmät tai prosessit.	Kehitä, testaa ja ota käyttöön ratkaisuja, jotka poistavat juurisyyt.

KUVIO 5. 4Q-prosessi

TAULUKKO 1. Erilaisten laatutyökalujen erot

4Q	PDCA	DMAIC	Global-8D
Pre-4Q	Plan	Define	0. Plan
Mittaa			1. Identify team
Analysoi			2. Define problem
Kehitä	Do Check	Improve	3. Contain symptom
			4. Identify root causes
Vakiinnuta	Act	Control	5. Choose corrective action
			6. Implement corrective action
			7. Make change permanent
			8. Recognise the team

Suurimmat erot eri laatutyökalujen ja Blankenshipin normaalin tutkimusprosessin välillä tulevat loppussa. Laatua koskevissa tutkimuksissa tutkimuksen tuloksien on usein ohjattava muutokseen kohti parempaa laatua. Normaalissa tutkimuksessa tulokset usein vain ilmoitetaan ja niistä tehdään omat johtopäätökset.

8.1 Q1-Mittaa

Q1-vaiheessa eli mittausvaiheessa tavoitteena on tunnistaa ja käyttää niitä mittareita, jotka edesauttavat ongelmatilanteen tunnistamista. Havaittuja ongelmatilanteita voi olla useita tai ne voivat olla yksittäisiä. Lisäksi pitää tietää, tarvitaanko lisätoimenpiteitä tunnistaa ongelman juurisyyt. Q1-vaihe voi viedä usein aikaa, jos kaikkea tietoa ei ole vielä saatavilla ja uutta tietoa tai erilaista tietoa on aloitettava mittaamaan. (ABB 2016c.)

8.2 Q2-Analysoi

Q2-vaiheessa eli analyysivaiheessa tavoitteena on tunnistaa kyseisen ongelman todelliset juurisyyt. Juurisyyt eliminoimalla ongelma ei ilmaannu uudelleen. Q2-vaiheessa pitää tehdä erittäin huolellinen

analysointi, koska se on avaintekijä 4Q-projektin onnistumiselle. Vääränlaisella analysoinnilla voidaan päätyä parantamaan väärää asioita ja todellinen ongelma ei poistu. (ABB 2016c.)

8.3 Q3-Kehitä

Q3-vaiheessa eli kehitysvaiheessa on tavoitteena luoda toimenpidelista ja testata toimenpiteet, joiden avulla juurisyyt voidaan eliminoida. Testauksen jälkeen pitää arvioida tulokset ja tehdä päätökset niiden perusteella. Tarvittaessa pitää palata takaisin Q2-vaiheeseen selvittääkseen juurisyyt paremmin. (ABB 2016c.)

8.4 Q4-Vakiinnuta

Yleisesti hyödyt saavutetaan vasta, kun ihmiset omaksuvat uudet toimintatavat. Vakiinnuttamisvaiheessa tavoitteena on muuttaa prosessi kokonaisuudessaan Q3-vaiheessa hyväksi havaitun ratkaisun mukaiseksi. Tämä vaihe voi olla kaikista haasteellisin. Usein yksittäisten ongelmien ratkaisu on saatu aikaiseksi jo Q3-vaiheessa, mutta Q4-vaiheen merkitys korostuu siinä, ettei samaan ongelmaan törmätäisi enää jatkossa. Sen takia Q4-vaiheen toteuttaminen on erittäin tärkeää jatkon kannalta. (ABB 2016c.)

9 VUOTOANALYYSI

Muuntajien vuoto-ongelmien tutkiminen aloitettiin tutustumalla CCRP- asiakasreklamaatiokantaan. Reklamaatiokannasta löytyi tuhansia asiakasreklamaatioita, koska kyseessä on ABB:n globaali reklamaatiokanta. Sieltä erilaisten hakuominaisuuksien avulla saatiin rajattua Vaasan muuntajatehtaaseen kohdistetut reklamaatiot. Näistä reklamaatioista poimittiin kaikki vuotoihin liittyvät reklamaatiot.

Tutkimuksen otannaksi valittiin kaikki vuonna 2014 ja 2015 ilmenneet reklamaatiot, koska tämä CCRP-tietokanta on otettu jokapäiväiseen käyttöön vasta vuoden 2013 loppupuolella. Näin ollen saatiin tarkempaa tilastoa vuodoista ja niiden todellisista määristä suhteutettuna valmistettavien muuntajien määriin. Analyysin perusteella saadut tarkat tiedot ovat eritelty tarkemmin liitteessä 1, mikä on tarkoitettu vain ABB:n sisäiseen käyttöön.

