



Vaasan yliopisto
UNIVERSITY OF VAASA

Mikko Kytöharju

Erikoismuuntajatehtaan toimittajarajapinnan prosessien optimointi laatupoikkeamatilanteissa

Tekniikan ja innovaatiojohtamisen akateeminen yksikkö
Diplomityö
Energiatekniikka

Vaasa 2023

VAASAN YLIOPISTO**Tekniikan ja innovaatiojohtamisen akateeminen yksikkö**

Tekijä:	Mikko Kytöharju		
Tutkielman nimi:	Erikoismuuntajatehtaan toimittajarajapinnan prosessien optimointi laatupoikkeamatilanteissa		
Tutkinto:	Diplomi-insinööri		
Oppiaine:	Energiatekniikka		
Työn valvoja:	Seppo Niemi		
Työn ohjaajat:	Anne Mäkiranta & Jussi Paananen		
Valmistumisvuosi:	2023	Sivumäärä:	72

TIIVISTELMÄ:

Tämän diplomityön tavoitteena oli tutkia Hitachi Energyn Vaasan muuntajatehtaan toimittajarajapinnan prosesseja laatupoikkeamatilanteissa ja selvittää mahdollisia puutoksia ja optimoituja kohteita läpi prosessin.

Työ tehtiin tuoreita tieteellisiä julkaisuja, alan kirjallisuutta, Hitachi Energyn Vaasan muuntajatehtaan materiaalia sekä kohdeyrityksen laadunhallinnassa vuosia toimineen tutkimuksen tekijän ja hänen kollegoidensa ammattitaitoa käyttäen. Lisäksi tutkimuksessa käytettiin tehtaan laadunvarmistustiimin muuntajan laatutarkastuksista keräämää dataa.

Työssä käsitellään muuntajan toimintaa yksinkertaistettuna, muuntajan eri komponenttien tehtäviä ja laadullisia perusvaatimuksia sekä muuntajille tehtäviä laatutarkastuksia, jotka muodostavat lähtöpisteen toimittajarajapinnan prosesseille laatupoikkeamatilanteissa. Muuntajan toiminnan, komponenttien ja laatutarkastusten käsittelyn lisäksi työssä tutkitaan perusteellisesti Vaasan muuntajatehtaan reklamaatioprosessin toimintaa, järjestelmiä, reklamaatiomääriä sekä hyvän reklamaation vaatimuksia.

Tutkimuksessa määritettiin optimoitavia kehityskohteita toimittajarajapinnan prosesseihin käyttäen apuna tietoa muuntajan toiminnasta, komponenttien laatuvaatimuksista, laatutarkastuksista sekä käytössä olevasta reklamaatioprosessista. Löydettyjen kehityskohteiden optimoimiseksi työssä esitetään ehdotuksia ja luodaan parannuksia olemassa oleviin käytäntöihin.

Työn tuloksena löydettiin optimoitavia kohteita Hitachi Energyn Vaasan muuntajatehtaan toimittajarajapinnan prosesseista laatupoikkeamatilanteissa. Optimoitavat kohteet olivat luonteeltaan jatkuvaa parantamista ja tarkastelua vaativia sekä kokonaan muutosta tarvitsevia ongelmia. Tutkimuksen perusteella luotiin toimittajareklamaation raporttipohja ohjaamaan reklamaatioprosessin yhtenäisyyttä ja tarkkuutta.

AVAINSANAT: Muuntaja, laadunhallinta, reklamaatio, toimittaja, tuotanto

UNIVERSITY OF VAASA**School of Technology and Innovations**

Author: Mikko Kytöharju
Thesis title: Optimization of the supplier interface processes of a special transformer factory in quality deviation situations
Degree: Master of Science in Technology
Degree program: Energy Technology
Supervisor: Seppo Niemi
Instructor: Anne Mäkiranta & Jussi Paananen
Year of graduation: 2023 **Pages:** 72

ABSTRACT:

The aim of this thesis was to investigate supplier interface processes in quality deviation situations at Hitachi Energy's Vaasa transformer factory and to find out possible deficiencies and areas for optimization throughout the process.

The study was done using recent scientific publications, industry literature, material from Hitachi Energy's Vaasa transformer factory, and the expertise of the author of the study and his colleagues, who have worked in the quality management of the target company for years. In addition, data collected from transformer quality inspections by the factory's quality assurance team was used in the research.

The study deals with the operation of the transformer in a simplified form, the tasks and basic quality requirements of the different components of the transformer, as well as the quality inspections performed on the transformers, which form the starting point for the processes of the supplier interface in the event of quality deviations. In addition to dealing with the operation of the transformer, components and quality inspections, the work thoroughly examined the operation of the Vaasa transformer factory's reclamation process, systems, reclamation amounts and the requirements for a good reclamation.

In the research, optimized development targets for the supplier interface processes were determined using information about the operation of the transformer, the quality requirements of the components, quality inspections and the complaint process in use. In order to optimize the development targets found, the work presents suggestions and creates improvements to existing practices.

As a result of the work, targets for optimization were found in the supplier interface processes of Hitachi Energy's Vaasa transformer factory in situations of quality deviations. The objects to be optimized were by their nature problems that required continuous improvement and review, as well as problems that needed a complete change. Based on the research, a supplier complaint report template was created to guide the uniformity and accuracy of the complaint process.

KEYWORDS: Transformer, quality management, reclamation, supplier, production

Alkusanat

Tämä diplomityö on tehty Hitachi Energy Finland Oy:n Vaasan muuntajatehtaalle. Kiitän kaikkia tutkimustyön sujuvan kulun mahdollistaneita henkilöitä.

Erityiskiitokset haluan osoittaa diplomityön ohjaajana toimineelle Jussi Paanaselle sekä muille, jotka ovat työhön omia näkemyksiä ja hyviä vinkkejä antaneet Hitachi Energy Finland Oy:n puolesta. Lisäksi haluan kiittää tiimiläisiäni joustavuudesta ja yhteistyöstä koko projektin aikana. Vaasan yliopiston henkilökuntaa haluan kiittää arvokkaista opeista koko opiskelujeni ajalta sekä erityiset kiitokset diplomityön valvojana toimineelle Seppo Niemelle ja työn ohjaajana toimineelle Anne Mäkirannalle.

Viimeisimpänä haluan kiittää perhettäni, läheisiäni ja kaikkia ystäviäni kannustuksesta ja tukemisesta läpi opiskelujeni.

Vaasassa 20.05.2023

Mikko Kytöharju

Sisällys

1	Johdanto	11
1.1	Työn tausta	11
1.2	Työn tavoite	11
1.3	Työn rakenne ja rajaus	12
2	Muuntaja yleisesti	13
2.1	Toiminta	14
2.2	Rakenne ja laatu	15
2.2.1	Rautasydän	15
2.2.2	Käämit	17
2.2.3	Eristysosat ja muuntajaöljy	19
2.2.4	Puristusosat	21
2.2.5	Sisäiset johdot ja kiskot	23
2.2.6	Säiliö ja kansi	25
2.2.7	Paisuntasäiliö	27
2.2.8	Läpiviennit	29
2.2.9	Varusteet ja ulkoinen johdotus	30
3	Muuntajan laatutarkastukset	33
3.1	Komponenttitarkastukset	33
3.2	Aktiiviosakatselmointi	37
3.3	Lähtökuntotarkastus	39
3.4	Tarkastuskortit	42
3.5	Ylimääräiset tarkastukset	43
4	Reklamaatioprosessi	45
4.1	Prosessin toiminta	45
4.2	Reklamaation vaatimukset	48
4.3	Järjestelmät ja reklamaatiomäärät	52
5	Reklamaatioprosessin kehityskohteet	55
6	Reklamaatioprosessin optimointi	58

7	Pohdinta	64
8	Johtopäätökset	67
9	Yhteenveto	68
	Lähteet	69
	Liitteet	71
	Liite 1. Luodun poikkeamaraporttipohjan etusivu	71
	Liite 2. Luodun poikkeamaraporttipohjan todistusmateriaalisivu	72

Kuvat

Kuva 1.	Kolmivaiheinen merituulivoimamuuntaja (Haddad, 2020).	13
Kuva 2.	Periaatekuva yksivaihemuuntajan toiminnasta (Muuntajatekniikan perusteet, 2007).	14
Kuva 3.	Muuntajasydän, joka on tuettu ja pakattu kuljetusta sekä säilytystä varten.	16
Kuva 4.	Laippakäämi kuljetuslavalla.	17
Kuva 5.	Vioittunut nippujohdin.	19
Kuva 6.	Muuntajan prespaanieristysosa.	20
Kuva 7.	Muuntajan aktiiviosa.	21
Kuva 8.	Muuntajan puristuspaikat kuljetushäkissä.	22
Kuva 9.	Kuparinen alajännitekiskosto muuntajassa.	23
Kuva 10.	Johdotuksessa käytettävä kuparialumiinipäittäisliitin.	24
Kuva 11.	Aaltolevyelementeistä valmistettu hitsattu muuntajasäiliö.	25
Kuva 12.	Hitsatulla kannella oleva radiaattoreilla jäähdytettävä muuntaja.	26
Kuva 13.	Muuntajan paisuntasäiliö.	28
Kuva 14.	Paisuntasäiliön vaipan alapinnan maalikalvon paksuusmittaus.	28
Kuva 15.	Posliiniläpivientejä muuntajan kannella.	29
Kuva 16.	Eristyslevyn läpi tulevia alajännitepuolen tinattuja kiskoläpivientejä.	30
Kuva 17.	Paisuntasäiliöön kiinnitetty muuntajan öljynkorkeuden osoitin.	31
Kuva 18.	Muuntajan apujohtokaappi ja sille tuleva ulkoinen johdotus.	32

Kuviot

Kuvio 1.	Vaasan muuntajatehtaan tilaus-toimitusprosessi ja Gate-malli (Asiakkuuden hallintaprosessi, 2017).	33
Kuvio 2.	Komponenttityypistä riippuvan vastaanottotarkastuslaajuuden nelivärinen määrittely.	34
Kuvio 3.	Pareto-diagrammi aktiiviosakatselmointien poikkeamista maaliskuussa 2023 (Aktiiviosakatselmointien poikkeamat, 2023).	39
Kuvio 4.	Ote sarjamuuntajan mallikohtaisesta tarkastuslistasta.	40
Kuvio 5.	Muuntajan tuotannossa käytetyt tarkastuskortit tarkastus- ja testaussuunnitelmassa (Tarkastus- ja testaussuunnitelma, 2022).	42
Kuvio 6.	Ratkaistu Poka-ilmoitus kirjaajan nimi ja projektinumero peitettynä.	43
Kuvio 7.	Vastaanottotarkastuksien karkea prosessikaavio (Vastaanottotarkastus, 2022).	45
Kuvio 8.	Säiliön vastaanottotarkastuksen prosessi (Vastaanottotarkastus, 2022).	46
Kuvio 9.	Toimittajareklamaatioprosessin toimintakaavio.	47
Kuvio 10.	Teräsosatoimittajien poikkeamat projektia kohden (Metalliosien laatuongelmat, 2023).	48
Kuvio 11.	Muuntajatehtaalla tehtyjen teräsosien korjausten kustannukset (Metalliosien laatuongelmat, 2023).	50
Kuvio 12.	8D-raportin ongelmaratkaisujärjestys (Techqualitypedia, 2020).	51
Kuvio 13.	Ote QM01 transaktion avaamasta toimittajareklamaatiokentästä SAP:ssa.	52
Kuvio 14.	Ote korjausjonotiedostosta projektinumero ja kirjaaja peitettynä.	53
Kuvio 15.	Esimerkki reklamaatiosähköpostista toimittajalle viitetiedot ja henkilöt peitettynä.	53
Kuvio 16.	Reklamaatiopohjan viitetietolokerot, aikataululokero ja vaatimukset toimittajan vastaukselle.	60
Kuvio 17.	Reklamaation aihe ja laatuvaatimusten lokerot toimittajareklamaation raporttipohjassa.	61
Kuvio 18.	Reklamaatiopohjan lokerot korjaussuunnitelmalle ja kustannusarviolle.	62

Taulukot

Taulukko 1.	Sähkönljuudet eristysaineissa. (Kivioja, 2012)	20
Taulukko 2.	Otanta vuoden 2023 helmikuun muuntajan pääteräosien poikkeamista (Metalliosien laatuongelmat, 2023).	35
Taulukko 3.	Otanta vuoden 2023 helmikuun omavalmisteisien käämien laatupoikkeamista (Käämivirheet, 2023).	36
Taulukko 4.	Otanta vuoden 2023 helmikuun aktiiviosakatselmointien poikkeamista (Aktiiviosakatselmointien poikkeamat, 2023).	38
Taulukko 5.	Otanta vuoden 2023 maaliskuun lähtökuntotarkastuksien poikkeamista (Lähtökuntotarkastuksien poikkeamat, 2023).	41

Lyhenteet

3D	Kolmiulotteinen (Three-dimensional)
8D	Kahdeksanportainen ongelmanratkaisutyökalu (Eight Disciplines)
CTC	Osajohtimista muodostettu nippujohdin (Continuously Transposed Conductor)
DGPT 2	Suojalaite, johon on yhdistetty öljyn lämpötilan, korkeuden ja paineen mittaus (Detection of Gas, Pressure and Temperature 2)
DIN	Saksalainen standardointi-instituutti (Deutsches Institut für Normung)
ERP	Yrityksen resurssien suunnittelu (Enterprise Resource Planning)
G5	Gate-mallin viides portti, jossa muuntaja on valmis tuotannosta (Gate 5)
I	Virta
IEC	Sähköalan maailmanlaajuinen standardointijärjestö (International Electrotechnical Commission)
IWE	Kansainvälinen hitsausinsinööri (International Welding Engineer)
LSW	Johtamistekniikoita, työkaluja ja taitoja, jotka on standardoitu päivittäisiin ja viikoittaisiin rutiineihin (Leader Standard Work)
N	Kierroslukumäärä
NCR	Poikkeamaraportti (Non-Conformance Report)
PO	Ostotilaus (Purchase Order)
QM	Laadunhallinta (Quality Management)
RCA	Juurisyyanalyysi (Root Cause Analysis)
SAP	Liiketoimintaprosessien hallintaohjelmisto (Systeme, Anwendungen und Produkte)
U	Jännite
VT	Visuaalinen tarkastus

1 Johdanto

Hitachi Energy Finland Oy:lle tärkeä prioriteetti on yrityksen liiketoiminnan jatkuva parantaminen kaikilla osa-alueilla. Tässä tutkimuksessa käsitellään Vaasan muuntajatehtaan laadunvarmistustoimintojen tehokkuutta toimittajarajapinnan prosesseissa laatu-poikkeamatilanteissa. Toimittajarajapinnan prosessit ovat Vaasan muuntajatehtaan tärkeimpiä ja aikaa vievimpiä prosesseja laadunvarmistuksen ja erityisesti toimittajalaadun kehityksen kannalta. Mahdollisimman hyvin toimivalla ja selkeällä prosessilla laatu-poikkeamatilanteissa saadaan sujuvuus ja suurin mahdollinen hyöty sekä asiakkaan että toimittajan näkökulmasta.

1.1 Työn tausta

Tutkimuksen taustalla on Hitachi Energy Finland Oy:n halu suorittaa mahdollisia jatkuvaan parantamiseen liittyviä toimenpiteitä toimittajarajapinnan prosesseille laatu-poikkeamatilanteissa Vaasan muuntajatehtaalla. Tarkastelulla halutaan havaita mahdollisia parannuskohteita nykyisessä toiminnassa, joita voidaan jatkotoimenpitein korjata. Motivaationa tutkimuksen taustalla toimivat myös mahdolliset kustannussäästöt, laatu-poikkeamatilanteisiin liittyvän työkuorman helpottaminen sekä toimittajalaadun kehittäminen.

1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena oli löytää optimoitavia asioita toimittajarajapinnan prosesseista laatu-poikkeamatilanteissa sekä yhtenäistää Vaasan muuntajatehtaan sisäisiä toimintatapoja noissa tilanteissa. Toimittajareklamaatioprosessin tarkastelusta löytyviin ongelmiin oli tavoitteena löytää ratkaisu, joka on mahdollisimman selkeä ja kustannustehokas sekä palvelee parhaalla mahdollisella tavalla prosessin kaikkia osapuolia. Tavoitteena oli myös

luoda joustava ratkaisu ongelmiin, jotta tietojärjestelmämuutokset eivät vaikeuta ratkaisun käyttöönottoa eivätkä toimittajarajapinnan prosesseihin liittyvät vaatimukset aiheuta tulevaisuudessa ongelmia.

1.3 Työn rakenne ja raja

Työ koostuu yhdeksästä luvusta. Johdannon jälkeen toisessa luvussa käsitellään erikoismuuntajien rakennetta, toimintaa ja eri komponenttien laadullisia perusvaatimuksia. Kolmas luku käsittelee muuntajan laatutarkastuksia, niiden kohdentamista eri tilanteissa sekä dataa, jota Vaasan muuntajatehtaalla kerätään laadullisen kokonaiskuvan määrittämiseksi. Neljäs ja viides luku keskittyvät toimittajarajapinnan prosessien tutkimiseen sekä mahdollisten kehityskohteiden havaitsemiseen. Kuudennessa luvussa esitetään ratkaisu aikaisemmissa luvuissa löydettyjen ongelmakohtien korjaamiseksi. Seitsemäs, kahdeksas ja yhdeksäs luku sisältävät pohdinnan, tehdyt johtopäätökset ja yhteenvedon työstä.

Tutkimus on rajattu käsittelemään vain toimittajarajapinnan prosessien optimointia laatu- ja tuotantotilanteissa. Asiakasrajapinnan prosesseja ei käsitellä. Tutkimuksessa tarkastelluista laadunvarmistusprosesseista on pääosin rajattu pois muuntajan loppukoestukseen liittyvät sähköiset testit ja niitä käydään läpi vain sivuten. Vaasan muuntajatehdas valmistaa myös kuristimia, joiden laadunhallintaan käytetään samanlaisia prosesseja kuin muuntajien. Työ keskittyy pääosin muuntajien tekniikkaan ja kuristimia käsitellään vain osittain.

2 Muuntaja yleisesti

Tässä luvussa käsitellään yleisesti muuntajan toimintaa ja sen komponentteja. Keksintönä muuntaja on vanha ja ensimmäiset muuntajat on keksitty yli sata vuotta sitten. Perustoimintaperiaate ja osat ovat muuntajissa pysyneet samana koko ajan. Vaikka perusta muuntajilla on ollut pitkään samanlainen, on ajan saatossa muuntajille kehittynyt useita erilaisia käyttötarkoituksia. (Muuntajatekniikan perusteet, 2007) Vaasan muuntajatehdas toimii hyvänä esimerkkinä muuntajien käyttötarkoitusten laajuudesta, sillä tuoteportfolio on hyvin laaja. Vaasassa valmistetaan esimerkiksi sähköverkkomuuntajia, ratamuuntajia ja uunimuuntajia. Muita sovelluksia ovat ATEX ympäristöön sijoitettavat ja vedenalaiset muuntajat sekä erilaiset tuulivoimamuuntajat, josta esimerkki kuvassa 1.



Kuva 1. Kolmivaiheinen merituulivoimamuuntaja (Haddad, 2020).

