



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Niki Pöllänen

# TOISTUVIEN SUUNNITTELUVIRHEIDEN TUNNISTAMINEN JA KORJAAMINEN

Tekniikka  
2024

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Niki Pöllänen
Opinnäytetyön nimi	Toistuvien suunnitteluvirheiden tunnistaminen ja korjaaminen
Vuosi	2024
Kieli	suomi
Sivumäärä	52 + 1 liite
Ohjaaja	Anssi Yppärilä, Juha Vuorinen

---

Tämä opinnäytetyö toteutettiin ABB Oy:n IEC LV Motors -yksikön sovellussuunnitteluosaston toimeksiantamana. Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda monistettava toimintamalli sovellussuunnittelulle, operatiiviselle laadulle sekä tuotantolinjojen työhjoitoille hyödynnettäväksi. Työssä keskityttiin luomaan yleiskattava ohjeistus ja toimintamenetelmät toistuvien suunnitteluvirheiden tunnistamiseen ja korjaustoimenpiteisiin.

Teoriaosuudessa tutustutaan toimeksiantajayritykseen, sen toimintaan ja oikosulkumoottoreihin. Teoriaosuus käsittelee lisäksi työssä keskityttyä, IEC LV Motorilla toimivia osastoja, kuten sovellussuunnittelua, operatiivista laatua, tuoteylläpitoa sekä niiden toimintatapoja.

Toimintamallin kehityksessä hyödynnettiin olemassa olevia ohjeistuksia, työkaluja sekä toimintamenetelmiä. Lisäksi toimintamallin kehitykseen vaikutti tutkimusmateriaalin virheanalysoinnin perusteella tehdyt havainnot.

Opinnäytetyön tuloksena valmistui ABB:n ohjetietokantaan luotu toimintamalli, mahdollistaen dokumentin helpon monistamisen sekä mahdollisen revisioinnin. Toimintamallin luku- ja kopiointioikeus rajoitettiin vain IEC LV Motors -yksikön sisäiseen käyttöön. Toimintamalli sisältää ohjeistuksen sisäiseen palauteprosessiin, selventää suunnitteluvirheen tunnistamista tukevat työkalut, toimintamenetelmät erilaisiin virhetilanteisiin, ennaltaehkäiseviä toimenpiteitä sekä menettelyt toimintamallin jatkuvuuden varmistamiseksi.

## ABSTRACT

Author	Niki Pöllänen
Title	Identification and Correction of Recurring Design Errors
Year	2024
Language	Finnish
Pages	52 + 1 Appendix
Name of Supervisor	Anssi Yppärilä, Juha Vuorinen

---

This thesis was commissioned by the application design department of ABB Oy's IEC LV Motors unit. The objective of the thesis was to create a printable operating model for use in application design, operational quality, and production line management. The focus of this thesis was on developing comprehensive guidelines and operational procedures for identifying recurring design errors and implementing corrective measures.

The theoretical section provides an overview of the commissioning company, of its operations, and squirrel-cage induction motors. Additionally, it discusses and clarifies the IEC LV Motors departments involved in the study, such as application design, operational quality, and product maintenance, along with their methods of operation.

The development of the operating model utilized existing guidelines, tools, and operating methods. Additionally, the development of the operating model was influenced by conclusions made through an error analysis of research material.

As a result of the thesis, operating model was created in ABB's instruction database, enabling easy replication of the document and potential revisions. The access and copying rights to the operating model were restricted only for internal use within IEC LV Motors unit. The operating model includes guidance of internal feedback process, clarifies tools supporting the identification of design errors, operating methods for various error situations, preventive measures, and procedures to ensure the continuity of the operating model.

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	9
1.1	Opinnäytetyön tausta ja tavoitteet .....	9
1.2	ABB.....	9
1.2.1	ABB Suomessa .....	10
1.2.2	ABB Oy, IEC LV Motors .....	11
2	OIKOSULKUMOOTTORI.....	12
2.1	Oikosulkumoottorin rakenne.....	12
2.2	Oikosulkumoottorin toimintaperiaate.....	14
3	SOVELLUSSUUNNITTELU .....	15
3.1	Prosessikokonaisuudessa ja vastualueet .....	15
3.2	Rakenteen määräytyminen.....	16
3.2.1	Tilauksen tuotekoodi.....	17
3.2.2	Tilauksen varianttikoodit .....	18
3.3	Vaatimukset sovellussuunnittelulle .....	18
3.3.1	Sovellussuunnitteluprosessi.....	19
4	TUOTEYLLÄPITÖ.....	21
4.1	Tuoteylläpidon vastualueet .....	21
4.2	GPM-tehtävä .....	22
5	OPERATIIVINEN LAATU .....	23
5.1	Laatupoikkeamat .....	23
6	SISÄISTEN PALAUTTEIDEN NOTIFIKAATIOPROSESSI .....	24
6.1	Notifikaatioprosessin kuvaus .....	24
6.2	Laatupoikkeaman kulku .....	25
7	TUTKIMUSMATERIAALI.....	26
7.1	Scrap and notification report – Power BI .....	26
7.2	Tuotannossa kerätyt työkortit .....	27