9.1 Lähtötietojen keruu

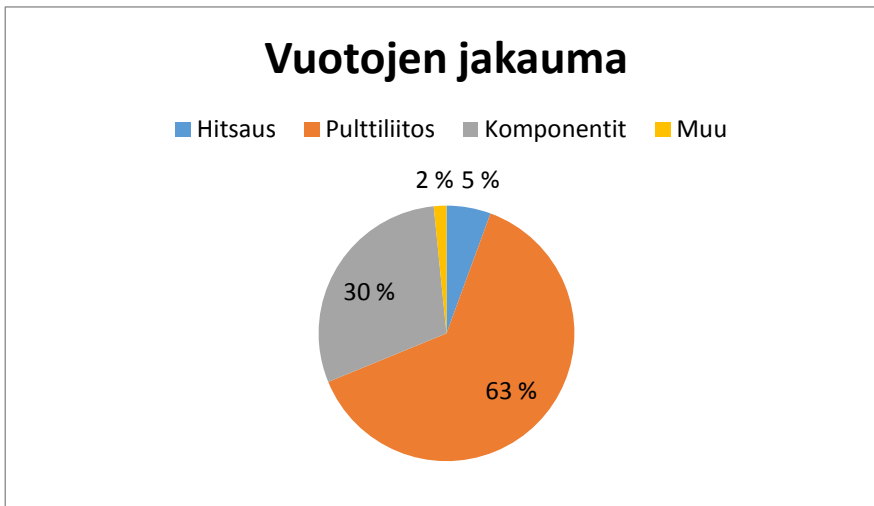
Tiedonkeruu vuototapauksista aloitettiin lukemalla aluksi muutamia reklamaatioita läpi ja tutkimalla, minkälaisista vuodoista on kyse. Heikkilän tutkimusprosessin mukaisesti aluksi suunniteltiin esitutkimus. Esitutkimuksen jälkeen saatiin selvä käsitys minkälaisista tapauksista on kyse, minkä jälkeen kehitettiin sopiva tutkimuslomake, jolla vuodot saatiin luokiteltua tarkemmin pienempiin ryhmiin. Ryhmittelyn avulla niiden analysoiminen on jatkossa helpompaa.

Lopulta päädyttiin siihen, että jokaisesta reklamaatiosta tehdään oma lomake. Lomake toteutettiin välilehtien avulla Excel-tiedostossa. Näin kaikki tiedot olivat saatavilla yhdestä tiedostosta tarkempaa tarkastelua varten. Kaikissa välilehdissä oli käytössä samanlainen ryhmittely, jolloin yhteenlasketut tulokset oli helppo laskea viimeiselle välilehdelle. Tutkimuslomake on esitetty liitteessä 2.

Lomakkeen alussa näkyy projektin tiedot, korjauskustannukset ja vuotokohdat ryhmiteltynä pääkomponentteihin: kanteen, säiliöön, jäädyttimiin, paisuntasäiliöön ja kannen kiinnitykseen. Näiden alle on lisäksi jaoteltu neljä mahdollista pääkohtaa vuotokohdiksi, jotka ovat pultiliitos, hitsausliitos, komponentti ja muut. Näiden muuttujien avulla käytiin kaikki reklamaatiot läpi ja näistä saatiin hyvin kattava koonti. Tässä tilastoitiin jokainen vuotokohta erikseen, joten yhtä muuntajaa kohden saattoi olla useita eri vuotoja.

9.2 Q1-Mittaaminen

Mittaaminen aloitettiin laskemalla yhteen kaikki vuototapaukset ja luokittelemalla ne pääryhmiin. Vuodot jakautuivat alla olevien kaavioiden mukaisesti. Tämä ei kuitenkaan ollut riittävän tarkkaa tietoa jatkotutkimuksia ajatellen, joten saadut tulokset piti käsitellä vielä yksityiskohtaisemmin ja luokitteluja tuli lisätä.



KUVIO 6. Vuotojen jakauma pääryhmittäin

Tämä jaottelu on vielä liian karkea tarkempaa analyysia varten, joten päädyttiin siihen, että pulttiliitokset jaoteltiin vielä viiteen eri ryhmään, jotka määräytyivät käytettävän tiivistemateriaalin mukaisesti. Hitsausliitokset jaoteltiin pääkomponentteihin: kanteen, säiliöön, paisuntasäiliöön ja jäähdyttimiin. Lisäksi kaikki komponentit eriteltiin. Näistä muodostettiin Pareto-analyysi, joka on näytetty liitteessä 1. Tämä Pareto ei noudattanut täysin 80/20 sääntöä, koska ongelmat haluttiin ryhmitellä vielä tarkemmin, jolloin syitä löytyi useampia. Tämän avulla oli kuitenkin helppo katsoa ongelmakohdat, joihin tulee puuttua, että suurin osa ongelmista saadaan poistettua.

9.3 Q2-Analysointi

Q2-analysointivaiheessa tutkittiin tarkemmin, mistä tekijöistä suurin osa vuodoista johtui. Vuodoista tehdyn Pareton avulla oli helppo huomata suurimmat vuotoja aiheuttavat tekijät. Ensimmäisten tulosten tullessa julki kokoonnuimme teknisten asiantuntijoiden kesken ja yksipuolisesti päädyimme analysoimaan tarkemmin kuusi ongelmallisinta kohtaa, jotka muodostavat 83 prosenttia kaikista vuoto-ongelmista. Loput kymmenen kohtaa olivat enemmän yksittäisiä, jotka aiheuttivat yhteensä 17 prosenttia ongelmista. Nämä jäivät pienemmälle huomiolle, mutta lopullisissa tuloksissa myös nämä on

huomioitu. Nämä kaikki kuusi ryhmää tarkasteltiin vielä tapaustutkimuksella, jossa jokainen vuoto-kohta tutkittiin erikseen. Tapaustutkimuksen avulla vuodoille etsittiin todelliset juurisyyt.