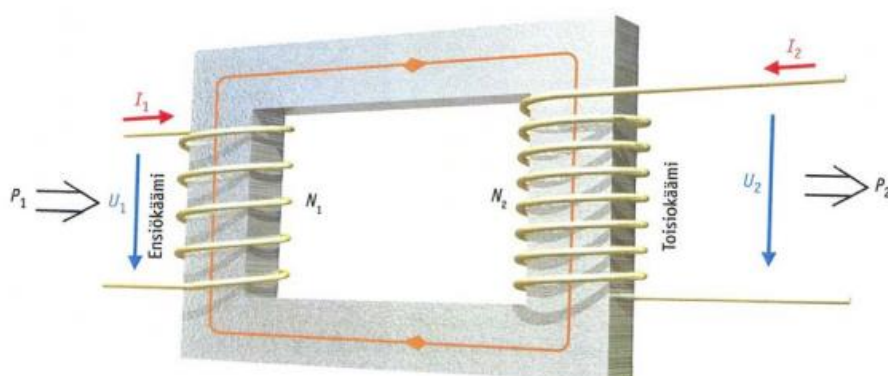
2.1 Toiminta

Muuntajan tarkoituksena on muuttaa jännite suuremmaksi tai pienemmäksi ja se toimii vain vaihtosähköllä, jolla on jaksollisesti muuttuva napaisuus ja jännitteen arvo. Kyseinen muutos tapahtuu sähkömagneettisen induktion avulla. Muuntajan ensiökäämiin kytetään vaihtojännite, joka muodostaa muuttuvan magneettivuon muuntajan sydämeen. Samalla muuntajasydämellä, johon magneettivuo on syntynyt, on myös toisiokäämi. Magneettivuo lävistää toisiokäämin, jolloin toisiokäämiin indusoituu jännite. Seuraavasta kaavasta nähdään, miten jännite, käämien kierroslukumäärä ja virta käyttäytyvät suhteessa toisiinsa ensiö- ja toisiopuolella:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad (1)$$

jossa U_1 on ensiöjännite, U_2 on toisiojännite, N_1 on ensiökäämin kierroslukumäärä, N_2 on toisiokäämin kierroslukumäärä, I_2 on toisiovirta ja I_1 on ensiövirta.

Kaavasta 1 nähdään, että ensiö- ja toisiojännitteen suuruus on suoraan verrannollinen käämien kierroslukujen suhteeseen, kun taas ensiö- ja toisiovirta on kääntäen verrannollinen. Kuva 2 havainnollistaa yksivaiheisen muuntajan toimintaperiaatetta muuttujineen. (Aaltonen, 2019; Muuntajatekniikan perusteet, 2007)



Kuva 2. Periaatekuva yksivaihemuuntajan toiminnasta (Muuntajatekniikan perusteet, 2007).

2.2 Rakenne ja laatu

Muuntajan rakenteeseen kuuluu edellisessä luvussa mainittujen käämien ja rautasydämen lisäksi lukuisia muita osia eri käyttötarkoituksille. Muuntajan peruskomponentit pysyvät samana, mutta komponenteissa voi olla paljon eroavaisuuksia riippuen muuntajan käyttötarkoituksesta. Myös asiakasvaatimukset ovat merkittävässä osassa lopulliseen tuotteeseen tulevien osien ja komponenttien määrässä sekä ominaisuuksissa. Eri komponenteille rakenteella määritellään myös laatuvaatimukset standardien ja toleranssien avulla ja lopullinen laadunvarmistus koko muuntajalle toteutetaan muuntajan loppukoestuksen yhteydessä IEC 60076 standardin mukaan. Laatuvaatimuksia on tärkeää valvoa tarkasti, jotta muuntajan pitkäaikainen virheetön toiminta ja asiakastyytyväisyys saadaan varmistettua sekä laaduttomuudesta aiheutuvat kustannukset minimoitua.

2.2.1 Rautasydän

Muuntajan rautasydän koostuu pylväistä ja ikeistä, jotka on ladottu ohuesta pinnoitusta muuntajalevystä. Laadun näkökannalta muuntajan sydämessä on useita kriittisiä kohtia, sillä se vaikuttaa merkittävästi itse muuntajan ominaisuuksiin. Sydänlevyjen on oltava jäysteettömiä ja pinnoitettuja, jotta vältytään sähköiseltä kosketukselta levyjen välillä. Sähköinen kosketus synnyttää virtapiirin sydämeen, joka aiheuttaa huomattavia tyhjäkäyntihäviöitä tai jopa vaurioitumisen. Myös sydämen oikeanlainen ladontatapa on tärkeää tyhjäkäyntihäviöiden minimoimiseksi. Sydämen on tärkeää olla myös oikeaa materiaalia, jotta piirin magneettinen vastus minimoidaan ja kidesuuntaus toteutuu magneettivuon oikeanlaisen ohjautumisen takaamiseksi. Muuntajasydämen ulkomitat laskeaan muuntajan tehon mukaan, jolloin on tärkeää, ettei ladonnan yhteydessä sydämeen jää rakoja esimerkiksi levyjen taipumien tai mutkien takia. Jos rakoja jää muuntajasydämen ulkohalkaisija kasvaa ja sydäimestä voidaan joutua jättämään levyjä pois, jolloin raudan määrä pienenee ja tämän seurauksena vuontiheys sekä tyhjäkäyntihäviöt kasvavat. Sydämille kriittistä on myös mitoituksessa yleisesti pysyminen, jotta ongelmia ei aiheudu

muuntajan kokoonpanon seuraavissa vaiheissa esimerkiksi pylväiden suoruuden tai pylväiden halkaisijoiden mittapoikkeamien vuoksi. Vähintään yhtä tärkeänä sydämen toimivuuden kannalta voidaan pitää myös eristys- ja puristusosia, joiden avulla varmistetaan sähkön oikeanlainen käyttäytyminen sydämen rakenteissa sekä sydämen mekaaninen lujuus. Sydämen lujuuden takaamiseen liittyy myös lakkapinnoite, jonka täytyy olla riittävä sydämen lujuuden lisäämiseksi sekä suojan antamiseksi ilman kosteutta vastaan. (Muuntajatekniikan perusteet, 2007)



Kuva 3. Muuntajasydän, joka on tuettu ja pakattu kuljetusta sekä säilytystä varten.

Oman haasteensa muuntajasydämien laadunvalvontaan tuovat sydämet, jotka ostetaan alihankkijoilta. Sydämen tekovaiheen laaturiskien lisäksi uuden ulottuvuuden tuovat riskit kuljetuksen ja siirtelyn sekä pitkäaikaisen säilytyksen aikana. Tämän vuoksi on ensiarvoisen tärkeää, että muuntajasydän on tuettu ja pakattu huolellisesti ja kaikki haasteet liittyen säärasitukseen ja kuljetuksen tärinöihin on otettu huomioon kuten kuvassa 3 jo osittain pakkaukset puretussa toimittajan valmistamassa sydämessä.

2.2.2 Käämit

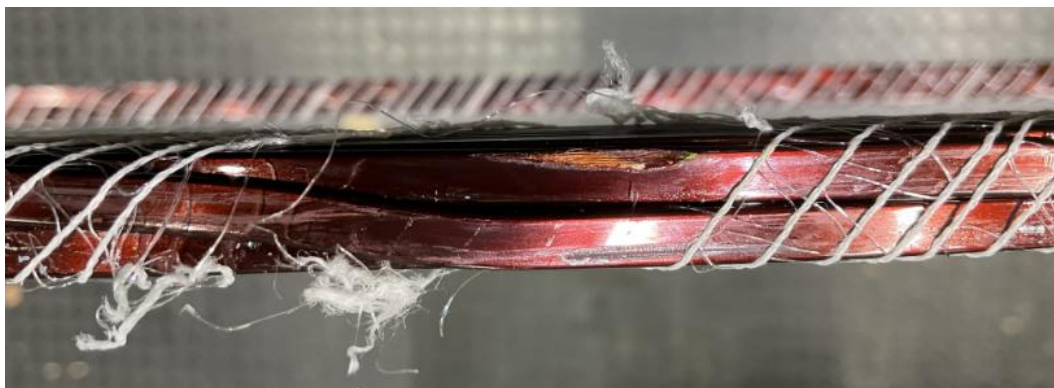
Muuntajan käämit ovat olennainen osa muuntajan toimintaprosessia siten, että ensiökäämiin johdettu sähkövirta synnyttää käämille magneettikentän, joka magnetisoi muuntajan rautasydämen. Magnetisoitunut rautasydän muodostaa sähkövirran toisiokäämiin. Muuntaja koostuu vähintään kahdesta käämityksestä, jotka ovat ylä- ja alajännitekäämit. Kaksi käämistä ei kuitenkaan ole enimmäismäärä vaan erikoistapauksissa voi olla myös useita alajännitekäämityksiä. Lisäksi on mahdollista, että muuntajassa on säätökäämi yläjännitekäämityksen jatkona. Akselin suunnassa käämi jakaantuu vyyhteihin, kun taas säteen suunnassa kerroksiin. Jäähdytys käämeissä tapahtuu jäähdytyskanavien avulla. Jäähdytyskanavien kautta virtaava öljy sitoo käämien häviölämmön itseensä ja siirtää lämmön pois käämeistä. Käämityyppejä on useita erilaisia, jotka palvelevat eri käyttötarkoituksissa paremmin kuin toiset. Käytettävän käämin rakenne määrittyy muuntajan tehon, käämin jännitteen ja virran mukaan. Eri käämityyppejä ovat esimerkiksi nauhakäämi, kerroskäämi, kuvassa 4 esiintyvä laippakäämi, ruuvikäämi ja lieriökäämi. (Muuntajatekniikan perusteet, 2007; Muuntajatekninen peruskoulutus, 1998)



Kuva 4. Laippakäämi kuljetuslavalla.

Laadunvalvonnan kannalta käämit ovat kriittisiä sekä haastavia valvottavia. Pelkästään käämin pyöreällä muodolla on tarkoitus, sillä se on tehokas käämiin muodostuvia säteen suuntaisia oikosulkurasituksia vastaan. Myös johtimen muodolla on merkitystä, sillä useimmiten käytetty suorakaiteen muotoinen johdin tarjoaa hyvän täyttekertoimen sekä helpottaa jäähdytystä. Toinen tyypillinen johdin on nippujohdin (CTC), jossa tärkeintä on risteilyn laatu tasaisen magneettikentän takaamiseksi. Risteilyn avulla voidaan pitää häviöt kurissa, sillä kuormitus jakautuu tasaisesti osajohtimien kesken. Lisäksi oikean materiaalin käyttäminen on tärkeää, sillä se on määritelty asiakkaan häviöarvostukseen ja raaka-aineiden hintaan.

Käämit koostuvat useista kerroksista, kuten kuvan 4 laippakäämistä voidaan huomata. Tämän vuoksi on lähes mahdotonta huomata sisärakenteissa olevia poikkeamia visuaalisesti. Hyvin pienetkin poikkeamat voivat muuntajan koestusvaiheessa aiheuttaa koestusvaurion. Tämän vuoksi onkin erittäin tärkeää, että käämijät ovat hyvin koulutettuja ja laatuksentrollit jatkuvat läpi käämin valmistamisen ajan. Pelkästään pienien välikkeiden puuttuminen heikentää käämien jäähdytystehoa. Seuraavia tuotannon vaihetta ajatellen käämien on myös pysyttävä mahdollisimman tarkasti suunnitelluissa mitoissaan. Mitoituksen toteutuessa taataan myös riittävät etäisyydet jännitteisten osien välillä. Viimeinen visuaalinen tarkastus on tärkeässä osassa ennen kuin käämi vapautetaan seuraavaan tuotannon vaiheeseen. On tärkeää havaita mahdolliset tekovirheet sekä mekaaniset vauriot esimerkiksi eristyksissä kuten kuvan 5 nippujohtimessa. Eristys on nauhakäämeissä myös mekaanista lujuutta antava rakenne. Käämien eristys käämin sisällä, eri käämien välillä ja maata vasten mitoitetaan suurimpien jänniterasitusten mukaan kohta kohdalta. (Muuntajatekniikan perusteet, 2007) Myös käämin puhtauteen on kiinnitettävä erityisesti huomiota, sillä pienikin määrä metallipölyä herkän käämin pinnoilla aiheuttaa suuret riskit. Käämien laatu ennen muuntajan loppukoestuksessa tapahtuvaa lopullista laadunvarmistusta voidaan varmistaa myös esimerkiksi muuntosuhdemittauksissa sekä eristysmittauksissa.



Kuva 5. Vioittunut nippujohdin.

Alihankkijoilta ostetuille käämeille on tehtävä samat visuaaliset tarkastukset ja mittaukset kuin itse valmistetuille. Ylimääräisiä riskejä alihankkijan toimittamille käämeille synnyttävät kuljetuksen aikainen toiminta ja ylimääräinen siirtely. Kuljetus ja siirtely ovat riskialttiita hetkiä erityisesti mekaanisille vaurioille sekä epäpuhtauksien kertymiselle käämien pinnalle. Myös pitkäaikainen säilytys on riski käämille, mikäli se ei ole suojattu asianmukaisella tavalla. Näistä syistä on erittäin tärkeää, että käämit on suojattu ja pakattu huolellisesti sekä varastoitu oikeanlaisessa ympäristössä.

2.2.3 Eristysosat ja muuntajaöljy

Muuntajissa esiintyy useita erilaisia eristysrakenteita. Eristysrakenteet kohtaavat erityyppisiä rasituksia. Eristysosina toimivat kiinteät eristeet, joita ovat esimerkiksi lasikuitu, paperi, puu ja kuvassa 6 esiintyvä prespaani. Toinen eristystyyppi muuntajassa on neste eli muuntajaöljy. Muuntajaöljyllä on monipuolinen käyttötarkoitus, sillä se toimii eristys- sekä jäähdytysaineena. Myös muuntajaöljyjä on erityyppisiä. Yleisiä käytettyjä tyyppisiä ovat hiilivetyrakenteista koostuva mineraaliöljy sekä ympäristöystävällisempi synteettinen esteri (Midel). Yhdessä kiinteä ja nestemäinen eriste muuntajassa muodostavat yhdistetyn eristerakenteen. Muuntajaöljyn impregnoituessa kiinteään eristysaineeseen saavutetaan huomattavasti tehokkaampi sähkönlujuus kuten taulukosta 1 voidaan huomata. (Kivioja, 2012; Muuntajatekninen peruskoulutus, 1998)

Taulukko 1. Sähkönlujuudet eristysaineissa. (Kivioja, 2012)

Eristysaine	Sähkönlujuus (kV/mm)
Ilma	n. 3
Muuntajaöljy	20-30
Paperi (kuiva)	6
Paperi (öljyimpregnoitu)	40-75

Eristysrakenteiden kunto ja oikeanlainen koostumus ovat laadun kannalta erittäin tärkeitä ominaisuuksia. Suurin osa muuntajien koestuksissa tapahtuvista vaurioista on jännite- eli eristysvaurioita. Eristysmateriaalien kuivuus ja puhtaus ovat tärkeässä osassa laadukkaana muuntajan tuotannossa, sillä ideaalitulanteessa eristysrakenne omaa mahdollisimman suuren resistiviteetin, alhaisen häviökertoimen ja erinomaisen osittaispurkausten sietokyvyn. Lisäksi eristysosien kemiallinen stabiilius on tärkeää, jotta muuntaja eristysrakenne kestää läpi sen pitkän käyttöiän. Hyvällä ja laadukkaalla kiinteän ja neste-mäisen osan muodostamalla eristysrakenteella saavutetaan luotettava ja toimiva muuntaja. (Kivioja, 2012; Muuntajatekninen peruskoulutus, 1998) Eristysosien laadunvalvonnassa keskitytään pääosin kiinteiden osien hyvään ja kontrolloituun prosessien aikaiseen kuivaamiseen sekä epäpuhtauksien valvontaan. Eristysnesteiden tapauksissa valvotaan käytettävien nesteiden ominaisuuksia öljynäytteillä, joille tehdään laboratoriotutkimuksia.

**Kuva 6.** Muuntajan prespaanieristysosa.

2.2.4 Puristusosat

Muuntajan aktiiviosassa on useita eri puristusosia. Puristusosien tehtävänä on toimia tukirakenteena aktiiviosalle, joka koostuu sydäimestä, sisäisestä johdotuksesta, käämeistä ja eristysosista. Sydämen, käämien, eristysosien ja sisäisen johdotuksen muodostama kuvassa 7 nähtävä aktiiviosa tarvitsee tukea esimerkiksi muuntajan ympäristössä tapahtuvalta tärinältä sekä käämeissä oikosulussa tapahtuvia rasituksia vastaan. Lisäksi puristusosat takaavat, että aktiiviosat eivät liiku toisiinsa nähden esimerkiksi kuljetuksen yhteydessä. Pääasialliset puristusosat muuntajan aktiiviosassa ovat käämipöydät, prespaanilieriöt, vetolevyt, nostoruuvit ja puristuspaalkit. Käämipöydät valmistetaan useimmiten puusta ja prespaanilieriöt nimensä mukaisesti prespaanista. Vetolevyt, nostoruuvit ja puristuspaalkit ovat teräsosia. Edellä mainittujen puristusosien lisäksi erilaisia pieniä osia puristuksen avuksi on useita erilaisia. (Muuntajatekniikan perusteet, 2007; Muuntajatekninen peruskoulutus, 1998)



Kuva 7. Muuntajan aktiiviosa.

Koska puristusosat ovat rakenteiltaan ja materiaaleiltaan hyvin erilaisia myös laadunvalvonta on hyvin monipuolista ja monitasoista. Puristusosat mitoitetaan kestävästi oikosulkuilanteissa käämeissä tapahtuvat radiaaliset ja aksiaaliset voimat. Puristusosien tärkeitä ominaisuuksia ovat puhtaus, kuivuus ja mekaaninen kestävyys. Prespaaniosissa valvotaan pääosin puhtautta ja kuivuus varmistetaan osien kuivaamisella. Prespaaniin saattaa olla kiinnittynyt esimerkiksi johtava metallilastu, joka on mahdollinen koestusvaurion aiheuttaja. Puuosille pätee pääosin samat valvottavat kohteet kuin prespaaniosille. Lisäksi tulee puuosien laminoinnin valvominen, sillä laminointisuunta ja tapa vaikuttavat puuosan mekaanisen kestävyteen. Tärkeitä asioita ovat myös osien mitoituksen onnistuminen sekä mekaanisten vaurioiden tarkkailu, jotta oikosulkuvoimat eivät pääse aiheuttamaan muuntajalle vaurioita.

Teräsosat kuten kuvassa 8 esiintyvät puristuspaalit vaativat tarkkaa valvontaa, sillä valmistusmenetelmä on haastava. Hitsauksien on tärkeää olla luotettavia, jotta teräsosille lasketut lujuusominaisuudet pitävät paikkansa. Teräs johtavana materiaalina aiheuttaa riskejä myös sähköisesti mahdollisten terävien piikkien tai metallisten epäpuhtauksien kuten poralastujen päätyessä muuntajan sisälle. Ruuveissa kierteiden on oltava kunnossa ja mitoissaan, jotta aktiiviosaan tarvittava puristus saadaan muodostettua turvalisesti ja kestävästi. Teräsosissa ilmaantuessa ongelmia korjaavat toimenpiteet ovat usein kokoluokaltaan suuria, joten yksityiskohtaisella tarkastuksella ennen kokoonpanoa voidaan välttää aikaa vieviltä ongelmilta.