7.3	Suullinen tiedonkeruu.....	27
8	VIRHEIDEN ANALYSOINTI .....	28
8.1	Virheiden analysoinnissa käytetyt työkalut.....	28
8.1.1	SAP-transaktio ZEWQ_2.....	28
8.1.2	SAP-transaktio CU50 .....	29
8.1.3	MoGeVa-hakutyökalu .....	30
8.1.4	Teamcenter & NX.....	32
9	HAVAINNOT.....	35
9.1	Yleisimmät ongelmat .....	35
9.1.1	Läpivientiosien virheet.....	36
9.1.2	Tuuletinsuojien virheet .....	37
9.1.3	Muut virheet .....	38
9.1.4	Pää- ja erilliskotelojen virheet .....	39
9.1.5	Lisälaitteiden virheet.....	40
9.2	Suunnitteluvirheistä poikkeavat notifikaatiot .....	40
9.3	Virhe rakenteella -notifikaatiot kokonaiskuvassa.....	41
9.4	Raportoimattomat ongelmat.....	42
10	TOIMINTAMALLIN KEHITYS .....	44
10.1	Notifikaatioprosessin selkeyttäminen .....	44
10.2	Suunnitteluvirheen tunnistamista tukevat työkalut.....	45
10.3	Toimintamenetelmät erilaisille suunnitteluvirheille .....	46
10.4	Toimintamallin lisähuomiot .....	47
10.5	Korjaustoimenpiteiden läpinäkyvyyden parantaminen .....	47
11	YHTEENVETO .....	48
11.1	Työn tulokset ja tavoitteiden saavuttaminen.....	49
11.2	Jatkokehitys.....	50
	LÄHTEET .....	51
	LIITTEET .....	52

## KUVALUETTELO

<b>Kuva 1.</b> Oikosulkumoottorin roottorin käämitys.....	12
<b>Kuva 2.</b> Oikosulkumoottorin rakenne.....	13
<b>Kuva 3.</b> Tilauksen kulku -prosessikaavio.....	16
<b>Kuva 4.</b> Tuotekoodin muodostuminen .....	17
<b>Kuva 5.</b> Sovellussuunnittelun työjono .....	19
<b>Kuva 6.</b> Moottorin moduulirakenteen tarkastelu.....	20
<b>Kuva 7.</b> Sähkö- ja mekaniikkasuunnittelijan lisäämiä huomautuksia .....	20
<b>Kuva 8.</b> Tuoteylläpidon tehtäväkuvaus.....	21
<b>Kuva 9.</b> Azure DevOps-työkalun kaavio vuonna 2024 suoritetuista GPM-tehtävistä .....	22
<b>Kuva 10.</b> ZP-notifikaation yleisesti läpikäymät käsittelyvaiheet .....	25
<b>Kuva 11.</b> Power BI -taulukko suunnitteluun kohdistuvista notifikaatioista .....	27
<b>Kuva 12.</b> Kauppakohtaiset notifikaatiot ”ZEWQ2” -transaktiossa .....	28
<b>Kuva 13.</b> Täytettävä simulointikarakteristiikka ”CU50” -transaktiossa.....	29
<b>Kuva 14.</b> MoGeVa-työkalun moduulihaku.....	30
<b>Kuva 15.</b> MoGeVa-työkalun tilaushaku .....	31
<b>Kuva 16.</b> Moduulin tietokentät Teamcenterissä .....	32
<b>Kuva 17.</b> Osaluettelon tarkastelu Teamcenterillä .....	33
<b>Kuva 18.</b> BP400 -moottorin poikkileikkaus NX CAD-ohjelmistossa .....	34
<b>Kuva 19.</b> Notifikaatioiden virhejakauma .....	35
<b>Kuva 20.</b> Tuuletinsuojien virhejakauma.....	38
<b>Kuva 21.</b> Suunnitteluvirheiden ja muiden syiden prosenttiosuudet.....	40
<b>Kuva 22.</b> Valmistuneiden moottoreiden ja Virhe rakenteella -notifikaatioiden suhde.....	41
<b>Kuva 23.</b> Erilliskotelomodulissa esiintyvän virheen visualisointi.....	43
<b>Kuva 24.</b> Analysointityökalut ja käyttökuvaukset.....	45