Juurisyyanalyysi tehtiin kokonaisuudessaan kaikille kuudelle pääongelmakohtalle ja kaikille niissä esiintyneille vuodoille. Ensimmäisenä tutkittiin eniten ongelmia aiheuttanut tekijä. Kaikki vuototapaukset listattiin taulukkoon, jossa etsittiin myös mahdollisia yhdistäviä tekijöitä. Tämän listauksen jälkeen havaittiin useita eri epäkohtia, jotka aiheuttavat mahdolliset vuodot. Juurisyyt kyseisten ryhmien sisällä olivat kuitenkin hyvin samanlaiset, mikä helpotti analyysin tekemistä. Yksityiskohtaisemmat analyysit, taulukot ja tulokset on esitetty tarkemmin liitteessä 1.

Juurisyyanalyysivaiheessa huomattiin, että erilaiset pulttiliitokset aiheuttivat suurimman osan vuodoista, jonka vuoksi hyvän juurisyyanalyysin aikaansaamiseksi tuli tutustua pulttiliitoksien teoriaan ja erilaisiin kiristysmenetelmiin. Lisäksi erilaiset elastiset tiivistemateriaalit aiheuttivat ongelmia, jonka vuoksi myös niiden toimintaan tuli perehtyä tarkemmin.

Analyysin aikana etsittiin kaikki mahdolliset juurisyyt öljyvuoodoille. Yhtenä suurena ongelmana todettiin pulteille annetut kiristysmomentit ja niiden paikkansa pitävyys. Tämän vuoksi analyysin aikana tutustuttiin tarkemmin pulttiliitoksiin ja erityisesti niiden kiristämiseen yhdessä ABB:n teknisten asiantuntijoiden kanssa.

Kiristysmomentilla tarkoitetaan pulttiin kohdistuvaa pyörimissuuntaista kiristysvoimaa. Kiristysmomentti on helppo tapa mitata oikeanlainen kiristysvoima kyseiselle pultille. Kiristysmomentilla tarkoitetaan kuitenkin eri asiaa kuin pultin aiheuttamaa puristusvoimaa kiristettävälle kappaleelle. Erilaisille komponenteille ja materiaaleille on annettu erilaiset kiristysmomentit. Momentin suuruus riippuu pulttien lukumäärästä, halutusta puristusvoimasta, pultin koosta ja pultin materiaalista.

Juurisyyanalyysissa on laskettu kaikki mahdollisesti löysällä olevien pulttiliitoksien tarvitsemat kiristysmomentit ja vertailtu niitä ohjeiden antamiin arvoihin. Tässä huomattiin useita eroavaisuuksia, jotka aiheuttavat vuoto-ongelmia. Nämä kaikki on eritelty tarkemmin liitteessä 1.

9.4 Q3-Kehitys

Q3-kehitystoimenpiteitä mietittiin huolellisen juurisyyanalyysin jälkeen. Analyysin perusteella paljastui useita epäkohtia, jotka pitää korjata välttääkseen vuoto-ongelmat jatkossa. Vuoto-ongelmien ehkäi-

semiseksi löytyi epäkohtia kaikissa osa-alueissa: rakenteissa, suunnittelijoiden tiedoissa, kokoonpanossa, komponenteissa, työkaluissa ja ohjeistuksissa. Yhtä yksittäistä ratkaisua ongelmien välttämiseksi ei ole, joten uudet toimintatavat koskevat kaikkia sidosryhmiä. Kehitysideat on eritelty tarkemmin liitteessä 1. Lopullisia kehitysideoita tuli lopulta seitsemän kappaletta, jotka on esitelty yrityksen johdolle. Osa näistä vaatii suurempia toimenpiteitä, kuten rakenne- ja toimintatapamuutoksia, mutta osa vain informaatiota eri osastoille sallittavista komponenteista ja niiden käytöstä. Näiden ehdotuksien käyttöönotto ei kuulu tämän työn sisältöön, vaan se jää yrityksen vastuulle.