Kuva 8. Muuntajan puristuspaalit kuljetushäkissä.

2.2.5 Sisäiset johdot ja kiskot

Muuntajien sisällä kulkee lukuisia johtimia. Sisäinen johdotus, joka nähdään myös kuvassa 7 muodostuu muuntajan läpivientien liittämistä käämeihin sekä säätöjohdotuksesta. Tehtävänä sisäisellä johdotuksella on siirtää virtaa käämikytkimen, käämien ja läpivientien välillä. Materiaalina sisäisessä johdotuksessa toimii yleensä kupari. Käämeihin kuparikaapelin liittäminen tapahtuu puristusliitoksella, kun taas läpivienteihin johdotus liitetään ruuviliitoksella. Suurivirtaisissa tapauksissa muuntajan sisäiset liitokset tehdään kiskoilla kuten kuvassa 9. Kiskojen materiaalina toimii kupari tai sähköalumiini ja liitostapana hitsaus, juottaminen tai pulttiliitos. (Muuntajatekniikan perusteet, 2007; Muuntajatekninen peruskoulutus, 1998)



Kuva 9. Kuparinen alajännitekiskosto muuntajassa.

Laadun kannalta tärkeää sisäisen johdotuksen ja kiskojen tapauksessa on läpilyöntien ehkäiseminen. Johdotuksen toimivuus on varmistettu mitoittamalla johtimet suurimman sallitun lämpenemän perusteella, joten on tärkeää käyttää suunnitellun mukaisia johtimia. Johtimien ollessa oikeanlaiset vältetään liiallisen lämpenemisen aiheuttamilta

ongelmilta. Myös johdinten liitokset ovat kriittisessä osassa ja on tärkeä, että liitoskohdassa johdinta on kuorittu sopiva määrä. Liitoskohdassa on vältettävä liiallisen kuorinnan aiheuttamaa paljasta kuparipintaa, mutta kuorinnan on oltava myös riittävän pitkä, jotta puristusholkin liitos on pitävä. Eri suuruisille johtimille täytyy käyttää eri kokoisia puristusholkkeja ja holkkien kunnosta on varmistuttava ennen asennusta. (Muuntajatekniikan perusteet, 2007; Muuntajatekninen peruskoulutus, 1998) Kuparista ja alumiinista valmistettu sekapäättäisliitin esitetään kuvassa 10.



Kuva 10. Johdotuksessa käytettävä kuparialumiinipäättäisliitin.

Laadukkaan sisäisen johdotuksen tai kiskotuksen muodostamiseksi suurivirtaisten johtimien ja kiskojen rakenteet täytyy olla vahvoja ja virheettömiä oikosulkuvoimien vuoksi. Kiskojen ja kaapelien tuenta on tärkeässä roolissa, jotta rakenteesta tulee riittävän vankka. Mikäli kiskot tai johdotus pääsee liikkumaan esimerkiksi lähemmäs muuntajasäiliön seinämää, on vaarana läpilyönti. Tästä syystä johdotuspuiden ja kiskoston laadunvalvonta on tärkeää. Johdotuspuiden laminointi on oltava oikeanlainen sekä kiskostossa olevat mahdolliset hitsaukset täytyy olla laadukkaat ja suunnitellun mukaiset. Kiskotuksen perusmateriaalin murtumia on syytä pitää silmällä taivutusten vuoksi. Johdotuksen suurijännitteisillä alueilla eristyksen oltava virheetön ja siihen täytyy kiinnittää erityistä huomiota. Myös korkeajännitteisen johdotuksen lähellä olevat muut muuntajan rakenteen osat täytyy olla sileitä, sillä terävät kärjet ja särvät aiheuttavat läpilyönnin vaaran. On tärkeää, että esimerkiksi lähellä suuria jännitteitä olevat palkkirakenteet ovat pyöristettyjä sekä mahdollisesti eristettyjä. (Muuntajatekniikan perusteet, 2007)

2.2.6 Säiliö ja kansi

Muuntajasäiliön perustehtävät ovat kestävänä ja kantavan runkona sekä öljysäiliönä toimiminen. Säiliön on oltava öljytiivis ja sen on kestävä sijoituskohteen ympäristörasitukset. Luonnollisesti säiliö suojaa myös muuntajan sisällä olevia osia. Vaatimukset säiliöiden kestävyydelle voivat olla hyvinkin erilaisia riippuen asiakkaan vaatimuksista, joihin vaikuttaa muuntajan käyttötarkoitus ja sijoituspaikka. Lisäksi muuntajan säiliö toimii jäähdyttimenä ja käytettävä säiliötyyppi riippuukin paljon jäähdytystavasta. Muuntajasäiliönä käytetään joko kuvan 11 tyyppistä aaltolevysäiliöitä tai huomattavasti paksummasta teräslevystä valmistettuja säiliöitä, jolloin jäähdytystapana käytetään radiaattoreita, vesi- tai ilmajäähdyttimiä. Muuntajasäiliö on joko hermeettinen tai paisuntasäiliöllä varustettu. Kun muuntajalla ei ole erillistä tilaa öljyn paisumisen varalle, kutsutaan muuntajaa hermeettiseksi. (Muuntajatekniikan perusteet, 2007; Muuntajatekninen peruskoulutus, 1998)



Kuva 11. Aaltolevyelementeistä valmistettu hitsattu muuntajasäiliö.

Muuntajan kansi on teräslevystä valmistettu rakenne, joka sulkee säiliön yläpään. Kansi valmistetaan teräslevystä, jonka paksuus vaihtelee muuntajan ominaisuuksien mukaan.

Kansi kiinnitetään säiliön kaulavanteeseen. Säiliön ja kaulavanteen väliin asetetaan tiiviste ja tiivistettä suojaava palosuojanauha, mikäli kansi hitsataan kiinni kuten kuvan 12 tapauksessa. Kansi voidaan tarvittaessa kiinnittää myös pulteilla, jolloin tarvetta palosuojanauhalle ei ole. Tyypillisesti kanteen kiinnitetään muuntajan läpiviennit ja muita varusteita, joten kannen rakenteeseen on tarpeellista hitsata varusteiden kiinnitystä varten myös erilaisia laippoja. Lisäksi useimmissa tapauksissa kanteen kiinnitetään muuntajan aktiiviosa, jolloin myös aktiiviosan nostaminen muuntajan säiliöön tapahtuu kannen avulla.



Kuva 12. Hitsatulla kannella oleva radiaattoreilla jäähdytettävä muuntaja.

Muuntajan säiliö ja kansi ovat suuria teräsosia ja vaativia valmistettavia, joten ne vaativat tarkkaa valvontaa. Jokainen kansi ja säiliö tulisi tarkastaa koulutetun metalliosatarkastajan toimesta. Laadunvalvonnassa tärkeää on hitsausten laatuluokkien tuntemus, jolloin tarkastaja osaa varmistaa liitosten olevan riittävän lujia ja suunnitellun mukaisia. Hitsauk-

sen laadunvarmistus on erittäin tärkeää, sillä hitsaussaumot ovat muuntajan sisäisen painenvaihtelun ja värinän vuoksi toisinaan kovankin rasituksen kohteena. Muita tärkeitä asioita hitsauksien lisäksi ovat kriittisten pintojen suoruus ja tasomaisuus, viimeistelyn laatu, mitoitus sekä pintakäsittely. Samat vaatimukset pätevät pääosin radiaattoreille ja jäähdyttimille, mutta lisävaatimuksina tulevat esimerkiksi pumppuihin liittyvät tarkastukset kuten oikean pyörimissuunnan varmistaminen. Kriittisiä pintoja ovat useimmiten erilaiset tiivistepinnat, jotka aiheuttavat helposti vuotoja, mikäli ne eivät ole riittävän tasomaisia. Viimeistelyn laatu on tärkeää, sillä säiliön sisällä olevat hitsausroiskeet tai terävät pykälät pyöristetyiksi vaadittavissa kulmissa voivat aiheuttaa muuntajalle koestusvaurion. Epäonnistunut mitoitus luonnollisesti voi aiheuttaa ongelmia riittämättöminä etäisyyksinä jännitteisiin osiin tai osien sopimattomuutta. Epäonnistunut pintakäsittely ei anna teräksisille kansille ja säiliöille riittävää suojaa säärasituksia vastaan. Edellä mainittujen mahdollisten laatu- ja säilytysongelmien lisäksi säiliöissä ja kansissa voi olla lukuisia muitakin pienempiä ongelmia, mikäli valmistus on epäonnistunut.

2.2.7 Paisuntasäiliö

Muuntajassa paisuntasäiliö toimii nimensä mukaisesti paisuntatilana ja se valmistetaan teräksestä hitsaamalla. Kuvassa 13 nähdään paisuntasäiliön tyypillinen rakenne. Öljyn tilavuuden muuttuessa ympäristön lämpötilan ja muuntajan kuormituksen mukaan öljyn korkeus nousee ja laskee muuntajan paisuntasäiliössä. Paisuntasäiliön mitoituksessa tärkeää on ottaa huomioon, että öljyn ollessa kylmimmillään ja tilavuus pienimmillään paisuntasäiliössä on oltava vielä riittävästi öljyä. Vastaavasti paisuntasäiliötä mitoitettaessa öljyn ollessa lämpimimmillään ja tilavuuden suurimmillaan paisuntasäiliön pitäisi olla lähes täynnä öljyä. Tällä tavalla varmistetaan, että muuntajan öljyn korkeus on aina kannen yläpuolella, jolloin ilmataskuja ei pääse syntymään kannen alapinnoille sekä muuntajan aktiiviosa on aina öljyn peitossa. Toisinaan paisuntasäiliön sisällä käytetään kumipussia, jonka tilavuus vaihtelee muuntajan öljyn lämpötilan mukaan. Tällä tavalla voidaan välttää öljyn ja ilman suora kosketus, joka vähentää pitkällä aikavälillä öljyn kulumista. (Muuntajatekniikan perusteet, 2007; Muuntajatekninen peruskoulutus, 1998)



Kuva 13. Muuntajan paisuntasäiliö.

Paisuntasäiliön laadunvalvonnassa pätee hyvin samanlaiset säännöt kuin muuntajan kannen ja säiliön laatutarkastuksissa. Paisuntasäiliön on myös yksi muuntajan pääte-räsosista. Jokainen paisuntasäiliö pitää tarkastaa koulutetun teräso tarkastajan toimesta. Hitsauksien tulee olla riittävän kestävät, öljyn pitävät ja hitsausvaatimusten mukaiset. Paisuntasäiliöissä voi olla myös kriittisiä tasomaisia pintoja, joihin kiinnitetään varusteita, kuten öljynkorkeusmittari. Myös kiinnityslaiipoissa olevat koneistetut tiivisteurat täytyy olla virheettömiä vuotojen ehkäisemiseksi. Viimeistelyn laatu on myös tärkeässä osassa, sillä esimerkiksi paisuntasäiliön sisällä olevat terävät kulmat voivat pahimmassa tapauksessa rikkoa sisällä olevan kumipussin. Myös hitsausroiskeet sisäpinnoilla voivat kulkeutua muuntajaöljyn mukana muuntajan aktiiviosan käämitykseen tai muille kriittisille alueille. Epäonnistunut mitoitus aiheuttaa osien sopimattomuutta muuntajan koamisvaiheessa. Onnistunut pintakäsittely paisuntasäiliölle takaa riittävän ilmastorastuksen keston, joten maalikalvon paksuuksia ja kuntoa on syytä valvoa kuten kuvassa 14.



Kuva 14. Paisuntasäiliön vaipan alapinnan maalikalvon paksuusmittaus.

2.2.8 Läpiviennit

Muuntajan kytkemiseksi sähköverkkoon tarvitaan läpivientejä. Läpiviennit toimivat eristimenä, kun muuntajan käämeiltä tuodaan kytkentäjohtimia tai -kiskoja maapotentiaalissa olevan muuntajan säiliön tai kannen läpi. Läpiviennin tehtävänä on siis estää läpilyönnit vaihe- ja nolajohtimista muuntajan johtaviin rakenteisiin. Useimmiten läpiviennit on asennettu kannelle, mutta toisinaan myös muuntajan kylkeen. Sijoituspaikka riippuu asiakkaan tarpeesta. Yleisimpiä muuntajissa käytettyjä läpivientityyppejä ovat kuvassa 15 esiintyvät posliiniläpiviennit, kondensaattoriläpiviennit, erilaiset valetut epoksiläpiviennit kuten pistokeläpiviennit sekä tinatut kuparikiskoläpiviennit, jotka vaativat erillisen eristysratkaisun, kuten esimerkiksi eristeenä toimivan läpivientilevyn. (Muuntajatekniikan perusteet, 2007; Muuntajatekninen peruskoulutus, 1998)



Kuva 15. Posliiniläpivientejä muuntajan kannella.

Läpivientien laadunvalvontaprosessi lähtee jo läpivientien toimittajalta. Toimittaja testaa läpivientien ominaisuudet ja tarpeen mukaan toimittaa testipöytäkirjan todistuksena. Vastaanotettaessa läpivientejä on tärkeää tarkastaa läpivientien kunto saapuessa. Tällä

tavoin vältetään käyttämästä tuotannossa mekaanisesti vaurioituneita läpivientejä. Kriteerit läpivientien laadulle voidaan asettaa usealla eri tavalla, mutta yksi tyypillinen tapa on saksalainen DIN-standardi. Läpiviennit ovat suhteellisen herkkiä komponentteja ja ne voivatkin vaurioitua myös tuotantoprosessin eri vaiheissa johtuen esimerkiksi ylimääräisestä väännöstä tai iskusta. Tämän vuoksi on tärkeää, että läpivientejä käsitellään varoen sekä niiden täytyy olla suojattuna mahdollisimman hyvin tuotantoprosessien aikana. Tyypillinen vaurio on esimerkiksi läpiviennin posliinieristyksen halkeaminen, jolloin eristys heikkenee ja myös öljyvuodot ovat mahdollisia. Muita mahdollisia tyypillisiä ongelmia ovat yläjännitepuolella käytettyjen valettujen pistokeläpivientien kriittisten alueiden epoksipintojen naarmut sekä kuvassa 16 esiintyvien kiskoläpivientien tinapintojen vaurioituminen tai liitospinnan epätasomaisuus. Erillistä eristyslevyä käytettäessä on tärkeää valvoa myös levyn kuntoa siihen liitettävien läpivientien lisäksi. Sähköisesti läpivientien toimivuus varmistetaan viimeistään muuntajan loppukoestuksien yhteydessä, joka suoritetaan normaalisti IEC 60076 standardin mukaisesti.



Kuva 16. Eristyslevyn läpi tulevia alajännitepuolen tinattuja kiskoläpivientejä.

2.2.9 Varusteet ja ulkoinen johdotus

Muuntaja voidaan varustella useilla erilaisilla laitteilla asiakkaan vaatimusten ja tarpeen mukaan. Yleisimpiä muuntajan varusteita ovat radiaattorit, virtamuuntajat, kaasurele,

ylipaineventtiili, erilaiset lämpömittarit, ilmankuivain sekä kuvassa 17 esiintyvä öljynkorkeuden osoitin. Mutta tarpeen vaatiessa voidaan muuntaja varustaa useilla muillakin apulaitteilla kuten kaasuanalysaattori ja hermeettisissä muuntajissa käytettävä DGPT 2. (Muuntajatekniikan perusteet, 2007)



Kuva 17. Paisuntasäiliöön kiinnitetty muuntajan öljynkorkeuden osoitin.

Apulaitteiden toimivuus testataan toimintakokeilla, joissa tarkastetaan hälytys- ja laukaisukoskettimien toiminta, moottoreiden pyörimissuunta sekä suojalaitteiden toiminta. (Muuntajatekniikan perusteet, 2007) Apulaitteiden laadunvalvonta perustuu mekaanisten vaurioiden valvontaan sekä apulaitteiden toimivuuskokeisiin. Apulaitteiden laadunvalvonta onkin myös tärkeässä osassa koko muuntajan turvallisuuden ja toimivuuden kannalta. Toimivien apulaitteiden avulla vältytään muuntajan ja sen ympäristön suuremmilta vaurioilta sekä varmistetaan muuntajan laadukas toiminta. Varusteille tehdään tarvittaessa kuvassa 18 esiintyvä ulkoinen johdotus eli laitteilta tulevat johdot kytketään yhteiseen paikkaan apujohtokaapille. Ulkoisessa johdotuksessa on tärkeää, että johdotuksen taivutussäde on valmistajan vaatimuksen mukainen ja johtimen eristys on vauriottomaton. Myös tärkeitä asioita, joihin pitää kiinnittää huomiota ovat johtimen sidonta

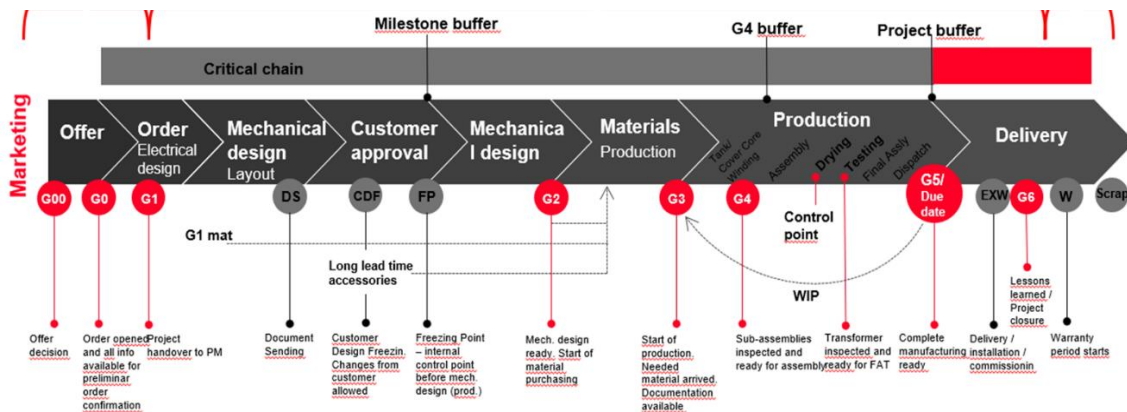
ja reititys muuntajan kaapeliratoja pitkin, läpivientikohtien johdotuksen ohjaaminen siten, että vesi ohjataan läpivienniltä pois sekä estetiikka. Ulkoisen johdotuksen toimivuus testataan eristyskokeen avulla.



Kuva 18. Muuntajan apujohtokaappi ja sille tuleva ulkoinen johdotus.