Ensimmäinen toimenpide koostuu eniten ongelmia aiheuttavan tiivistemateriaalin perusteellisesta tutkimuksesta. Tiivistemateriaalista keskusteltuaamme selvisi, ettei asiaa ole oikein koskaan tutkittu ja sen käytöstä on useita eriäviä mielipiteitä yrityksen sisällä. Päädyimme, että tiivisteiden ominaisuuksia tutkitaan monimuuttujakokeella DOE-menetelmän mukaisesti. Tutkittavat yksityiskohdat on määritelty tarkemmin liitteessä 1. Tämän kokeellisen testauksen jälkeen saadaan varma tieto tiivisteiden toiminnallisuudesta muuntajarakenteissa. Tämän koemenetelmän jälkeen tulee kaikki ohjeistukset päivittää niin, että tiivisteitä käytetään oikein ja materiaalin vaatimalla tavalla. Tämä toimenpide aloitettiin heti ensimmäisten tulosten tultua julki, koska kyseisen tiivisteiden aiheuttamat ongelmat olivat huomattavan suuret.

Muut tiivistemateriaaleihin liittyvät ongelmat liittyvät rakenteisiin ja pulttiliitoksien kiristysmomentteihin. Juurisyyanalyysiä tehtäessä selvisi, että suunnittelijoilla on vääränlaisia käsityksiä tiivisteiden käytöstä. Tiivisteiden käyttö ei ole perustunut tiivistemateriaalin ominaisuuksiin ja niiden hyödyntämiseen, vaan niitä on käytetty lähes mielivaltaisesti, jolloin liitoksista on vaikea saada pitäviä. Näiden ongelmien ehkäisemiseksi on olemassa laskentaohjelma, jolla voidaan laskea oikea puristusvoima tiivisteelle. Tämän ohjelman käyttö tulee implementoida kaikkien suunnittelijoiden käyttöön. Lisäksi kaikki vakioidut käytännöt pitää tarkistaa ja tarvittaessa korjata, niin että tiivisteet on mitoitettu oikein ja niihin kohdistuu oikea puristusvoima. Lisäksi työkuviin pitää jatkossa merkata kaikki normaalista poikkeavat momentit niin, että voidaan varmistaa liitoksien oikeanlainen asennus.

Tuotannossa pitää ottaa momenttiavaimet päivittäiseen käyttöön öljynpitävien liitoksien kiristyksessä. Lisäksi kaikki momenttiin kiristetyt liitokset tulee merkata kiristetyiksi niin, että ne ovat visuaalisesti havaittavissa kiristetyiksi ennen tuotteen luovuttamista asiakkaalle. Momenttiin kiristäminen pitää saada päivittäiseksi tekemiseksi ja sen suorittamista tulee seurata jatkuvasti.

Kaksi ongelmaryhmää muodostui ostettavista komponenteista, joiden käyttö ei sovellu näihin käyttö-tarkoituksiin, joissa ongelmat ilmenivät. Nämä ongelmat ovat toteutuneet tapauksissa, joissa on poikettu ABB:n normaaleista vakioratkaisuista asiakasvaatimuksien vuoksi. Tällaisten ratkaisujen käyttö ei ole suositeltavaa tai niiden toimintatapa tulee muuttua paremmaksi, josta tulee huomattavasti lisäkustannuksia. Nämä ratkaisut pitää tiedottaa myyjille, että he sisäistävät näihin liittyvät huomattavat riskit.

9.5 Q4-Toimenpiteet

Q4-toimenpiteiden suorittaminen ei kuulu tämän kehitystehtävän sisältöön, mutta tämä kohta tehdään yhdessä yrityksen johdon kanssa, missä päätetään tämän työn tuloksissa annetut kehitysehdotukset ja niiden vastuuhenkilöt. Tämän tutkimustyön tehtävän annossa on sovittu erikseen ehdotuksien antamisesta, joilla vuoto-ongelmat voidaan ehkäistä. Q4-kohdan toimenpiteitä vaativat ehdotukset on esitetty tarkemmin liitteessä 1.

10 KUSTANNUSANALYYSI

Vuoto-ongelmista aiheutuneista kustannuksista tehtiin kustannusanalyysi, jossa analysoitiin, paljonko vuoto-ongelmat ja niiden korjaukset ovat maksaneet sekä mistä kustannukset syntyvät. Kustannusanalyysi aloitettiin käymällä järjestelmällisesti kaikki vuoto-ongelmaiset projektit läpi ja kohdistamalla niille toteutuneet korjauskustannukset. Kustannuksiin sisällytettiin toimihenkilöiden käyttämät työtunnit asioiden selvittämiseksi. Lisäksi niihin sisällytettiin joko ostetun korjauspalvelun laskut tai oman asentajan palkat, matka- ja materiaalikulut. Tarkemmat kustannusanalyysit on esitelty liitteessä 1. Kustannusanalyysia tehtäessä laatua lähestyttiin aluksi Juranin toisen teorian mukaan, jossa pyritään parantamaan laatua tuotteen luovutuksen jälkeisten korjauskustannuksien pienentämisellä.

Keskimääräiseksi kustannukseksi vuotavaa muuntajaa kohden tuli noin 7500€. Kustannuksissa oleva hajonta oli erittäin suurta. Kustannukset jakaantuivat 100-80 000€ välille muuntajaa kohden. Pienimmät kustannukset tulivat tapauksista, joissa selvittiin pelkällä konsultoinnilla asiakkaalle. Usein tällaiset tapaukset olivat ruuvien kiristämisiä, joilla vuoto saatiin loppumaan. Kalleimmat tapaukset muodostuivat usein tapauksista, joiden korjaaminen piti suorittaa ulkomailla ja rakenteissa oli sellaisia virheitä, joita ei voinut paikanpäällä helposti korjata. Suuret kustannukset syntyvät, jos korjauksessa tarvitaan nostotyökaluja painavien komponenttien nostoissa ja erillisiä öljysäiliöitä muuntajan tyhjämiiseksi öljystä. Lisäksi korjausmatkojen kestot vaihtelevat muuntajan asennusmaasta riippuen. Usein ennen varsinaista korjaustyön aloitusta pitää käydä paikallinen koulutus työturvallisuuteen liittyvistä asioista kyseisellä työmaalla.

Esimerkiksi pienen vuodon korjaaminen Arabi Emiraateissa voi viedä kymmenen päivää. Itse ongelman korjaaminen vie neljä tuntia, mutta matkat ja koulutukset tekevät korjauksen kestosta lopulta kymmenen päivän pituisia, jolloin kustannukset kasvavat erittäin suuriksi. Tämän vuoksi on parempi alkaa ajattelemaan tuotteen laatua Juranin ensimmäisen teorian mukaan, jossa panostetaan valmistusvaiheessa enemmän, jolloin vältytään kalliilta korjauskustannuksilta.

Liitteessä 1 on myös tehty ennaltaehkäiseviä kustannuslaskelmia uusien toimintatapaehdotuksien toteuttamisesta. Tässä tuotannon aikaiset kustannukset kasvavat hieman, mutta tuotteen laatu on huomattavasti parempi. Tämä toimintatapa toteuttaa paremmin Juranin ensimmäistä määritelmää laadulle.

Nykypäivänä asiakkaat arvostavat laatua ja varsinkin ostaessaan muuntajan kalliimmalla hankintahinnalla Euroopasta. Tällöin asiakas myös odottaa, että tuote täyttää sille asetetut vaatimukset ja valmistaja on täysin vastuussa sen toiminnasta. Nykyisin ongelmien korjaaminen pelkällä konsultoinnilla ei onnistu kovinkaan usein, koska sähköasemilla ei ole omia huoltomiehiä tai korjaustaitoista henkilökuntaa. Tämän vuoksi asiakkaat pyytävät hyvin helposti toimittajan vastaamaan virheistään, vaikka kyseessä olisikin hyvin pieni ongelma. 15% vuodoista on saatu korjattua pelkällä konsultoinnilla ja loput 85% on vaatinut oman tai ulkopuolisen korjaajan.

11 TULOKSET

Työn tuloksena saatiin 37:n sivun pituinen 4Q- analyysi kaikista vuonna 2014 ja 2015 ilmenneistä öljyvuoodoista muuntajissa, jotka on valmistettu Vaasassa. Viralliset tulokset on ilmoitettu liitteessä 1, mikä on tarkoitettu vain ABB:n sisäiseen käyttöön. 4Q-raportti on kirjoitettu ABB:n omien 4Q-ohjeiden mukaisesti ja se on toteutettu englannin kielellä. Raportti on ladattu myös ABB:n globaalin 4Q-kantaan, jossa sitä voidaan käyttää maailmanlaajuisesti ABB:n sisällä, mutta ulkopuolisille sitä ei saa luovuttaa.

Liitteenä olevassa raportissa on jaoteltu kaikki vuototapaukset omiin pääryhmiin, jonka jälkeen tehtiin perusteellisesti 4Q-analyysin kolme ensimmäistä vaihetta. Tutkimustyön tavoitteena oli tutkia kaikki vuoto-ongelmat ja antaa niiden korjaamiseksi parannusehdotukset. Q2-vaiheessa kaikki vuototapaukset analysoitiin yksitellen ja etsittiin mahdolliset juurisyyt. Q3-vaiheessa on annettu kaikki parannusehdotukset vuotojen ehkäisemiseksi. Lisäksi osalle uusista toimintatavoista tehtiin kustannusanalyysi uuden toimintatavan käyttöönotosta.

Tutkimuksesta saadut tulokset ovat erittäin hyviä, koska varsinaiseen tutkimusongelmaan saatiin realistiset vastaukset perusteellisen juurisyyanalyysin avulla. Tuloksista ilmenee selvästi suurimmat ongelmakohdat, jotka ovat käytössä olevat rakenteelliset virheet, puutteelliset kokoonpano-ohjeet ja kokoonpanon aikana tapahtuva suuri vaihtelu. Näiden asioiden kuntoon laittamisella vuoto-ongelmista saadaan poistettua yli 80 prosenttia.

Tuloksissa ilmenee myös laaduttomuuskustannukset, jotka ovat muodostuneet vuotavista muuntajista. Nämä kustannukset on eritelty erilaisille vuototyypeille, jolloin saadaan realistinen vaikutus, miksi kyseisiin vuoto-ongelmiin tulee puuttua. Vuototapaukset aiheuttavat vuodessa noin 250 000 euron laaduttomuuskustannukset. Vuodoista aiheutuvat kustannukset olivat 100-80 000 euron suuruisia ja keskimäärin yhden vuotavan muuntajan korjaus maksoi noin 7500 euroa. Kustannuksien suuruus vaihtelee vuodon tyypin ja muuntajan asennusmaan mukaan.