3 Muuntajan laatutarkastukset

Tässä luvussa käsitellään, millaista laadunvarmistustoimintaa Hitachi Energyn Vaasan muuntajatehtaalla tehdään. Luvussa käydään läpi myös, miten muuntajien laatutarkastuksia kohdennetaan erilaisissa tilanteissa sekä millaista dataa kerätään laadullisen kokonaiskuvan määrittämiseksi eri tarkastusten yhteydessä. Kun sähköiset loppukoestukset rajataan pois, voidaan muuntajan laatutarkastukset jakaa ennalta määritettyihin komponenttitarjontoihin, valmistusprosessiin kuuluvaan aktiiviosakatselmointiin, viimeisessä vaiheessa ennen muuntajan lähetystä tehtävään lähtökuntotarkastukseen, erilaisiin tarpeen mukaan vaadittaviin ylimääräisiin tarkastuksiin sekä jatkuvasti muuntajan valmistusprosessin mukana kulkeviin tarkastuskortteihin. Kuvion 1 Gate-mallissa muuntajan komponentteihin ja rakenteeseen liittyvät laaduntarkastukset tapahtuvat Gate 2 (G2) lähtien ja ne loppuvat viimeisiin tarkastuksiin Gate 5 (G5) yhteydessä.



Kuvio 1. Vaasan muuntajatehtaan tilaus-toimitusprosessi ja Gate-malli (Asiakkuuden hallintaprosessi, 2017).

3.1 Komponenttitarjontatarkastukset

Hitachi Energyn Vaasan muuntajatehtaalla komponenttien tarkastuksia määrittelee tehtaalle luotu vastaanottomenettely. Vastaanoton yhteydessä on tarkoitus tutkia ja verrata, täyttääkö tehtaalle saapuva tavara sille asetetut vaatimukset laadun, pakkauksen sekä

kuljetuksen osalta. Komponenttien tarkastuksissa erillisiä laatutarkastusvelvollisuuksia voidaan määrittellä myös toimittajalle. Näissä tapauksissa ostaja viestii tarkastustavan toimittajalle. Vastaanottoon sisältyvät toiminnot ovat kollitarkastus, määrätarkastus, sovittujen materiaalien laatutarkastus sekä poikkeavan tavaran käsittely. (Vastaanottomenettely, 2022) Kolli- ja määrätarkastus tehdään pääosin logistiikan toimesta. Poikkeavan tavaran käsittelyn hoitaa logistiikka laatuosaston tuella tilanteissa, joissa esimerkiksi reklamaation kautta joudutaan palauttamaan viallinen tuote korjaukseen. Sovittujen materiaalien laatutarkastukset tehdään muuntajan laadun kannalta kriittisimmille komponenteille kuvion 2 mukaisen värikoodauksen mukaisesti.



Kuvio 2. Komponenttityypistä riippuvan vastaanottotarkastuslaajuuden nelivärinen määrittely.

Nelivärisessä määrittelyssä tyypillisiä vihreään lokeroon sijoituvia komponentteja, jotka eivät vaadi erillisiä tarkastuksia ovat muuntajan peruskiinnitysosat, kuten pultit ja mutterit, joille ei ole asetettu erityisvaatimuksia. Keltainen värikoodi on tyypillisesti käytössä komponenteissa, joissa on aiemmin ilmaantunut ongelmia ja otantatarkastusta tarvitaan

laadun tason seuraamiseen. Tällainen tapaus voi olla esimerkiksi paineanturi, jonka toiminnassa on havaittu ongelmia. Oranssiin lokeroon määritellään WindSTAR-tuotteiden komponenttikohtaiset tarkastukset, jotka poikkeavat hieman normaalikäytännöistä tuotteiden erityisvaatimusten ja sarjaluontoisuuden vuoksi. Punaiseen lokeroon määritellään muuntajan kannalta kriittisimmät osat, joille on välttämätöntä tehdä laaduntarkastus ennen tuotantoon vapauttamista. Tähän luokkaan kuuluvien komponenttien laatua seurataan jatkuvasti sekä datan keräys on laajaa. Taulukossa 2 nähdään kuukauden otanta muuntajan pääteräosien toimittajien erityyppisistä laatupoikkeamista. Punaiseen lokeroon kuuluvia komponentteja ovat esimerkiksi muuntajan pääteräosat, kaikki käämit, tietyt läpivientityypit sekä ostetut sydämet.

Taulukko 2. Otanta vuoden 2023 helmikuun muuntajan pääteräosien poikkeamista (Metallosien laatuongelmat, 2023).

HELMIKUU 2023	A	B	C	D	E	F	Yht.
Hitsausvirhe		1	11			2	14
Pyöritykset tai hionnat		2				36	38
Väärä maali							0
Osapuute		6			1		7
Pintakäsittely			12	1	1	13	27
Lohjennut maali tai sinkki							0
Mitoitusvirhe	8			1	1		10
Kuljetusvaurio						3	3
Koneistus- tai leikkausvirhe	1		13		2		16
Tyssähitsatun pultin irtoaminen							0
Jäysteitä tai hitsausroiskeita		2	2	4		16	24
Maalauksen maskeeraus			1	2		8	11
Lavojen merkitseminen							0
Väärä osa	2		10	1			13
Epäpuhtaus		1	4	5	1	18	29
Väärä materiaali							0
Suoruus tai tasomaisuus					1		1
Muu					1		1
Yhteensä	11	12	53	14	8	96	194

Komponenttikohtaisilla tarkastuksilla kerättyä dataa käytetään toimittajien laaduntuotokyvyn tarkasteluun. Laaduntuotokkyä mitataan datan avulla erilaisilla kuvaajilla ja

arvioidaan esimerkiksi Pareto periaatteen mukaan. Laaduntuottokyvyn seuranta on tärkeässä osassa toimittajalaadun kehittämisessä. Toimittajalaadun kehityksen lisäksi tietoa kerätään oman tuotannon laaduntuottokyvystä ja seurausperiaatteet ovat hyvin samantyyppisiä. Omavalmisteisten käämien poikkeamaseuranta on tyypillinen esimerkki tästä. Jatkuvasti kehitystä seuraamalla voidaan puuttua kriittisten komponenttien laaduttomuuteen jo aikaisessa vaiheessa. Kuvaajien antaman tiedon perusteella voidaan järjestää koulutuksia omalle henkilöstölle ja käydä tekemiseen liittyviä laatupoikkeamia aiheuttavia asioita läpi esimerkiksi viikkopalavereissa. Taulukossa 3 nähdään kuukauden otanta omavalmisteisten käämien laatupoikkeamista. Taulukosta nähdään myös käämityyppi, jossa virhe on ollut sekä yleinen luokittelu virheen syyille ja sijainnille. Helmikuussa 2023 ongelmat ovat ilmaantuneet taulukon mukaan ruuvi- ja laippakäämeissä.

Taulukko 3. Otanta vuoden 2023 helmikuun omavalmisteisten käämien laatupoikkeamista (Käämivirheet, 2023).

Helmikuu	2023	Omavalmiste				
		Folio	Kerros	Lieriö	Ruuvi	Laippa
Eristevaurio	Jäyste tai purse					
Yleinen	Tarkastuskortti				2	2
	Kolhittu					
	Lika					
	Suunnittelu				1	1
	Tarkastuskortti					
	Kierrosvirhe					
Vyyhti	Sidonta					
	Johdin					
	Välike					2
	Välikerengas					3
Ulosotto	Sidonta				3	
	Asemointi					1
	Eristys					
	Kiilat					
	Suoja					
Ohjausjohdin	Sidonta					1
	Sijainti					

Taulukko 3 jatkuu seuraavalla sivulla.

Taulukko 3 jatkuu edelliseltä sivulta.

Kulmasuojat	Ei asennettu					
	Limitys					
	Sidonta					
	Rikki					1
Kaulus	Ei asennettu					
	Limitys					
	Sidonta					
	Rikki/väärin asennettu					1
Risteilyt	Sijainti					1
	Eristys					
	Langan koko					
	Yhteensä	0	0	0	6	13

3.2 Aktiivosakatselmointi

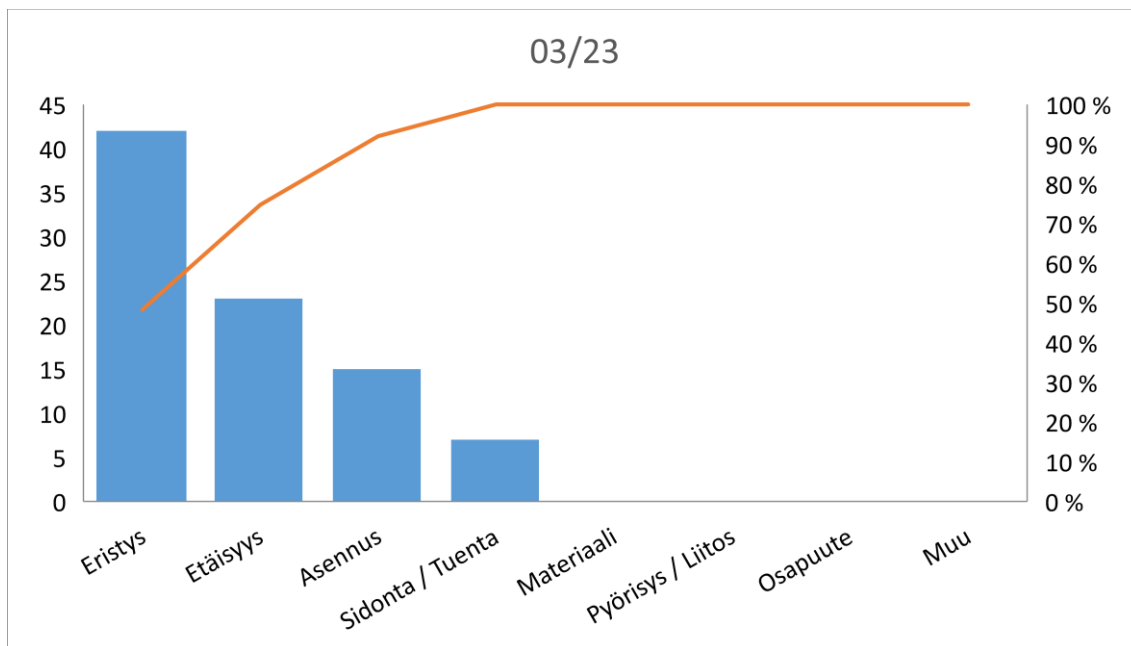
Tärkeä osa muuntajan valmistusprosessissa koestusvaurioiden ehkäisemiseksi on aktiivosakatselmointi. Aktiivosi eli sydämeistä, käämeistä, eristysosista ja sisäisestä johdotuksesta koostuva kokonaisuus tarkastetaan kokoonpanon valmistuttua ennen muuntajan kuivausta ja säiliöintiä. Tarkastuksen yhteydessä varmistetaan, että muuntajalla on edellytykset virheettömään toimintaan ennen sähköisiä koestuksia ja sen valmistuessa. Tarkastuksen avulla pyritään poistamaan kaikki mahdollisesti poikkeamat ja koestusvaurioihin johtavat ongelmat ennaltaehkäisevästi.

Aktiivosakatselmoinnissa on useimmiten neljän eri organisaation edustaja. Organisaatiot ovat sähköinen suunnittelu, rakennesuunnittelu, tuotanto sekä laatu. Erikoistapauksissa voidaan järjestää laajennettu aktiivosakatselmointi, jolloin tarkastajia on enemmän sekä tarkastusaika on usein pidempi. Myös aktiivosakatselmointien poikkeamista kerätään dataa, jonka avulla voidaan kehittää tehtaan omaa toimintaa sekä mahdollisesti reklamoida toimittajia. Taulukossa 4 nähdään maaliskuussa 2023 aktiivosakatselmoinnissa olleiden projektien poikkeamien määriä. Poikkeamat on lajiteltu tyyppin mukaan, jonka avulla voidaan seurata kehitystä eri kategorioissa esimerkiksi kuvion 3 mukaisen Pareto-diagrammin avulla.

Taulukko 4. Otanta vuoden 2023 helmikuun aktiivosakatselmointien poikkeamista (Aktiivosakatselmointien poikkeamat, 2023).

MAALISKUU 2023					Etäisyys	Sidonta / Tuenta	Asennus	Materiaali	Pyörästys / Liitos	Osapuute	Eristys	Muu	Yhteensä
kk	vko	kpl	Linja	Projekti									
3	10	1	3	A	5		1				2		8
3	11	1	3	B	3		1				7		11
3	11	1	3	C	3						5		8
3	11	1	2	D							1		1
3	11	1	2	E			1				1		2
3	10	1	3	F	1	1	2				5		9
3	10	1	3	G	4	1	3				8		16
3	12	1	2	H		3	1				1		5
3	12	1	2	I		1	1				2		4
3	10	1	3	J	1	1	3				5		10
3	13	1	3	K	6		2				5		13

Aktiivosakatselmointi on tarkastuksena haastava, sillä se koostuu lukuisista tarkastettavista asioista. Tämän vuoksi tarkastusryhmän on hyvä olla laaja. Katselmoinnissa valvotaan, että sähköisen laadunvalvonnan tarkastuskortit sekä kaikki muu ennen aktiivosakatselmointia tehtävä työ on valmiina. Aktiivosassa läpikäytäviä asioita ovat yläjännitekytkentä, pää- ja väliulosotot, läpivientijohdotus, säätöjohdotus, tähtipiste, käämit tai väliottokytkin, alajännitekytkentä, tertiäärikäämi ja johdotus, käämit ja kokoonpano, muuntajasydän, mahdollinen säiliön sisäinen muuntaja tai kuristin ja virtamuuntajat. Lisäksi muuntajan säiliöitä ja kansia voidaan tarkastella esimerkiksi shunttien etäisyyksien osalta. Aktiivosakatselmointia ennen tehdään myös puolivalmismittaukset. Yleisesti tarkastetaan aktiivosan siisteys ja se, että aktiivosassa on valmistettu suunnittelun kuvien mukaisesti kaikki merkinnät mukaan lukien. Lopuksi otetaan vielä kuvat ja tehdään päätös mahdollisesta uusintakatselmoinnista, mikäli jotain poikkeavaa täytyy tarkastaa uudelleen.



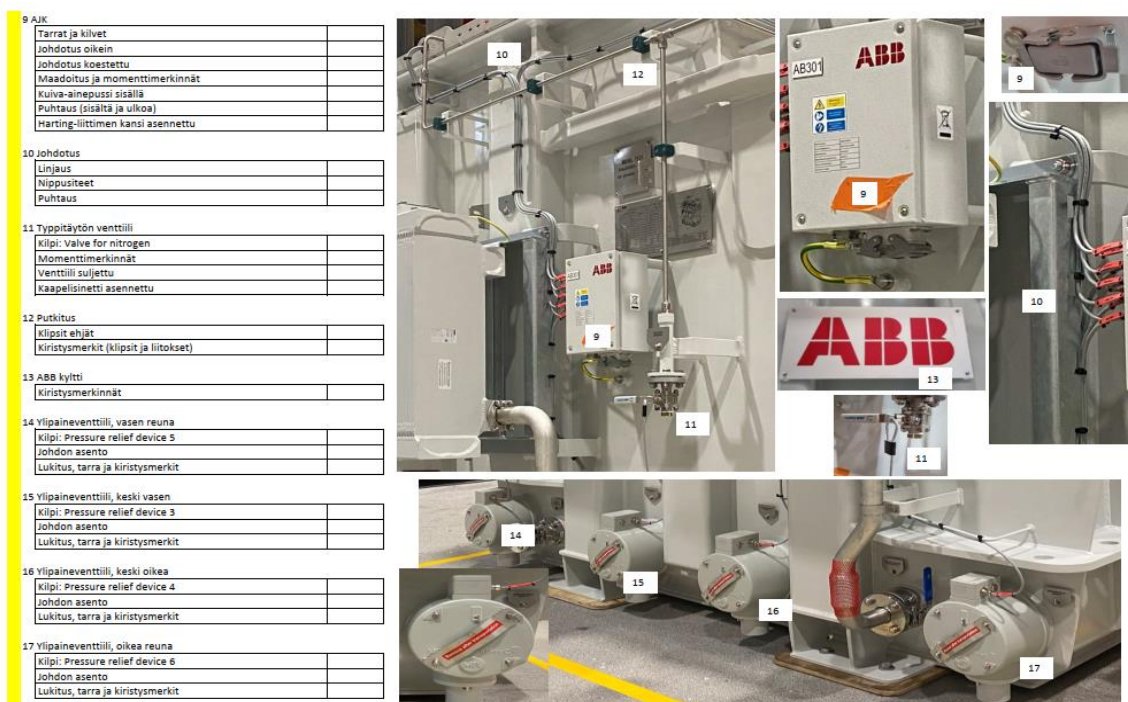
Kuvio 3. Pareto-diagrammi aktiiviosakatselmointien poikkeamista maaliskuussa 2023 (Aktiiviosakatselmointien poikkeamat, 2023).

3.3 Lähtökuntotarkastus

Ennen muuntajan lähettämistä asiakkaalle tehdään viimeinen tarkastus, jossa käydään läpi ja varmistetaan muuntajan kunto sekä valmius ennen asiakkaalle toimitusta. Tarkastusta kutsutaan lähtökuntotarkastukseksi, joka on toiselta nimeltään Gate-mallin mukaisesti G5 tarkastus. Tarkastukseen osallistuu tarkastettavan muuntajan projektipäällikkö ja rakennesuunnittelija sekä tarkastuksen tekevät myös tuotannon ja laadunvarmistuksen edustajat. Tavoitteena on, että nelihenkinen tarkastusryhmä tekee tarkastuksen yhtäaikaaisesti, jolloin myös ajatusten vaihtaminen muuntajaan liittyvistä erilaisista mahdollisista poikkeamista on helppoa. Mikäli G5 tarkastuksen aikana havaitaan poikkeamia, kirjataan ne ylös ja merkataan tarvittaessa myös tarkastettuun muuntajaan. Tyypillisesti korjattavat asiat kirjataan joko lähetyksen yhteydessä käytettävään tarkastuskorttiin suoraan tai erilliseen punch-listaan, joka merkataan edellä mainittuun tarkastuskorttiin kuitattavaksi. Informaatio korjattavista asioista sekä tilanteen vaatiessa korjausohjeet annetaan lähettämön työnjohtajalle, joka varmistaa, että tarkastuksessa löydetyt poikkeamat

korjataan ennen muuntajan lähettämistä asiakkaalle. Jos muuntaja on kutsutun lähtökuntotarkastuksen aikana pahasti keskeneräinen tai poikkeamia löytyy runsaasti, voidaan tarkastus kutsua uudelleen.

Vaatimukset muuntajalle vaihtelevat asiakkaiden mukaan. Tämän vuoksi on tärkeää, että tarkastukseen osallistuu monen eri organisaation edustajia, jolloin tarkastus saadaan mahdollisimman kattavaksi ja kaikki vaatimukset eri näkökannoilta tarkasteltuna tulevat täytetyksi. Lisäksi lähtökuntotarkastukset eroavat toisistaan myös sarjakoona perusteella. Sarjamuuntajissa tarkastuksen apuna toimii lista, joka on suunniteltu kyseiselle muuntajamallille. Kuviossa 4 nähdään ote erään muuntajamallin tarkastuslistan yhdestä sivusta. Listaan merkataan tarkastetut asiat kohta kohdalta, kun taas esimerkiksi yhden muuntajan projekteissa tarkastus suoritetaan yleispätevän listauksen mukaan, jolloin tarkastajien oma tarkkaavaisuus ja pätevyys tulee vielä suurempaan merkitykseen.