Osa ongelmista on yksittäistapauksia, joihin on vaikea löytää varsinaista juurisyytä. Nämäkin saadaan kuitenkin vähenemään parantamalla tiedottamista vuoto-ongelmiin ja niistä syntyviin kustannuksiin liittyen. Tiedottamisella saadaan työntekijät kiinnittämään enemmän huomiota öljyvuootoihin, jolloin ongelmiin tartutaan jo tehtaalla.

Tuloksia voidaan pitää hyvin luotettavina, koska tutkimusmateriaalia oli tarpeeksi suuri joukko ja lisäksi AfterSales - henkilöille tehdyt haastattelututkimukset vahvistivat asiakasreklamaatioista saatuja tuloksia.

Työn lopputuloksena saatiin lista tarvittavista toimenpiteistä, jotka pitää toteuttaa vuotojen eliminoimiseksi. Näiden toimeenpano jää yrityksen johdon vastuulle, eikä kuulu tämän työn sisältöön. Tarvittavat parannusehdotukset on kerrottu perusteluineen ja osalle tarvittavista toimenpiteistä on tehty myös kustannusanalyysi, josta ilmenee kustannuksien vaikutus uuden menetelmän käytössä. Näiden toimenpiteiden jälkeen vuotojen määrä pienenee huomattavasti ja laaduttomuuskustannukset vähenevät.

12 JATKOTUTKIMUKSET

Tutkimustyön aikana ilmeni aiheita useille uusille tutkimuksille. Yksi niistä aloitettiin heti ensimmäisten tutkimustulosten tullessa ilmi, koska yksi tiivistemateriaali aiheutti suurimman osan vuodoista. Tutkimuksen avulla pyritään vahvistamaan käsitystä tiivisteiden käytöstä ja vahvistamaan laskennallisia tuloksia. Tämä tutkimus tehdään yhdelle tiivistemateriaalille, jossa sen soveltuvuutta muuntajarakenteiden tiivistämiseen tutkitaan kokeellisen monimuuttujakokeen avulla. Tämä monimuuttujakoe tulee tehdä DOE-menetelmän mukaisesti. Tutkimuksessa tutkitaan eri asioiden keskinäistä vaikutusta toisiinsa, jonka tuloksena saadaan paras mahdollinen tiivistysmetodi kyseiselle tiivistemateriaalille. Tutkimuksessa tutkittavat muuttujat on eritelty tarkemmin liitteenä olevassa 4Q-raportissa ABB:n salassapitosopimuksen mukaisesti. Tämän tutkimuksen tuloksien perusteella standardirakenteet tulee päivittää vastaamaan parasta mahdollista tiivistystapaa ja ohjeet tulee päivittää ajanmukaisiksi. Tämä tutkimus on välttämätön, koska nykyisin käytössä oleva rakenne ei ole edes teoriassa öljyn pitävä.

Toinen jatkotutkimusaihe on tyssähitsattavien vaarnaruuvien suurimman sallitun momentin määrittäminen. ABB:llä on ollut käytössä jo pitkään tyssähitsattavat vaarnaruuvit, joille on määritelty omat suurimmat kiristysmomentit erillisessä ohjeessa. Ohjearvot perustuvat pultin hitsausliitoksen lujuuteen.

Ohjeen antamat suurimmat sallitut kiristysmomentit jäivät monessa tiivisteliitoksessa liian pieniksi tiivisteiden tarvitsemaan puristusvoimaan nähden, joten niiden käyttömahdollisuudet pitää tarkastella uudestaan. Käytössä oleva ohje on erittäin vanha ja tehty silloin, kun hitsattavien vaarnaruuvien menetelmä on otettu käyttöön. Nykyään hitsausmenetelmä on kuitenkin kehittynyt huomattavasti, jonka vuoksi momenttien ohjearvot tulisi päivittää vastaamaan nykyisen liitoksen lujuutta. Tutkimuksen tuloksien perusteella tulisi määrittää suurin sallittu kiristysmomentti hitsatulle vaarnaruuville.



KUVA 8. Tyssähitsattava vaarnaruuvi

Mahdollisten tulevien vuoto-ongelmien tutkimista tulisi jatkaa tässä tutkimustyössä käytettyjen menetelmien mukaisesti, jotta asioihin osattaisiin puuttua ajoissa ja niiden määrä saataisiin pienenemään jatkuvasti. Useiden tunnettujen laatujohtajien oppien mukaisesti laaduntarkkailua on jatkettava, jolloin laadunkehitys on jatkuvaa. Demingin- ympyrän mukaisesti nyt on toteutettu kolme ensimmäistä vaihetta ja toimenpiteiden käyttöönoton jälkeen ympyrä pitää aloittaa alusta, että nähdään muutoksien vaikutus. Jatkossa tutkimuksessa pitäisi käydä läpi samat vaiheet uudestaan ja tehdä tarvittavat toimenpiteet. Jatkuvan laadunparannuksen avulla tuotteen laatu saadaan pidettyä hyvänä ja kehityssuunta on oikea.