Kuvio 4. Ote sarjamuuntajan mallikohtaisesta tarkastuslistasta.

Lähtökuntotarkastuksen aikana muuntajaa lähetysvalmiiksi todettaessa käydään läpi useita asioita. Lähtökuntotarkastus perustuu visuaaliseen tarkastamiseen. Visuaalisesti

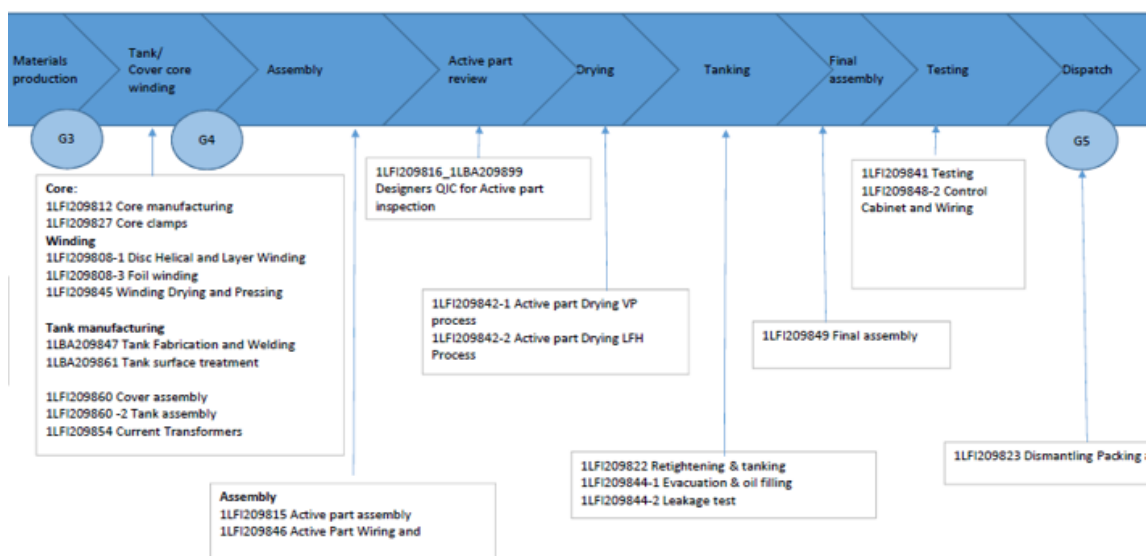
varmistetaan muuntajan yleinen siisteys, varusteet ja venttiilit, jäähdytysyksiköt, tarrat ja kilvet, maadoitukset, apujohtokaapit, johdotuksen ja liittimien kunnot, kiristysmerkit ja momentoinnit, putkitukset sekä maalaus. Lisäksi on tärkeää käydä tiivisteliitokset ja mahdolliset öljyvuotopaikat läpi, jonka avulla voidaan tehdä viimeinen varmistus sille, että muuntaja ei vuoda. Tarkastuksien aikana löydetty poikkeamat kirjataan ylös ja siirretään tarkastusdataan, jonka avulla voidaan kontrolloida tehtaan omaa laaduntuotokkyä. Lisäksi kerättyä dataa voidaan käyttää hyväksi toimittajareklamaatioissa ja toimittajien kehityksessä. Taulukossa 5 nähdään lähtökuntotarkastuksista maaliskuussa 2023 kerätty poikkeamatieto.

Taulukko 5. Otanta vuoden 2023 maaliskuun lähtökuntotarkastuksien poikkeamista (Lähtökuntotarkastuksien poikkeamat, 2023).

2023					Löysä liitos / Kiristysmerkintä	Muuntajan ohjeistus	Maalivaurio	Lika	Öljyjäämä	Osat	Kuljetusvaruste-poikeama	Muu	Poikkeamia per projekti
Maaliskuu													
kk	vko	kpl	Linja	Projekti									
3	10	1	1	A	3			1	2	1			7
3	10	1	1	B	4		1	3	1			1	10
3	10	1	1	C	2			2	1	2	1	2	10
3	11	1	1	D	1		1		1	2	1		6
3	11	1	1	E	4		2	1	1			1	9
3	11	1	1	F	1				4	2			7
3	11	1	1	G	2								2
3	12	1	1	H	2		3	1		1			7
3	12	1	1	I	1		2	2	5	4	1	2	0
3	12	1	1	J	2				2	1			5
3	12	1	1	K	6			3	3				12
3	12	1	1	L	2		2	3	1				8
3	13	1	1	M	1				1	2			4
3	13	1	1	N	2		1	1		1			5
3	9	1	1	O			2		1	2			5

3.4 Tarkastuskortit

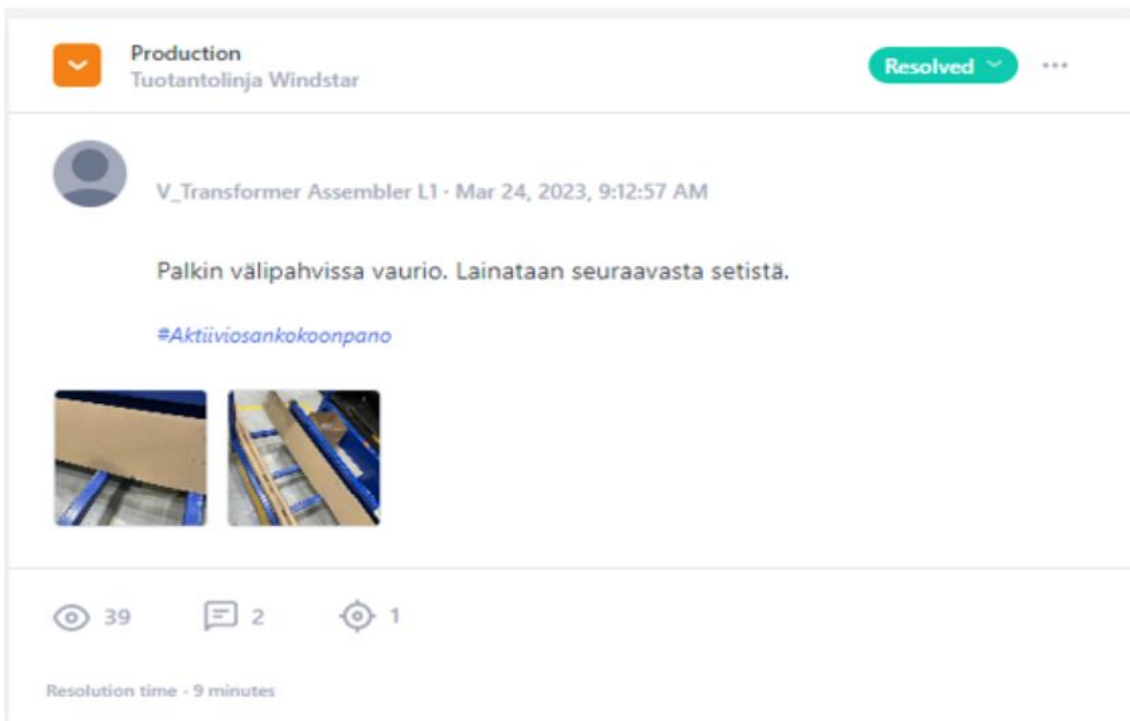
Tasaisen laaduntuottokyvyn takaamiseksi muuntajan valmistuksen aikana käytetään tarkastuskortteja. Tarkastuskortteihin kirjataan kriittisiä asioita laadun kannalta työvaiheiden aikana. Tarkastuskortit takaavat, että muuntaja on valmistettu ohjeiden mukaisesti ja käytetyt komponentit ovat olleet kriittisiltä osin kunnossa. Lisäksi tarkastuskortit säilötään, jolloin jälkepäin voidaan tarkastaa esimerkiksi muuntajan komponenttien sarjanumeroita tai kriittisiä mittoja. Merkinnät kortteihin kirjataan ja kuitataan nimikirjaimilla, joilla varmistetaan tehdyt tarkastustoimenpiteet. Koska tarkastuskortit toimivat oman työn apuvälineenä jatkuvasti tekemisen yhteydessä, täytyy korttia täyttää työn kulun aikana eikä vasta työn lopussa. Tarkastuskortit kattavat koko tuotantoprosessin ja antavat toisinaan myös aiheita toimittajareklamaatioihin. (Muuntajatekninen peruskoulu-tus, 1998) Kuviossa 5 on esitetty Vaasan muuntajatehtaalla tuotannon eri työvaiheissa käytettävät tarkastuskortit tarkastussuunnitelmassa.



Kuvio 5. Muuntajan tuotannossa käytetyt tarkastuskortit tarkastus- ja testaussuunnitelmassa (Tarkastus- ja testaussuunnitelma, 2022).

3.5 Ylimääräiset tarkastukset

Kaikki ongelmat eivät jää aina kiinni ennalta määritetyissä komponenttikohtaisissa tarkastuksissa, joten tuotannon ohessa täytyy toisinaan tehdä ylimääräisiä tarkastuksia. Ylimääräisiin tarkastuksiin ei lueta mukaan aktiiviosakatselmointia tai lähtökuntotarkastusta, sillä ne ovat tuotantoprosessiin kuuluvia tarkastuksia. Ylimääräisiin tarkastuksiin kuuluvat siis yllättävät ongelmat, jotka estävät tuotannon jatkumista. Ongelmiin täytyy saada nopea ratkaisu ja tehtävät toimenpiteet, jolloin tuotannon pysähtyminen jää mahdollisimman lyhytaikaiseksi. Lisäksi ylimääräisten tarkastusten avulla voidaan määrittää komponenttikohtaisiin tarkastuksiin uusia tarkastettavia kohteita, mikäli jonkun toimitajan osan laatu on heikentynyt merkittävästi. Ylimääräisen tarkastuksen kaltaisena voidaan pitää myös muuntajan komponenteista kuntotodistusmateriaaliksi otettavia kuvia. Kuvia otetaan harkinnan mukaan tarpeen vaatiessa. Nopean ja helpon kanssakäymisen apuna Vaasan muuntajatehtaalla käytetään Poka-järjestelmää, joka mahdollistaa kommunikoinnin lisäksi myös lukuisia muita asioita, kuten osaamismatriisien rakentamisen.



Kuvio 6. Ratkaistu Poka-ilmoitus kirjaajan nimi ja projektinumero peitettyinä.

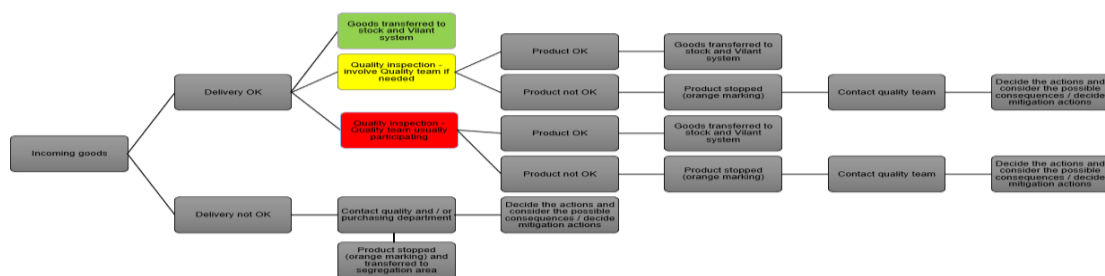
Kuviossa 6 nähtävästä esimerkistä Poka-järjestelmän ilmoituksessa nähdään ratkaistu tuotannossa ilmennyt ongelma. Ilmoituksessa nähdään, missä ongelmaa koskeva muuntaja on sekä ilmoituksen tekijä. Avunpyyntöön kirjoitetaan, minkälainen ongelma on ja mitä projektia se koskee. Lisäksi ilmoitukseen voi liittää kuvia. Kun ilmoitus avataan järjestelmään, se näkyy asiaa koskeville henkilöille, kuten esimerkiksi suunnittelu- ja laatuosastolle. Ilmoitukseen voi myös suoraan liittää tehtävän henkilölle, jota asia koskee. Keskustelun käynti ongelman alla on läpinäkyvä kaikille, kuten myös missä tilassa ongelman ratkaisu on menossa. Useiden ilmoitusten avulla voidaan seurata ongelmien ratkaisuaikoja kokonaisuutena sekä myös yksittäisinä ilmoituksina. Merkittävän edun Poka-järjestelmä tuo myös siinä, että se tallentaa kaikki ongelmailmoitukset ja niitä voidaan seuraavissa projekteissa käyttää hyväksi. Lisäksi ilmoituksen alle liitettyä kuvamateriaalia voidaan käyttää apuna toimittajareklamaatiotapauksissa. Myös samankaltaiset toistuvat toimittajiin liittyvät ongelmat pystytään taltioimaan ja esittämään helposti toimittajille.

4 Reklamaatioprosessi

Tässä luvussa käsitellään, miten reklamaatioprosessi toimittajarajapinnassa toimii Vaasan muuntajatehtaalla, mitä reklamaatiolta vaaditaan sekä mitä järjestelmiä käytetään ja kuinka paljon toimittajareklamaatioita tehdään. Reklamaatioprosessiin osallistuu tarpeen mukaan useita eri organisaatioita, mutta pääosin prosessin omistajina toimivat laatu- sekä hankintaorganisaatio. Muut organisaatiot kuten esimerkiksi suunnittelu toimivat tarvittaessa tukena. Koska prosessissa on mukana monia eri organisaatioita yrityksen sisältä, on tärkeää, että reklamaatioprosessi on mahdollisimman selkeä, mutkaton ja kaikki tietävät oman roolinsa.

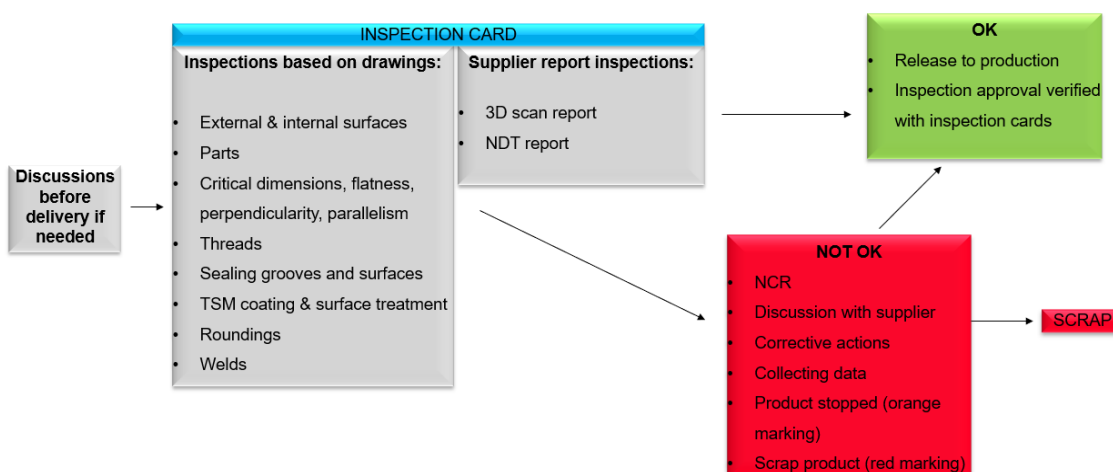
4.1 Prosessin toiminta

Reklamaatioprosessi käynnistyy aina poikkeamasta aiheutuvasta impulssista. Poikkeama voi ilmaantua prosessin eri vaiheissa tai tarkastuksissa, joita luvussa 3 käsiteltiin. Poikkeaman ilmaantuessa laatuorganisaation laaduntarkastaja varmistaa, että komponentissa ilmaantuva virhe on vaatimuksien vastainen. Joissain tilanteissa vaatimukset esimerkiksi tuotteen piirustuksissa voivat olla vajaat, jolloin reklamaatiolla ei voida lähestyä toimittajaa. Tällaisissa tapauksissa reklamaatio lähtee sisäisesti ja omassa toiminnassa olevat virheet korjataan siten, että vaatimukset ovat jatkossa kunnossa. Kuviossa 7 on esitetty Vaasan muuntajatehtaan vastaanottotarkastuksen prosessikaavio, jossa esitetään karkeasti, miten prosessi etenee erilaisissa tilanteissa.



Kuvio 7. Vastaanottotarkastuksen karkea prosessikaavio (Vastaanottotarkastus, 2022).

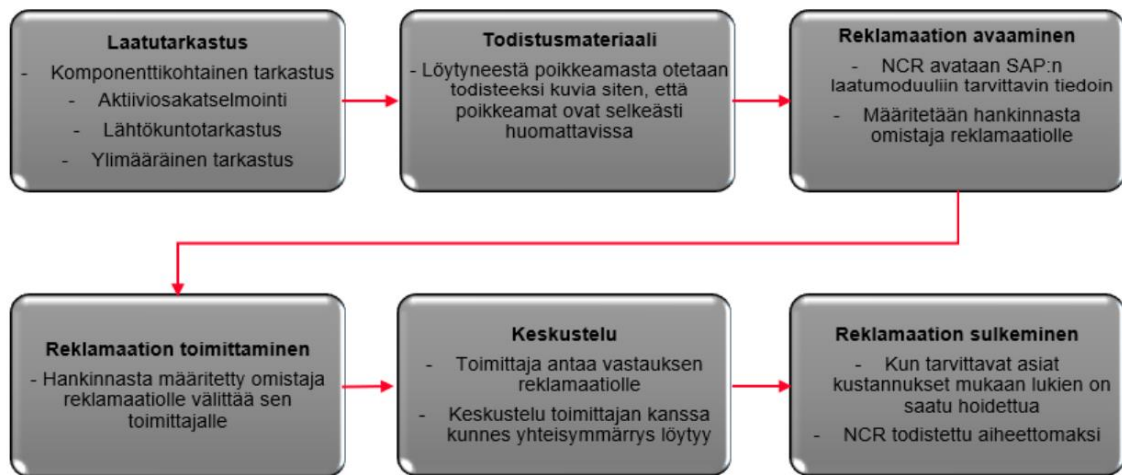
Kun poikkeama on havaittu ja todettu vaatimusten vastaiseksi tarvitaan todistusmateriaalia toimittajareklamaatioon. Todistusmateriaalina toimivat useimmiten kuvat. Todistusmateriaalissa tärkeää on, että siitä voidaan selkeästi havaita esiintyvä poikkeama. Esimerkiksi tapauksissa, joissa poikkeama on mitoituksessa, täytyy todistusmateriaalina toimivissa kuvissa näkyä virhe selkeästi mitattuna. Mitta-asteikko täytyy olla luettavissa ja erityisen tärkeää on myös se, miten mittaus on suoritettu. Mittaus täytyy olla suoritettu standardien mukaisilla mittaustavoilla, muutoin saatu tulos poikkeamassa ei ole relevantti. Erityisesti teräsosatarkastuksissa erilaiset mittaustavat ilmenevät standardeissa. Kuviossa 8 esitetään säiliön eli yhden tärkeimmän muuntajan teräsosan vastaanottotarkastuksen prosessikaavio.



Kuvio 8. Säiliön vastaanottotarkastuksen prosessi (Vastaanottotarkastus, 2022).