13 YHTEENVETO

Tutkimusongelma perustui todelliseen tarpeeseen ABB:n Vaasan Transformers-yksikössä. Vuototapaukset oli tiedostettu suureksi ongelmaksi ABB:n sisäisessä laadunparantamishankkeessa. Tästä muodostui tämän tutkimustyön aihe, jonka tarkoituksena oli tutkia kaikki vuosina 2014 ja 2015 vuotoihin liittyvät asiakasreklamaatiot, analysoida ne ja antaa parannusehdotukset vuoto-ongelmien eliminoimiseksi.

Tutkimustyön suoritus aloitettiin tekemällä perusteellinen tutkimussuunnitelma, missä mietittiin varsinaista tutkimuskysymystä ja mahdollisia käytettäviä tutkimusmenetelmiä. Tutkimusmenetelmäksi valittiin kvantitatiivinen tutkimus, joka perustuu CCRP- tietokannasta löytyviin asiakasreklamaatioihin. Kvantitatiivista tutkimusmenetelmää vahvistavaksi menetelmäksi valittiin kvalitatiivinen tutkimus, jossa haastateltiin AfterSales- osaston henkilöitä, jotka ovat päivittäisessä tekemisessä vuototapauksien korjaamisessa ja asiakasreklamaatioiden käsittelyssä. Näiden jälkeen tutkimusta jatkettiin tarkemman tapaustutkimuksen mukaisesti, jolloin jokaista yksittäistä tapausta tutkittiin perusteellisesti.

Työ aloitettiin tutustumalla ABB:n globaaliin reklamaatiokantaan CCRP:iin, mistä saatiin koottua tutkimuksen tutkimusmateriaali. Tutkimusmateriaalia löytyi yllättävän paljon, minkä vuoksi tämä vaihe kesti odotettua kauemmin. Reklamaatioiden lajittelun jälkeen tutustuttiin tarkemmin minkälaisista ongelmista oli kyse. Esitutkimuksen jälkeen mietittiin mahdollisia työkaluja, joilla asiat saataisiin havainnollistettua mahdollisimman tarkasti ja luotettavasti. Jokaisesta vuototapauksesta laadittiin oma lomake, johon vuototapaukset merkattiin ennalta määrättyjen luokitteluiden mukaisesti.

Luokittelun jälkeen saatiin ensimmäiset tulokset aikaiseksi. Näiden tuloksien perusteella saatiin selville suurimmat ongelmakohdat ja niiden vaikutukset. Vuoto-ongelmien tarkempi juurisyyanalyysi toteutettiin erilaisten laatutyökalujen avulla, kuten Pareton, aivoriihen, 5 x miksi ja ABB:n oman 4Q-työkalun avulla. Juurisyyanalyysin avulla saatiin todelliset syyt esille ja vuoto-ongelmien eliminoimiseksi saatiin seitsemän pääkohtaa, jotka pitää toteuttaa pienentääkseen öljyvuodoista yli 83%. Osa öljyvuodoista on vaikea eliminoida, koska nämä voivat johtua toimittajien komponenteista, ulkopuolisista ammattitaidottomista asentajista tai vuodoista, jotka syntyvät vasta ajan kuluttua.

Tutkimusaineisto, analyysi ja tulokset on esitetty tarkemmin liitteenä olevassa 4Q-raportissa ABB:n salassapitosopimuksen mukaisesti. Analyysi sisältää salaista tietoa tuotteesta, joten sitä ei voi luovuttaa ulkopuolisten käyttöön.

Työn aihe oli mielekäs, koska se perustui todelliseen tarpeeseen ja on lähellä omaa työnkuvaamme ABB:llä. Työn suorituksen aikana oppi hyvin eri tutkimusmenetelmiä ja niiden käyttömahdollisuuksia, laadun teoriaa ja sen merkitystä, eri laatutyökalujen käyttöä ja analysointia niiden avulla. Työn tulokset vastasivat tehtävänantoa ja työn laajuus pysyi hallinnassa. Suurimmat haasteet syntyivät aikataulun kanssa.