Poikkeamaan perehtymisen ja todistusmateriaalin ottamisen jälkeen siirrytään reklamaation avaamiseen. Laaduntarkastaja avaa reklamaation SAP:n laatumoduuliin tarvittavin tiedoin. Samalla määritetään omistaja reklamaatioprosessin eteenpäin viemiseksi toimittajalle. Formaalin reklamaation toimittajalle lähettää tyypillisesti hankinta organisaatiosta operatiivinen ostaja. Reklamaation toimittavan ostajan nimitys tapahtuu hankintaorganisaation tekemän ohjeistuksen mukaan. Ohjeistus määrittää ostajan olevan sellainen, joka tilaa samanlaisia komponentteja kuin mitä laatu poikkeama koskee lukuun ottamatta muutamia poikkeustapauksia. Kun reklamaatio on avattu todistusmateriaalei-

neen ja omistaja nimetty, jäädään odottamaan toimittajan vastausta. Reklamaatioprosessin ensimmäiset vaiheet ovat siis laatutarkastus, todistusmateriaalin kerääminen ja reklamaation avaaminen kerätyillä tiedoilla. Kuviossa 9 esitellään toimintakaavio toimittajareklamaatioprosessille kokonaisuudessaan.



Kuvio 9. Toimittajareklamaatioprosessin toimintakaavio.

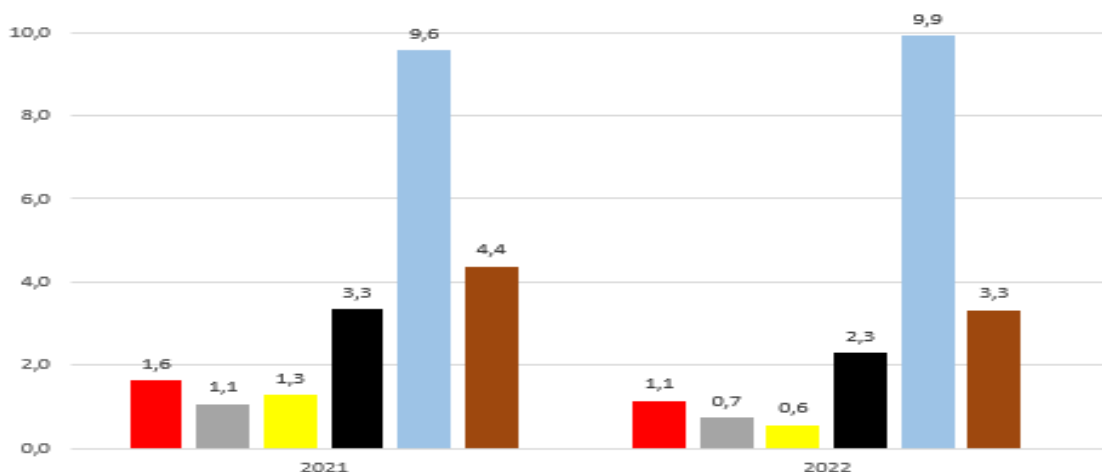
Toimittajan vastauksesta alkaa mahdollinen keskustelu asiakkaan ja toimittajan välillä. Mikäli toimittaja hyväksyy heti reklamaatiossa vaaditut asiat ja toimittaa ne asianmukaisesti kustannuksineen, suljetaan reklamaatio. Toisessa tapauksessa voi alkaa pitkä neuvottelu siitä onko reklamaatio aiheeton tai toimittaja haluaa lisätietoja aiheesta. Tällöin hankinnan edustaja saa tueksi edustajan laatuorganisaatiosta, joka käy keskustelun toimittajan kanssa. Toisinaan myös suunnitteluorganisaation tukea tarvitaan, mikäli toimittajalla on ideoita laadun kehittämiseksi jatkossa tai syvällisempää teknistä tietämystä aiheesta tarvitaan tuotteen suunnittelijalta. Uusien ideoiden tai tuotantotapojen implementointiin tarvitaan usein muutoksia alkuperäisiin piirustuksiin.

Keskustelut laatuorganisaation ja toimittajan välillä eivät välttämättä muuta reklamaation lopputulosta vaan alkuperäisissä vaatimuksissa pitäydytään. Toisinaan ratkaisuna voi olla myös kompromissi tai reklamaation hylkääminen. Hylkääminen johtaa yleensä tarkasteluun siitä onko tuotteen vaatimukset piirustuksissa kunnossa. Jos todetaan, että

vaatimukset ovat vajaat siihen laadun tasoon nähden, jota tarvitaan, edetään prosessissa sisäisesti korjaten vaatimukset piirustuksiin oikeanlaisiksi. Reklamaation omistajaksi nimetty ostaja, joka on seurannut keskustelua laatuorganisaation ja toimittajan välillä voi sulkea reklamaation, kun yhteisymmärrys toimittajan kanssa on löytynyt ja kaikki vaatimukset on toteutettu hyväksytysti.

4.2 Reklamaation vaatimukset

On tärkeää, että reklamaatio on tehty huolellisesti ja kattavasti. Kattava reklamaatio säästää runsaasti työtunteja sekä asiakkaan, että toimittajan puolella. Vajaatietoinen reklamaatio aiheuttaa myös viivästyksiä reklamaation käsittelyssä, jolloin riskit ongelman asialliselle hoitamiselle kasvavat. Reklamaatioprosessin venyessä jää ongelma helposti taustalle uusien rinnalle tulevien tehtävien keskellä. Kun poikkeaman reklamaatioprosessia ei hoideta kunnolla loppuun asti kasvaa riski toimittajan virheen uusinnalle huomattavasti korkeammaksi. Tällaisissa tapauksissa yksi reklamaatioiden tarkoituksista eli kehittää toimittajaa paremmaksi ja laadukkaammaksi jää toteutumatta. Kuviossa 10 on esitelty eräiden teräsosatoimittajien kehitystä vertaillen vuotta 2021 ja 2022.

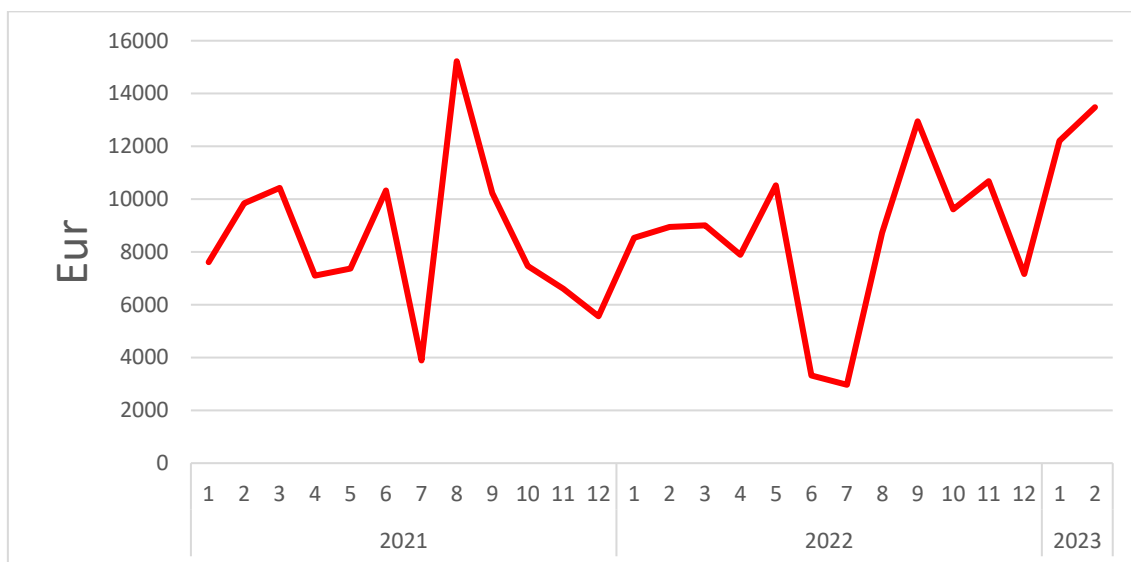


Kuvio 10. Teräsosatoimittajien poikkeamat projektia kohden (Metalliosien laatuongelmat, 2023).

Muuntajan osia koskettava kattava reklamaatio koostuu viitetiedoista, aikataulusta, aiheesta, todistusmateriaalista, vaatimuksista ja toimintasuunnitelmasta. Viitetietoihin on tärkeää liittää reklamaation numero, jonka avulla voidaan seurata kyseisen reklamaation etenemistä keskusteluissa ja järjestelmissä. Reklamaation vastaanottaja ohjeistetaan pitämään vastauksissaan reklamaationumero mukana, jolloin kaikki osapuolet ovat tietoisia tapauksesta ja voivat tarvittaessa hakea tietoa järjestelmistään. Toinen tärkeä asia viitetiedoissa on PO-numeron eli ostotilausnumeron liittäminen reklamaatioon. PO-numeron avulla toimittaja voi jäljittää tuotteen omaan tuotantoonsa ja sen avulla tarkastaa mahdollisia omassa tuotannossaan tapahtuneita virheitä ja kehityskohteita. Lisäksi viitetietoihin tulee merkata aina materiaalinumero ja projektikohtaisissa ongelmissa projektinumero. Materiaalinumero tarkoittaa reklamaation yhteen tiettyyn komponenttiin, jolloin ensimmäinen rajausta osakokonaisuudesta on tehty. Projektinumeron avulla voidaan seurata tietyille projekteille kohdistuvia laadukustannuksia. Yleisesti kattavasti merkatuilla viitetiedoilla voidaan seurata monella eri tavalla koonnoksien ja raporttien laadun epäonnistumisia tai onnistumisia tietojärjestelmien avulla.

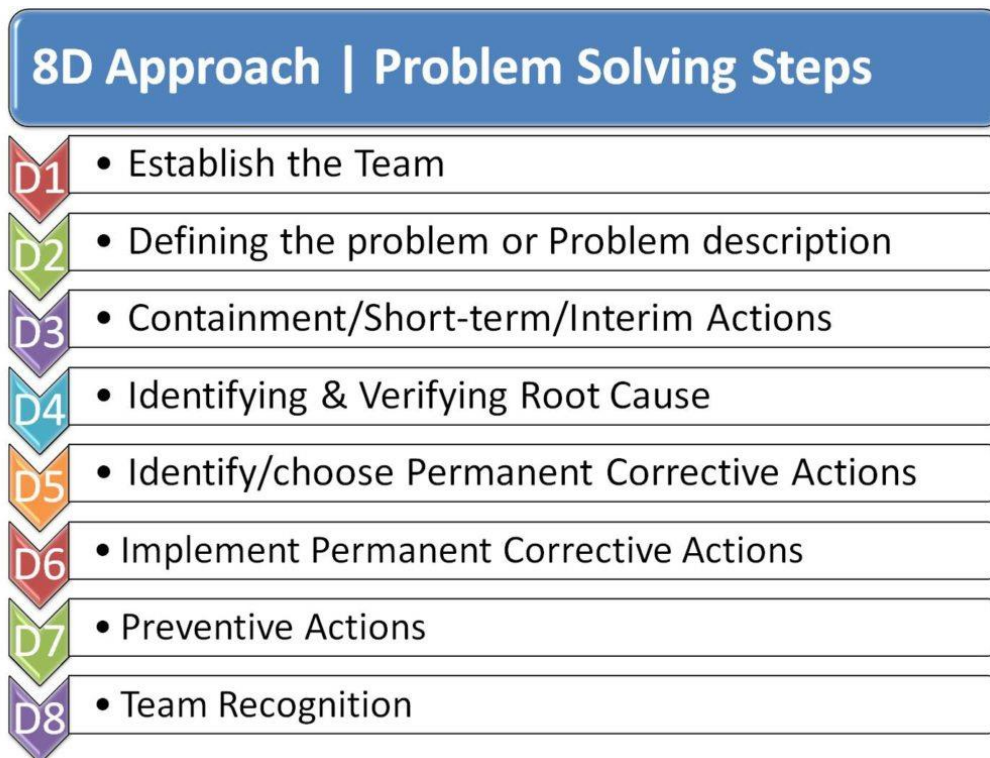
Aikatauluvaatimuksena reklamaation mukana täytyy ilmaantua päivämäärä, johon mennessä viimeistään halutaan vastaus ongelmaan ja vaatimukseen toimittajalta. Järkevä aikatauluvaatimus on tärkeä, jotta reklamaation tehokas ja mahdollisimman nopea käsittely varmistetaan. Ytimenä reklamaatiossa toimii tietysti aihe, johon se liittyy. Kun reklamaation aihe on kattavasti selvitetty jo ensimmäisessä vaiheessa, säilytään suurelta määrältä kyselyitä ja aikaa säästyy huomattavasti siten, että jopa kuukausiksi venyvältä asioiden selvittelyltä vältytään. Kattava kuvaus ongelmasta asiakkaan näkökulmalta ohjaa jo valmiiksi toimittajaa ajattelemaan sitä laadun tasoa, johon asiakas on tyytyväinen. Reklamaation aihe täytyy olla sidottu ostodokumentin mukana toimitettuihin vaatimuksiin. Vaatimuksina toimivat yleiset standardit, materiaalinormit, valmistusohjeet sekä muut lisätiedot, jotka toimittaja ostovaiheessa hyväksyy. Muuntajaan tulee valtava määrä erilaisia komponentteja, joten luonnollisesti valmistusstandardi, joka toimii vaatimuksena, muuttuu komponentin ja valmistustekniikan mukaan.

Kun viitetiedot, aikatauluvaatimus ja vaatimuksiin sidottu aihe on kirjattu reklamaatioon, tarvitaan vielä toimintasuunnitelma sekä todistusmateriaali. Todistusmateriaali esittää aiheessa kirjoitetut väitteet tuotteen laaduttomuudesta todeksi. Materiaalina toimii useimmiten kuvamateriaali esimerkiksi mitoitussuunnitelmasta ja sähköisten testausten mitausdata. Toimintasuunnitelma antaa ottaa kantaa ja antaa ohjeet siihen, miten ongelmaisen komponentin kanssa jatketaan. Toimintasuunnitelmassa voidaan vaatia kokonaan uutta komponenttia, toimittajan korjausta tai ilmoittaa korjauksen tapahtuvan asiakkaan toimesta. Toisinaan esimerkiksi pienissä visuaalisissa ongelmissa voidaan vaatia vain yleistä laatutason parannusta. Kunkin vaihtoehdon mahdollisuus riippuu pääosin siitä, kuinka tiukka muuntajan valmistusaikataulu on tai kuinka pahoin komponentti on viallinen. Kiireellisissä tapauksissa korjaus täytyy tehdä paikan päällä muuntajatehtaalla, jos se on mahdollista ja pikainen korjaus toimittajalla ei ole mahdollista esimerkiksi sijainnin vuoksi. Mikäli korjaus tehdään muuntajatehtaalla, tulee reklamaatioon kirjata myös arvioidut korjauskustannukset. Kuviossa 11 esitellään kustannuksia, jotka ovat aiheutuneet alihankkijan Vaasan muuntajatehtaalla tekemien teräsosien laatuongelmien korjauksista.



Kuvio 11. Muuntajatehtaalla tehtyjen teräsosien korjausten kustannukset (Metalliosien laatuongelmat, 2023).

Toimintasuunnitelmaan kuuluu myös vaatimukset tehdyn virheen kuvauksesta, juurisyyanalyysistä eli RCA:sta sekä korjaavien ja ennaltaehkäisevien toimenpiteiden tekemisestä. Reklamaatiossa toimittajaa vaaditaan aina kertomaan mitä on tapahtunut poikkeavan tuotteen valmistuksessa. RCA haastaa toimittajaa tutkimaan tapahtunutta ongelmaa syvemmälle ja sen kautta korjaamaan varsinaisen juurisyyn aiheelle. Juurisyyanalyysit ovat tärkeä tapa kehittää toimittajien laaduntuottokykyä. Korjaavien ja ennaltaehkäisevien toimenpiteiden vaikutus pitäisi perustua saatuun reklamaatioon ja tehtyyn juurisyyanalyysiin. Jotta voidaan varmistua siitä, että samanlaisia ongelmia ei jatkossa ilmaannu vaaditaan toimittajalta suunnitelma siitä, miten korjaavat ja ennaltaehkäisevät toimenpiteet tehdään. Lisäksi suunnitelmalle vaaditaan vastuuhenkilöt ja aikataulu toimittajan organisaatiossa. Yksi mahdollinen tapa suorittaa juurisyyanalyysi sekä ennaltaehkäisevät ja korjaavat toimenpiteet on 8D-raportti, jonka rakenne on esitelty kuviossa 12.



Kuvio 12. 8D-raportin ongelmaratkaisujärjestys (Techqualitypedia, 2020).

4.3 Järjestelmät ja reklamaatiomäärät

Pääjärjestelmänä toimittajareklamaatioprosessissa toimii Vaasan muuntajatehtaalla käytettävä SAP:n ERP-järjestelmä ja sen QM-moduuli. ERP-järjestelmä ja sen mukana laatu-moduuli on uusiutumassa ja muuttumassa vuoden 2023 aikana toteutettavan Reiwa-ohjelman mukaan erilaiseksi SAP:n järjestelmäksi. Nykyisen SAP:n laatu-moduulin lisäksi käytettävänä järjestelminä reklamaatioprosessin yhteydessä toimivat sähköposti ja tarvittaessa Hitachi Energyn Sharepoint.

The screenshot displays the SAP 'Create Notification: Gen Notification (Q)' transaction. At the top, the title bar reads 'Create Notification: Gen Notification (Q)'. Below the title bar, there are navigation icons and a breadcrumb trail: Partner > Object > Notification > Order > Action Log > Document Flow. The main data area contains the following fields:

- Notification: 256623978
- Notific. Status: OSNO NOTE
- Description: (empty)

Below the data area, there are several tabs: Reference, Partner Assignment, Processing, Linked Documents, Reclamation, and Reclamation Texts. The 'Reference' tab is active, showing the 'Reference object' section with fields for Material, Revision Level, Serial Number, and WBS Element. A 'Plant for mat.' checkbox is checked. The 'Subject' section below has 'Coding' and 'Description' checkboxes checked, and a large text area for entering details.

Kuvio 13. Ote QM01 transaktion avaamasta toimittajareklamaatiokentästä SAP:ssa.

Toimittajareklamaatio avataan SAP:n laatu-moduulissa olevan QM01 transaktion avulla. Kuviossa 13 nähdään ote transaktion avaamasta toimittajareklamaatiokentästä. Transaktiota käytettäessä se luo reklamaatiolle automaattisesti numeron ja kysyy reklamaatiolle tarvittavat viitetiedot sekä avainhenkilöt. Lisäksi QM01 transaktion pohjalle kirjoitetaan reklamaation aihe sekä todistusmateriaalin liittäminen on mahdollista. Toisinaan SAP:iin tehdyille reklamaatiolle tulee todistusmateriaaliksi videoita ja kuvia niin paljon, että tie-

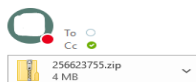
dostokoon vuoksi niitä ei voida enää liittää suoraan SAP:iin. Tällaisissa tilanteissa käytetään Hitachi Energyyn Sharepointtiin avattua kansiota, johon kaikki kuvat ja videot aiheesta liitetään reklamaationumerolla nimettyyn alakansioon. Sharepointtiin on myös tehty laaduntarkastajien ylläpitämä korjausjonotiedosto. Kuviossa 14 nähtävään korjausjonoon kirjataan osat, joille alihankkija tekee muuntajatehtaan tiloissa korjauksia. Tiedostosta löytyy tarkastajan täyttämä tieto myös arvioidusta korjausajasta, jota voidaan käyttää apuna reklamaation korjauskustannusten arvioinnissa.

Status	Projekti	korjauksen kohde	arvioitu korjausaika	kirjaaja	ilmoitus kirjattu
2023		Säiliö, pohjan tappien saumojen hionta, luukun sisäpuolen reunan pyöritys r3, roiskeiden poisto sisäseiniltä	4		9.5.
2023		Säiliö, pohjan tappien saumojen hionta, luukun sisäpuolen reunan pyöritys r3, roiskeiden poisto sisäseiniltä	4		9.5.
2023		Säiliö, pohjan tappien saumojen hionta, luukun sisäpuolen reunan pyöritys r3, roiskeiden poisto sisäseiniltä	4		12.5.
2023		Säiliö, pohjan tappien saumojen hionta, luukun sisäpuolen reunan pyöritys r3, roiskeiden poisto sisäseiniltä, kaulavanteen ja luukun sisäp. huokosien korjaus	5		12.5.
2023		Säiliö, pohjan tappien saumojen hionta, luukun sisäpuolen reunan pyöritys r3, roiskeiden poisto sisäseiniltä, kaulavanteen ja luukun sisäp. huokosien korjaus	5		11.5.

Kuvio 14. Ote korjausjonotiedostosta projektinumero ja kirjaaja peitettyinä.

Kun toimittajareklamaatio on avattu SAP:iin, on sille samalla nimetty hankintaorganisaatiosta omistaja, joka käsittelee ja välittää reklamaation toimittajalle. Välitys tapahtuu kuvion 15 mukaisen sähköpostiviestin avulla. Sähköpostilla lähestytään toimittajan laatuorganisaatiota. Sähköpostiviestiin kopioidaan tiedot SAP:iin avatusta reklamaatiosta ja todistusmateriaalista, jotka on otettu joko suoraan SAP:sta tai Sharepointista lisätään liitteeksi. Lisäksi viestiin lisätään muut reklamaatioon tarvittavat vaatimukset kuten aikataulu ja pyyntö toimintasuunnitelmasta.

Reclamation 256623755



Dear Sir

We sent to you reclamation;

Notification No.
Material.
Purchase Order.
Project

Leakage found from cooler module's heat exchanger during the leakage test. Leakage test was done twice to confirm the leakage from the heat exchanger. Please see the photos with more information.
All extra costs will be invoiced
We will send an invoice of repairing costs after reclamation reply period.

Please provide your answer to this reclamation at the latest 26.1.2023. In your answer, please provide at least

- Reclamation number
- description of fault
- root cause
- corrective and preventive action plan with person(s) responsible and schedule.

Kuvio 15. Esimerkki reklamaatiosähköpostista toimittajalle viitetiedot ja henkilöt peitettyinä.

Järjestelmien mahdollisimman helppo ja mutkaton toiminta on tärkeää, jotta reklamaatioprosessien viemällä ajalla saadaan mahdollisimman hyvät tulokset aikaan. Vuonna 2022 Vaasan muuntajatehtaalla avattiin 589 toimittajareklamaatiota erilaisista ongelmista. Jotta suuri määrä reklamaatioita saadaan tehokkaasti käsiteltyä, täytyy kaiken toimia järjestelmät mukaan lukien. Lisäksi on tärkeää, että käytettävillä järjestelmillä kuten SAP:n laatumoduulilla pystytään luokittelemaan ongelmia niiden ominaisuuksien mukaan, jotta onnistumisia omissa sekä toimittajien prosesseissa pystytään helposti seuraamaan.

5 Reklamaatioprosessin kehityskohteet

Tässä luvussa tarkastellaan kuviossa 9 olevaa toimittajareklamaatioprosessin toiminta-kaaviota yksi kohta kerrallaan ja käydään läpi nykyisessä tilanteessa olevia reklamaatioprosessin kehityskohteita sekä ylläpitävää toimintaa, jotta prosessin taso saadaan pidettyä mahdollisimman hyvänä. Toimittajareklamaatioprosessin kehityskohdetarkasteluun kuuluvat laatutarkastus, todistusmateriaalin kerääminen, reklamaation avaaminen, reklamaation toimittaminen, keskustelu toimittajan kanssa sekä reklamaation sulkeminen.

Laatutarkastusten kannalta tärkein asia on tarkastajien pätevyys. Jatkuvana kehityskohteenä sekä ylläpitävänä toimintana on tarkastajien kouluttaminen. Nykyisellään Vaasan muuntajatehtaan laaduntarkastajat koostuvat kahdesta teräsosatarkastajasta, kääminän laatutarkastajasta sekä kahdesta tuotantolinjakohtaisesta tarkastajasta. Tuotantolinjakohtaisien tarkastajien vastuualueet ovat jaettu siten, että toisella on tuulivoimamuuntajien tuotantolinja ja toisella muu tuotanto. Tehtävät on jaoteltu kunkin tarkastajan oman erikoisosaamisen alueelle, mutta kehitettävänä asiana on jokaisen tarkastajan oman osaamisen monipuolistaminen siten, että riittävän tasoiset laatutarkastukset ovat taattu jokaisella osa-alueella myös poissaolotilanteissa. Pätevien tarkastajien lisäksi mittauskaluston täytyy olla modernia ja mahdollisimman hyvää. Tärkeänä kehityskohteenä on myös se, että vaativalle tarkastustyölle varataan tarpeeksi aikaa sekä tarkastusten priorisointi hoidetaan oikealla tavalla. Tarkastuksien priorisoinnin ja riittävän ajan varaaaminen tarkastajille on tärkeä kehityskohde erityisesti henkilölle, joka johtaa tarkastustoimintaa. Todistusmateriaalin keräämiseen liittyvä kehitys on paljon riippuvainen myös tarkastajien henkilökohtaisesta osaamisesta ja ajasta, joten myös siltä kannalta on tärkeää kehittää tarkastajien osaamista jatkuvasti. Kehitettävänä asiana todistusmateriaalin keräämiseen liittyen on kuvauskalusto sekä raporttien luominen suoraan mittavälineiden avulla.

Selkeä pääkehityskohde toimittajareklamaatioprosessissa liittyy reklamaation avaamiseen ja toimittamiseen. Kun työ reklamaatiota avatessa ja lähetettäessä tehdään huolellisesti, voidaan säästää huomattava määrä aikaa keskusteluvaiheessa. Lisäksi tehokkuus

tuloksissa paranee, kun toimittaja on alusta asti tietoinen vaadituista toimenpiteistä ja prosessi saadaan vietyä maaliin vähintään kohtuullisessa ajassa. Nykyisellä tavalla tehtynä raameja reklamaation avaamiseen ja toimittamiseen asettaa vain SAP:n laatu-moduulin pakolliset viitetiedot. Muutoin reklamaation pystyy avaamaan hyvin vapaamuotoisesti, joka aiheuttaa sen, että reklamaatioita on hyvin eri tasoisia ja eri näköisiä. Vapaamuotoisuus altistaa unohduksille eri vaatimuksista erityisesti tilanteissa, kun on kiire. Esimerkiksi vaatimukset aikataulusta ja toimintasuunnitelmasta ovat täysin tekijän muistamisen varassa. Samoin ovat myös reklamaation aiheen sitominen standardeihin tai muihin poikkeamaan liittyviin laatuvaatimuksiin sekä korjaussuunnitelman ja -kustannusten ilmoittaminen toimittajalle. Jokainen unohdettu asia, joka laskee toimittajareklamaation tasoa johtaa todennäköisesti reklamaatioprosessin pidentymiseen, sillä toimittajan vastaukset kestävät kauemmin ja keskustelut aiheesta saattavat pitkittyä epäselvien lähtötietojen vuoksi. Kriittisin mahdollinen unohdettava asia on todistusmateriaali, jonka joutuu erikseen hakemaan ja lataamaan toimittajalle lähetettävään sähköpostiin joko SAP:iin avatulta reklamaatiolta tai Hitachi Energy Sharepointista riippuen todistusmateriaalin määrästä. Tällaisissa tilanteissa prosessi pidentyy jokainen kerta, sillä lähtötiedot joudutaan toimittamaan useampaan eri kertaan ja tilanteesta tulee alusta alkaen epäselvä.

Toimittajareklamaatioprosessin keskusteluvaiheessa tulisi olla aina tavoitteena sen pitäminen mahdollisimman lyhyenä. Ideaalitulanteessa pidempi keskusteluvaihe jää välistä kokonaan, sillä hyvin reklamoidun selkeän poikkeaman kanssa ylimääräisiä keskusteluja ei tarvita. Tällaisissa tapauksissa keskustelut on syytä aloittaa vasta, kun toimittajan laadussa ei havaita selkeää kehittymistä ja se pystytään osoittamaan kerätyn tarkastusdatan avulla. Mikäli kuitenkin joudutaan käymään pidempiä keskusteluja liittyen yksittäiseen poikkeamaan, tulisi keskustelun tavoitteena olla aina mahdollisimman pikainen yhteisymmärryksen löytäminen. Kehitettävänä kohteena on se, että keskustelujen ollessa käynnissä, reklamaation tekijällä on selkeästi tavoitteena aina viedä poikkeaman ratkaisu mahdollisimman nopeasti maaliin. Keskustelujen ollessa paikoillaan ongelma jää usein taka-alalle ja tulokset jäävät heikoksi. Reklamaatioiden sulkemiseen liittyen tavoitteena

pitäisi olla se, että yksikään reklamaatio ei jää avoimeksi. Reklamaatiokannassa olevien reklamaatioiden tilaa on tärkeää seurata, jotta kaikki prosessit etenevät loppuun asti. Kehitettävänä asiana on reklamaatioiden statuksen seuranta yhdessä prosessiin liittyvän henkilöstön kanssa.

6 Reklamaatioprosessin optimointi

Tässä luvussa esitellään parannusehdotukset reklamaatioprosessin optimoimiseksi ja tutkimuksen perusteella luotu toimittajareklamaation raporttipohja ja sen tuomat edut. Parannusehdotukset perustuvat edellisen luvun kehityskohdetarkastelussa ilmenneisiin epäkohtiin. Ehdotukset voivat olla joko jatkuvia ylläpidettäviä toimenpiteitä tai täysin uusia asioita kuten luotu toimittajareklamaation raporttipohja. Toimittajareklamaation raporttipohja on luotu minimoimaan riskit ja yhtenäistämään toimittajareklamaatioiden laatu.

Laatutarkastusten kannalta tärkeimmäksi asiaksi nousi tarkastajien pätevyys. Tarkastustoiminnasta vastaavan esihenkilön täytyy olla jatkuvasti tietoinen tarkastajien pätevyyksistä suorittaa erilaisia tarkastuksia ja sen mukaan järjestää lisäkoulutusta. Lisäkoulutuksena voi toimia esimerkiksi teräsosataarkastajilla IWE- tai VT-koulutukset. Tuotantolinjakohtaisilla tarkastajilla yksi päätarkastuksista on aktiiviosakatselmointi, joten Hitachi Energyn järjestämä aktiiviosakatselmoinnin koulutus pitäisi olla käytynä kaikilla, jotka kyseisiä tarkastuksia tekevät. Lisäksi muuntajien sisäisessä johdotuksessa käytettävien liittimien toimittajan järjestämä käyttökoulutus on toinen erittäin tarpeellinen koulutus. Kääminnän tarkastajan tulisi olla tietoinen käämien valmistustekniikoista ja mahdollisista muutoksista niihin liittyen. Tavoitteena on, että laaduntarkastajat pystyisivät antamaan tukea tuotannon työntekijöille myös tavallisissa työmenetelmissä jo ennen laatupoikkeamien ilmaantumista. Koulutustarpeita tulee tiedustella myös tarkastajilta itseltään, mikäli ideoita pätevyytymiseen tulee tai puutoksia on huomattu. Tästä syystä tarkastustoiminnasta vastaavien henkilöiden tulisi järjestää palaveri vähintään kerran viikossa, jossa voidaan keskustella myös pätevyysiin liittyvistä asioista yleisen tarkastustoiminnan tilanteen lisäksi. Tarkastajien pätevyysiin liittyy läheisesti myös oikeanlaisen todistusmateriaalin kerääminen. Mikäli reklamaatio joudutaan perumaan riittämättömän todistusmateriaalin takia, tulisi aina käydä läpi standardien mukaiset mittaustavat ja oikeanlainen materiaalin kerääminen tarkastustoiminnan esihenkilön ohjaamana.

Toinen kehityskohde liittyi tarkastajien osaamisen monipuolisuuteen. Vaasan muuntaja-tehtaan tarkastajatiimi on suhteellisen pieni, joten poissaolotilanteissa tarkastustoiminnasta vastaavien henkilöiden on kyettävä paikkaamaan tarvittaessa myös toistensa poissaoloja. Osaamista on monipuolistettava siten, että eri erikoisalojen tarkastajat tekevät tietyin väliajoin myös muita tarkastuksia, jotka eivät omalle alueelle kuulu. Perehdyttäminen tällaisissa tilanteissa tapahtuu tarkastajan avulla, jolle kyseiset tarkastukset kuuluvat. Monipuoliseen pätevyyteen vaikuttavat myös avoimet keskustelut vähintään viikoittain tarkastustoiminnasta vastaavien henkilöiden kesken. Eri osa-alueilla tapahtuneita kriittisimpiä ongelmia täytyy pohtia yhdessä. Kun riittävän monipuolinen osaaminen tarkastajaorganisaation sisällä varmistetaan niin samalla turvataan myös tehtaan tasainen laaduntuottokyky.

Jatkuvana kehityskohteena ilmeni myös työvälineet. Monipuolisen ja pätevän tarkastajan työvälineet tulee olla aina mahdollisimman hyvät. Kuvausvarusteissa tärkeä puuttuva ominaisuus tällä hetkellä on makrokuvausmahdollisuus. Hyvin pienistä virheistä kuvien ottaminen todistusmateriaaliksi on huomattavasti haastavampaa kameralla ilman makrokuvausominaisuutta. Mittavälineissä huomattavaa parannusta tarkkuuteen esimerkiksi tasomaisuusmittauksissa toisi 3D-skannausvälineistö, joilla voidaan verrata valmiin tuotteen skannattua mallia varsinaiseen referenssipinnat antavaan 3D-malliin. Lisäksi laadukkailla työvälineillä voidaan luoda raportteja toimittajille suoraan laitteen avulla. Esimerkkinä toimii maalikalvon paksuuden mittarit, joiden avulla on mahdollista tehdä kalvonpaksuuksilla kattava raportti toimittajareklamaation pohjaksi.

Jotta toimittajareklamaatioprosessi olisi mahdollisimman toimiva, täytyy sille varata riittävästi aikaa. Tarkastustoiminnasta vastaavan esihenkilön täytyy olla tietoinen ja järjestää aikaa riittävästi reklamaatioprosessiin liittyviin asioihin. Esihenkilön täytyy käydä keskusteluja tarkastajien kanssa ja suunnitella säännöllisesti työajan käyttöä esimerkiksi LSW:n avulla. Oikealla tavalla suunniteltu työajan käyttö antaa mahdollisuuden henkilöille myös riittävään pätevytykseen tarkastusalallaan sekä viimeisimpien standardien

ja mittavälineiden ominaisuuksien opiskelemiseen. Riittävä aika on myös varmistava tekijä toimittajareklamaation avaamisvaiheessa ja huolellisemmin tehty reklamaatio säästääkin todennäköisesti aikaa moninkertaisesti myöhemmissä vaiheissa.

Pääkehityskohteen todettiin liittyvän toimittajareklamaation avaamiseen ja toimittamiseen. Tehokkuuden ja ajan käytön kannalta nykyinen malli ei ollut tarpeeksi toimiva liiallisen muistin varassa toimimisen vuoksi. Tutkimuksen perusteella luotiin raporttipohja toimittajareklamaatioille, joka poistaa riskejä unohtuksille ja yhtenäistää toimittajille lähetettäviä reklamaatioita. Raporttipohja tarjoaa toimittajalle kaiken tarvittavan tiedon ja todistusmateriaalin yhdessä tiedostossa. Tämän vuoksi raporttipohja myös yksinkertaistaa toimintaa toimittajareklamaatioprosessissa, kun reklamaatio lähetetään toimittajalle. Lisäksi reklamaatiopohja antaa ohjenuoran reklamaatioon vaadittavista tiedoista reklamaation tekijälle. Toimittajareklamaatiopohja on toteutettu mahdollisimman helposti käytettäväksi ja se on muodoltaan PDF-tiedosto, joka takaa soveltumisen myös uusiutuviin järjestelmiin.

Page 1

NON-CONFORMANCE REPORT		HITACHI Inspire the Next
NOTIFICATION NUMBER: 1234	PROJECT NUMBER: 1234	
PURCHASE ORDER: 1234	MATERIAL CODE: 1234	
PROVIDE YOUR ANSWER TO THIS COMPLAINT NO LATER THAN: 17.05.2023		
<p>Your answer must contain at least:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Notification number - Fault description - Root cause analysis - Corrective and preventive action plan with person(s) responsible & schedule 		

Kuvio 16. Reklamaatiopohjan viitetietolokerot, aikataululokero ja vaatimukset toimittajan vastaukselle.

Kuviossa 16 nähdään reklamaatiopohjan ensimmäinen osa. Ensimmäisessä osassa vaaditaan reklamaation tekijältä kriittiset viitetiedot, jotka ovat reklamaation numero, ostotilausnumero, materiaalikoodi sekä tarvittaessa projektinumero. Edellä mainitut tiedot on nykytilanteessa kopioitu sähköpostiviestiin SAP:iin avatulta reklamaatiolta, jolloin puutokset tiedoissa ovat olleet mahdollisia. Lisäksi osiossa on lokero viimeisen vastauspäivämäärän merkitsemiseksi. Päivämäärän määrittää hankintaorganisaation edustaja, joka lähettää reklamaation toimittajalle. Nykyisen tavan mukaan päivämäärän kirjaaminen on hankinnan edustajan muistin varassa. Lisäksi reklamaatiopohjaan on lisätty kiinteäksi osaksi toimittajan vastaukselta vaaditut asiat eli vastaukseen täytyy sisältyä reklamaation numero, virhekuvaus, juurisyyanalyysi sekä korjaavat ja ennaltaehkäisevät toimenpiteet vastuuhenkilöineen ja aikatauluineen. Vaatimusten ollessa kiinteänä osana vältytään myös muistin varassa olemiselta.

DESCRIPTION OF NON-CONFORMANCE				
Aihe tähän				
REQUIREMENTS				
Standard(s):	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Instruction(s):	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Other:	<input type="text" value="Materiaalinormi xxxxxx"/>			

Kuvio 17. Reklamaation aihe ja laatuvaatimusten lokerot toimittajareklamaation raporttipohjassa.