LÄHTEET

- ABB. 2016a. Www-dokumentti. Saatavissa: http://fi.inside.abb.com/cawp/gad00092/76c35e2b504-7905fc1257563004_6b5a7.aspx. Viitattu 20.2.2016.
- ABB. 2016b. Www-dokumentti. Saatavissa:<http://new.abb.com/fi/abblyhyesti/historia/suomalaiset-juuret>. Viitattu 25.2.2016
- ABB. 2016c. Www- dokumentti. Saatavissa:<http://inside.abb.com/cawp/gad0052/01afb732340f0845-6525796e001f29df.aspx>. Viitattu 20.2.2016.
- ABB. 2016d. Www-dokumentti. Saatavissa:<http://fi.inside.abb.com/cawp/gad00092/0245111d86002f63c2256adf00260759.aspx>. Viitattu 20.2.2016.
- ABB 2016e. Saatavissa:<http://inside.abb.com/cawp/gad00634/598e0a3ed7b4864dc1256c07000c23-87.aspx> Viitattu 30.3.2016.
- Blankenship, D. C. 2009. Applied Research and Evaluation Methods in Recreation. USA: Human Kinetic Publisher.
- Anderson, M. J. & Whitcomp P. J. 2015. DOE Simplified: Practical Tools for Effective Experimentation. 3. Painos. Florida: CRC Press.
- Demingin ympyrä 2016. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/koulutus/-jatkuva-parannus/> Viitattu 24.4.2016.
- Eisenhardt, K. M. 1989. Building Theories from Case Study Research. Academy of Management. The Academy of Management Review 1989.
- Goble, J. 1987. A Systematic Approach to Implementing SPC. ASQC Quality Congress Transactions. 1987.
- Harrington, H. J. 1987. Poor-Quality Cost. Florida: CRC Press.
- Harrington, H. J. 1988. The Improvement Process- How America's Leading Companies Improve Quality. New York: McGraw-hill.
- Heikkilä, T. 1998. Tilastollinen tutkimus. 3. painos. Helsinki: Oy Edita Ab.
- Juran, J. M. Juran on Leadership of Quality, The free press, New York. 1989
- Juran, J. M. & Godfrey, A. B. 1999. Juran's Quality Handbook. 5. Painos. New York: McGraw-Hill.
- Järvelin, K., Kvist, H., Kähäri, P. & Räikkönen, J. 1992. Palveluyrityksen laadun kehittäminen. Jyväskylä: Gummerrus Kirjapaino Oy
- Kato, I. & Smalley, A. 2011. Toyota Kaizen Methods, SixSteps to Improvement. Florida: CRC Press.

Koch, R. 1999. The 80/20 Principle, The secret to Achieving More with Less. Lontoo: Nicholas Brealey Publishing.

Kothari, C. R. 2004. Research methodology: Methods and Techniques. 2. Painos. Delhi: New Age International 2004.

Kuluttajan oikeudet 2016. Www-dokumentti. Saatavissa: http://www.kuluttajaliitto.fi/teemat/kuluttajanoikeudet/kuluttajakauppa/tavaran_ominaisuudet_ja_virhe. Viitattu 26.3.2016

Laatukustannukset eli laatuun ja laaduttomuuteen liittyvät kustannukset 2016. Www-dokumentti. Saatavissa: http://www.arvio.fi/artikkelit_laatukustannukset.html. Viitattu 23.3.2016

Murtomäki, L. Ryhmäkeskustelu kustannusanalyysistä 15.2.2016

Muuntajatekniikan perusteet: ABB:n sisäinen koulutusmateriaali, 1LFI000001- Rev. A

Pareton periaate 2016. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://koulutus.nmjjxx.com/society/officelife/1009019542.html>. Luettu 24.4.2016.

Pesonen, H. 2007. Laatu! Asiantuntijaorganisaation laatuopas. Juva: Infor. WS Bookwell Oy,

Pyzdek, T. The SIX SIGMA HANDBOOK.2003. New York: McGraw-Hill

Rekinen, T. Ryhmäkeskustelu kustannusanalyysistä 15.2.2016

Walton, M. & Deming, W. E. 1986. The Deming Management Methods. Management books. New York: Putnam.

Varonen, J. Tutkimushaastattelu 12.1.2016

Verkostojohtaminen 2016. Www-dokumentti. Saatavissa: http://verkostojohtaminen.fi/?page_id=143 Viitattu 15.3.2016

Yin, R. K. 1994. Case Study Research. Design and Methods. Los Angeles: Sage.

Poistettu julkisesta työstä ABB:n salassapitosopimuksen mukaisesti.

Projektitiedot	
Projektinumero	123456
Muuntajan sijoitusmaa	Suomi
Valmistusvuosi	2014
Vuodon havaitsemisvuosi	2015
Vuosien erotus	1
Ulkopuolinen asennus	Ei
Laaduttomuuskustannukset	3700
Työntekijä	3500
Osat	200
Muut	
Pelkkä konsultointi	
Ongelmakohta	
Säiliö	1
Hitsausliitos	
Komponentti	
Pulttiliitos	1
Muu	
Kansi	
Hitsausliitos	
Komponentti	
Pulttiliitos	
Muu	
Paisuntasäiliö	
Hitsausliitos	
Komponentti	
Pulttiliitos	
Muu	
Jäähdyttimet	1
ONAN	
Hitsausliitos	
Komponentti	
Pulttiliitos	
Muu	
Muut jäähdytin tyypit	
Hitsausliitos	
Komponentti	
Pulttiliitos	3
Muu	
Kannen kiinnitys	1
Pulttiliitos	2
Hitsausliitos	