Kuviossa 17 on reklamaatiopohjan toinen osa, josta löytyy lokero reklamaation aiheen kuvaukselle sekä lokerot vaatimuksille, joihin aiheessa ilmaantuva vika perustuu. Nykytilanteessa tehdyssä reklamaatiossa aihe kopioidaan SAP:iin avatusta reklamaatiosta toimittajalle lähetettävään sähköpostiin. Lisäksi SAP:n laatumoduuli ei vaadi reklamoidulle asialle erikseen perusteita esimerkiksi standardein tai ohjein, joten perusteiden kirjaaminen on ollut täysin reklamaation avaajan muistin varassa. Reklamaation perusteina voivat olla yleiset standardit, Hitachi Energyn omat ohjeet tai jokin muu erikseen sovittu asia kuten materiaalinormi. Reklamaatiopohjan vaatiessa tiedot myös perusteista varmistetaan siitä, että toimittajalla on käytössään vastaukseen heti kaikki tarvittava.

ACTIONS			
<input type="checkbox"/> New part needed	<input checked="" type="checkbox"/> Repair by supplier	<input type="checkbox"/> Repair by Hitachi	<input type="checkbox"/> Quality improvement
Estimation of repairing cost:		<input type="text" value="800 €"/>	

DOCUMENT ID: 1LFI50064-JX Rev. A
OWNING ORGANIZATION: Hitachi Energy Finland Oy

SECURITY LEVEL: Confidential
© 2022 Hitachi Energy. All rights reserved.



Kuvio 18. Reklamaatiopohjan lokerot korjaussuunnitelmalle ja kustannusarviolle.

Kuvion 18 reklamaatiopohjan kolmannessa osassa eli etusivun viimeisissä lokeroissa ilmoitetaan toimenpiteet, mitä vialliselle tuotteelle tehdään. Mahdollisuuksia ovat kokonaan korvaavan tuotteen pyytäminen viallisen tilalle, vaatimus toimittajan tekemälle korjaukselle tai ilmoitus siitä, että viallinen tuote korjataan Vaasan muuntajatehtaalla. Lisäksi mahdollisuutena on vain vaatimus laadun parantamisesta ilman korjauksia. Kolmannessa osassa reklamaation tekijää vaaditaan myös lisäämään arvio korjauskustannuksesta. Myös nämä tärkeät ilmoitettavat asiat ovat nykytilanteessa olleet toimittajareklamaation tekijöiden muistin varassa.

Toimittajareklamaation raporttipohjan viimeisessä osiossa, joka alkaa etusivun jälkeen, on tila todistusmateriaalille. Todistusmateriaalisivuille on mahdollista lisätä kuvia samaan raporttiin kuin, missä kaikki muutkin tiedot ovat, joten tarvittava materiaali löytyy kaikki samasta dokumentista. Tällä tavalla vältytään unohduksilta todistusmateriaalin

toimittamiseen liittyen. Kun kaikki tarvittava on samassa tiedostossa ja raportti vaatii josen tekijältä tietyt lähtötiedot, pystytään tuottamaan laadukkaampia reklamaatioita, jolloin käsittelyaikojen pitäisi lyhentyä. Ylimääräisiltä keskusteluilta vältytään ja poikkeaman ratkaisu etenee mahdollisimman nopeasti maaliin. Lisäksi myöhemmin on helpompaa palata reklamaation aiheeseen, kun kaikki tieto on samassa paikassa. Tämä helpottaa myös viimeisintä havaittua kehityskohdetta, joka oli reklamaatioiden sulkemisen riittävä seuraaminen. Vähintään kuukausittain tulisi järjestää palaveri reklamaatioprosessiin kuuluvien kanssa ja käydä läpi kaikki avoinna olevat reklamaatiot.

7 Pohdinta

Muuntajat koostuvat lukuisasta määrästä erilaisia osia, minkä vuoksi laadukkaan ja asiakkaan tyytyväisenä pitävän muuntajan valmistuksessa täytyy onnistua monella eri osalla prosessin alusta loppuun. Hitachi Energyn tärkein prioriteetti työturvallisuuden jälkeen muuntajavalmistuksessa on laatu. Laadukkaan muuntajan valmistus vaatii jatkuvaa kontrollia sekä oman tuotannon että toimittajien valmistamien komponenttien valvonnassa. Alihankkijoiden toimittamien komponenttien määrän kasvaessa myös tarvittavan laatukontrollin ja ohjeistuksen määrä kasvaa, jotta muuntajatuotannon sujuva läpimeno ja asiakastyytyväisyys voidaan varmistaa.

Perustana komponenttitoimittajien ohjeistamiseen ja laadun kontrollointiin toimii ymmärrys siitä, mitä laadukas muuntaja vaatii toimiakseen. Kattavan ymmärryksen avulla suunnittelu osaa vaatia oikeanlaisia asioita komponenteilta, jolloin puutteellisten vaatimusten aiheuttamilta ongelmatilanteilta vältytään. Laadukkaan suunnittelutoiminnan perustalle voidaan rakentaa myös laadukas laadunvalvonta- ja tarkastustoiminta. Vähintään yhtä tärkeää on laatuorganisaation kompetenssi liittyen muuntajan sekä yksittäisten muuntajan komponenttien toimintaan ja vaatimukseen. Laatuorganisaation korkean osaamisen avulla voidaan tukea ehdotuksin ja kehitysideoin myös suunnittelua sekä tuotannon toimintaa. Yhteistyö eri osapuolien välillä on kriittistä parhaan mahdollisen lopputuloksen ja jatkuvan kehityksen saavuttamiseksi.

Laatuorganisaation korkea osaamistaso toimii perustana myös laadukkaiden tarkastusten tekemiseen. Muuntajan toiminnan komponenttitasolta asti hyvin hallitseva tarkastaja onnistuu ohjaamaan prosessin eri vaiheiden tarkastusten avulla lopputuotteen laadun mahdollisimman hyväksi. Tukea pystytään antamaan sekä omalle tuotannolle että alihankkijoille. Ymmärrys teknisistä vaatimuksista helpottaa toimittajalaadun kontrolloimista ja antaa apuja toimittajan kehityksen ohjaamiseen. Komponenttitoimittajien motivointi sekä ohjaaminen keskittymään oikeisiin asioihin on yksi keskeisimpiä asioita toimittajalaadun kehittämisen kannalta. Tärkeää on myös haastaa toimittajia kehittämään

tuotantoon laadukkaammaksi, jolloin tulokset näkyvät suoraan omassa tuotannossa ongelmien vähentyessä.

Tapoja haastaa toimittajia kehittämään omaa laaduntuottokykyään on useita. Yksi tärkein laadunkehittämiseksi rungon antava asia on toimittajareklamaatio. Reklamaatiotapauksissa on jo valmiiksi todiste epäonnistumisesta ja sen avulla voidaan haastaa toimittaja kehittämään prosessejaan siten, että samankaltaisia ongelmia ei enää sattuisi. Jotta reklamaatiotapauksien avulla tehtävä kehitys on mahdollisimman tehokasta, täytyy toimittajareklamaatioprosessin olla kunnossa. Tehokkaan toimittajareklamaatioprosessin avulla voidaan seurata, kehittää sekä puuttua laaduttomuuteen. Laadukas toimittajareklamaatioprosessi on yhtenäinen, sujuvasti toimiva sekä mahdollisimman selkeä reklamaation kaikille osapuolille.

Tutkimuksessa havaittuja kehityskohteita kehittämällä Hitachi Energy Vaasan muuntajatehtaan toimittajareklamaatioprosessia voidaan optimoida tehokkaammaksi. Jatkuvaan kehittämiseen liittyvä tarkastustoimintaan kuuluvien henkilöiden henkilökohtaisen kompetenssin kehittäminen vaikuttaa suoraan tehtaan kokonaisvaltaiseen laaduntuottokykyyn. Laaduntuottokyky kasvaa, kun komponenttien toimittajia ohjataan tehokkaasti oikeaan suuntaan. Monipuoliset sekä pätevät tarkastajat, joilla on käytössään modernit mittausvälineet estävät tuotannon katkokset ja pystyvät kehittämään toimittajien laaduntuottokykyä siten, että tarkastustoiminnan painopiste on ennaltaehkäisevässä toiminnassa. Nykytilanteessa hyvin vapaamuotoisesti täytettävä toimittajareklamaatio ei tue reklamaation avaamista riittävästi. Kun tutkimuksen perusteella luotu pohja otetaan käyttöön, pitäisi luodun toimittajareklamaation taso nousta merkittävästi ja ennen kaikkea yhtenäistää reklamaation sisällön laadukkaaksi, jolloin ylimääräiseltä keskustelulta vältytään.

Tutkimuksessa löydettyjen kehityskohteiden optimoinnin toteutuessa todennäköisesti saavutetaan tuloksia sekä kustannussäästöinä että parempana laaduntuottokykyinä. Op-

timoinnilla saavutetaan aikasäästöjä, joiden hyöty on kaksiosainen. Aikaa ei mene hukkaan turhaan selvittelyyn puutteellisten lähtötietojen tai muutoin laaduttoman reklamaation vuoksi. Lisäksi säästetty aika voidaan käyttää muuhun tärkeään työhön, kuten tehtaan sisäiseen jatkuvaan parantamiseen tai toimittajien kehittämiseen. Valmis raporttipohja tarjoaa kustannustehokkaan ja selkeän mallin palvelemaan reklamaation osapuolia. Lisäksi reklamaatiopohjan ollessa PDF-tiedosto ei tietojärjestelmämuutosten pitäisi olla ongelma. Tutkimuksen avulla luodut optimoinnit pitäisivät myös näkyä laatu- ja kustannuksien pienenemisenä, sillä toimittajalaadun kehitys ja seuranta helpottuvat. Reklamaatioprosessin optimoinnissa on huomioitava myös resurssien panostus tarkastustoimintaan, sillä modernit mittausjärjestelmät ovat suhteellisen kalliita.

Työn aikana syntyi ajatuksia jatkoselvitystarpeille. Jatkossa voisi tutkia, miten tutkimuksen perusteella toteutetut toimittajareklamaatioprosessin optimoinnit ovat vaikuttaneet toimittajalaadun kehitykseen, laatu- ja kustannuksiin, tuotannon sujuvuuteen tehtaalla sekä muuntajan loppuasiakkaan tyytyväisyyteen. Myös mahdollinen tutkimuskohde voisi olla luodun reklamaatioreporttipohjan kehittäminen vielä paremmaksi. Reporttipohjaa tul- laan parantamaan tehokkaammaksi joka tapauksessa, kun se otetaan käyttöön.

8 Johtopäätökset

Hitachi Energy Vaasan muuntajatehtaan toimittajarajapinnan prosessien kehityskohteista ja optimoinnista laatu poikkeamatilanteissa tehtiin seuraavia johtopäätöksiä:

- Toimittajareklamaation avaamisessa ja toimittamisessa on liian paljon muistin varassa olevia asioita, jotka aiheuttavat riskin puutteellisen reklamaation lähettämiseen. Puutteellinen reklamaatio useimmiten pitkittää reklamaatioprosessin keskusteluvaihetta sekä laskee reklamaation kautta saavutettujen tuloksien tehokkuutta.
- Laatu poikkeamatilanteissa toimivan toimittajareklamaatioprosessin perustana toimii monipuolinen ja osaava henkilöstö. Henkilöstön pätevyyden kehittäminen ja osaamisen monipuolistaminen on tärkeää mahdollisimman tehokkaan ja toimivan prosessin luomiseksi.
- Muuntajien erilaisiin laatu tarkastuksiin käytettäviin työvälineisiin täytyy panostaa mahdollisimman paljon, jotta saatavat mittaustulokset ja kerättävä todistusmateriaali ovat luotettavia ja tarkkoja. Lisäksi työvälineiden käyttöön perehdyttäminen on tärkeää.
- Priorisointi ja ajankäytön hallinta ovat tärkeitä tekijöitä, jotta toimittajarajapinnan prosessit eivät laatu poikkeamatilanteissa kärsi liiallisen kiireen vuoksi.
- Tehtyjen toimittajareklamaatioiden tilannetta tulisi seurata säännöllisesti, jotta kaikki reklamaatiot saadaan suljettua ja toimittajien kehitystä voidaan seurata.

Edellä mainitut kehityskohteet ovat pääosin tyyppiltään sellaisia, että niitä tulisi kehittää jatkuvasti. Hyvällä johtamisella sekä riittävällä resursoinnilla ja panostuksella saavutetaan parhaat mahdolliset tulokset. Tutkimuksen avulla luotiin toimittajareklamaatiopohja, joka yhtenäistää reklamaatioiden muotoa ja pienentää sitä riskiä, että toimittajalle lähetetään puutteellinen reklamaatio. Reklamaatiopohja ohjaa toimittajan vastausta oikeanlaiseksi sekä vaatii reklamaation tekijältä tarvittavat kriittiset tiedot sujuvan reklamaatioprosessin luomiseksi.

9 Yhteenveto

Tämän tutkielman tavoitteena oli löytää optimoitavia asioita toimittajarajapinnan prosesseista laatupoikkeamatilanteissa sekä yhtenäistää Hitachi Energyn Vaasan muuntajatehtaan sisäisiä toimintatapoja noissa tilanteissa. Lisäksi löydettyihin ongelmiin oli tavoitteena kehittää ratkaisuja, jotka ovat mahdollisimman selkeitä, kustannustehokkaita ja palvelevat reklamaatioprosessin kaikkia osapuolia hyvin.

Erilaisten laatupoikkeamatilanteiden vaatimusten selvittämiseksi työssä käytiin ensin läpi yksinkertaistetusti muuntajan toiminta. Muuntajan toiminnan lisäksi tarkasteltiin muuntajien komponentteja sekä niiden laadullisia perusvaatimuksia, sillä perusvaatimuksista poikkeaminen on yleisimmin se asia, joka aiheuttaa toimittajareklamaatioprosessin käynnistymisen. Muuntajan toimintaan ja laadullisiin perusvaatimuksiin perehtymisen jälkeen selvitettiin, millaisia tarkastuksia muuntajatuotannon sujuvan toiminnan takaamiseen kuuluu.

Tarkastustoiminnan tutkimisen jälkeen työssä perehdyttiin koko toimittajareklamaatioprosessiin sen käynnistymisestä sulkemiseen asti. Reklamaatioprosessin toiminta, sen vaatimukset sekä prosessissa käytetyt järjestelmät ja reklamaatiomäärät käytiin läpi ennen kehityskohdetarkastelua ja optimointia. Kehityskohdetarkastelussa tutkittiin tutkielman aikaisemman tiedon avulla optimoitavia kohteita laatupoikkeamatilanteen toimittajareklamaatioprosessista. Kehityskohdetarkastelussa määritettiin ne optimoitavat kohteet, joita laatupoikkeamatilanteen toimittajareklamaatioprosessi vaatii. Löytyneisiin epäkohtiin esitettiin ratkaisuja reklamaatioprosessin optimointivaiheessa. Tutkielman viimeisessä vaiheessa pohdittiin optimoitavien asioiden merkitystä ja vaikutusta.

Tutkielman tuloksena tehtiin johtopäätökset toimittajarajapinnan prosessien kehityskohteista laatupoikkeamatilanteissa. Kehityskohteita koskevia optimointi-ideoita lueteltiin. Tutkielman avulla luotiin myös raporttipohja toimittajareklamaatioiden tehostamiseksi ja yhtenäistämiseksi.

Lähteet

Aaltonen, L. (2019). *Pienjänniteverkon jännitteensäätäjät - Jakelumuuntajan käämikytkin*. Haettu 01.02.2023 osoitteesta <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/122105/AaltonenLauri.pdf?sequence=2>

Aktiiviosakatselmointien poikkeamat. (2023). *Tarkastusmateriaali*. Haettu 04.05.2023 osoitteesta <https://hitachipowergrids.sharepoint.com> [Rajattu pääsy]

Asiakkuuden hallintaprosessi. (2017). *Ohjemateriaali*. Haettu 02.05.2023 osoitteesta <https://hitachipowergrids.sharepoint.com> [Rajattu pääsy]

Haddad, P. (2020). *Hitachi ABB wins major contract for WindSTAR transformers*. Haettu 01.02.2023 osoitteesta <https://www.powertransformernews.com/2020/09/14/hitachi-abb-wins-major-contract-for-windstar-transformers/>

Vastaanottotarkastus. 2022. *Ohjemateriaali*. Haettu 11.05.2023 osoitteesta <https://hitachipowergrids.sharepoint.com> [Rajattu pääsy]

Kivioja, M. (2012). *Muuntajan eristysrakenteiden impregnoituminen eristysnesteessä*. Haettu 19.04.2023 osoitteesta https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/46197/Kivioja_Matti.pdf;jsessionid=CA1D60A31BAB9FCBAE83284C0189F92A?sequence=2

Käämivirheet. (2023). *Tarkastusmateriaali*. Haettu 03.05.2023 osoitteesta <https://hitachipowergrids.sharepoint.com> [Rajattu pääsy]

Lähtökuntotarkastuksien poikkeamat. (2023). *Tarkastusmateriaali*. Haettu 08.05.2023 osoitteesta <https://hitachipowergrids.sharepoint.com> [Rajattu pääsy]

Metalliosien laatuongelmat. (2023). *Tarkastusmateriaali*. Haettu 20.10.2022 osoitteesta <https://hitachipowergrids.sharepoint.com> [Rajattu pääsy]

Muuntajatekniikan perusteet. (2007). *Koulutusmateriaali*. Haettu 20.10.2022 osoitteesta <https://hitachipowergrids.sharepoint.com> [Rajattu pääsy]

Muuntajatekninen peruskoulutus. (1998). *Koulutusmateriaali*. Haettu 17.03.2023 osoitteesta <https://hitachipowergrids.sharepoint.com> [Rajattu pääsy]

Tarkastus- ja testaussuunnitelma. (2022). *Ohjemateriaali*. Haettu 10.05.2023 osoitteesta <https://hitachipowergrids.sharepoint.com> [Rajattu pääsy]

Techqualitypedia. (2020). *What is 8D ? 8D CAPA Report | Eight Disciplines of "Problem Solving"*. Haettu 12.05.2023 osoitteesta <https://techqualitypedia.com/8d-problem-solving/>

Vastaanottomenettely. (2022). *Ohjemateriaali*. Haettu 03.05.2023 osoitteesta <https://hitachipowergrids.sharepoint.com> [Rajattu pääsy]

Liitteet

Liite 1. Luodun poikkeamaraporttipohjan etusivu

Page 1

NON-CONFORMANCE REPORT		HITACHI Inspire the Next	
NOTIFICATION NUMBER: <input type="text"/>	PROJECT NUMBER: <input type="text"/>	PURCHASE ORDER: <input type="text"/>	MATERIAL CODE: <input type="text"/>
PROVIDE YOUR ANSWER TO THIS COMPLAINT NO LATER THAN: <input type="text"/>			
Your answer must contain at least: <ul style="list-style-type: none"> - Notification number - Fault description - Root cause analysis - Corrective and preventive action plan with person(s) responsible & schedule 			
DESCRIPTION OF NON-CONFORMANCE			
REQUIREMENTS			
Standard(s):	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Instruction(s):	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Other:	<input type="text"/>		
ACTIONS			
<input type="checkbox"/> New part needed	<input type="checkbox"/> Repair by supplier	<input type="checkbox"/> Repair by Hitachi	<input type="checkbox"/> Quality improvement
Estimation of repairing cost:	<input type="text"/>		

Liite 2. Luodun poikkeamaraporttipohjan todistusmateriaalisivu

Page 2

	REPORT DATA
--	--------------------