## **LIITELUETTELO**

**LIITE 1.** Toimintamalli toistuvien suunnitteluvirheiden tunnistamiseksi ja korjaamiseksi (salattu)

## MERKINTÄ- JA LYHENNELUETTELO

ABB	Asea Brown Boveri
IEC LV Motors	ABB:n pienjännitemoottoreita valmistava divisioona
BP/JP	ABB:n valmistamia moottorityyppejä
OMS	Order Management System, tilaustietokanta
SAP	Toiminnanohjausjärjestelmä
MES	Tuotannonohjausjärjestelmä
Tuotekoodi	14-numeroinen sarja, kertoo moottorin tiedoista
Varianttikoodi	3-numeroinen sarja, kertoo moottorin lisäoptioista
Transaktio	SAP-toiminnanohjausjärjestelmän toiminto
GPM	Global Product Maintenance, tuoteylläpito
Azure	Microsoftin pilvipohjainen alustapalvelu
Notifikaatio	Sisäinen palauteviesti
Power BI	Microsoftin visualisointiohjelmisto
BOM	Bill Of Materials, tuoterakenne
Teamcenter	Siemensin kehittämä PLM-järjestelmä
NX	Siemensin kehittämä 3D-suunnitteluohjelmisto
3D	Kolmiulotteinen
CAD	Tietokoneavusteinen suunnitteluohjelmisto
MDBS	Multidatabase Search, ABB:n tietokantahaku

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Opinnäytetyön tausta ja tavoitteet

Tämä opinnäytetyö toteutettiin ABB Oy:n IEC LV Motors -yksikön sovellussuunnitteluosaston toimeksiantamana. Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda monistettava toimintamalli sovellussuunnittelulle, operatiiviselle laadulle sekä tuotantolinjojen työjohdoille hyödynnettäväksi. Työssä keskityttiin luomaan yleiskattava ohjeistus ja toimintamenetelmät toistuvien suunnitteluvirheiden tunnistamiseen ja korjaustoimenpiteisiin, sillä suunnitteluvirheet aiheuttavat ylimäärisiä materiaalikustannuksia sekä pidentävät tuotantoprosessin läpimenoaikoja. Toimintamallin pääpaino on edesauttaa tunnistamaan toistuvia suunnitteluvirheitä, suorittamaan niille tarvittavia korjaustoimenpiteitä sekä olemassa olevien prosessien ja toimintatapojen tehokkaampi hyödyntäminen.

## 1.2 ABB

ABB (aik. Asea Brown Boveri) on johtava teknologiayritys, joka muodostettiin vuonna 1988 kun ruotsalainen Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget (ASEA) ja sveitsiläinen Brown, Boveri & Cie (BBC) yhdistyivät. Yhtiön pääkonttori sijaitsee Zürichissä, Sveitsissä.<sup>1</sup>

ABB:lla työskentelee yli 105 000 henkilöä noin 100 maassa kaikilla mantereilla. Yrityksellä on neljä asiakaskekeistä globaalisti johtavaa liiketoiminta-aluetta: Electrification, Process Automation, Motion ja Robotics & Discrete Automation.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> ABB. History of ABB. Viitattu 4.3.2024. <https://global.abb/group/en/about/history>

<sup>2</sup> ABB. ABB liiketoiminta Suomessa. Viitattu 4.3.2024. <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/liiketoiminnat>

### 1.2.1 ABB Suomessa

ABB on jatkanut Suomessa menestyksekkäästi Gottfrid Strömbergin jalanjäljissä, jonka suunnittelemat sähkökoneet nostivat Oy Strömberg Ab:n Suomen merkittävimpien teollisuusyritysten joukkoon ja sähköteknisen teollisuuden tiennäyttäjäksi.<sup>3</sup>

Vuonna 1987 Strömberg siirtyi ruotsalaisen ASEA:n omistukseen, ja vuonna 1988 ASEA:n nimi muuttui ABB:ksi ASEA:n ja BBC:n fuusion seurauksena. ABB on jatkanut Strömbergin aiempaa toimintaa Helsingin ja Vaasan tehtaillaan, hyödyntäen Strömbergin paikallisia juuria ja osaamista.

Suomessa ABB työllistää noin 5 000 ammattilaista ja toimii noin 20 paikkakunnalla palvelen koko maata. Tehdaskeskittymät sijaitsevat Helsingissä, Vaasassa, Porvoossa ja Haminassa. Suomessa ABB on yksi suurimmista teollisista työnantajista, pääkaupunkiseudulla suurin:<sup>4</sup>

- Helsinki, Pitäjänmäki: moottorit, generaattorit, taajuusmuuttajat, robotit, CPM-energianhallintajärjestelmät ja paperikonekäyttöratkaisut, globaali ABB Ability™-alustakehitys ja Motion Service
- Helsinki Vuosaari, Hamina: Azipod®-ruoripotkurijärjestelmät
- Vaasa: moottorit, pienjännitetuotteet ja -järjestelmät, sähkön siirto- ja jakelijärjestelmät, voimantuotannon järjestelmät, prosessiteollisuuden kokonaisprojektointi, Electrification Service
- Porvoo: sähköasennustuotteet.

---

<sup>3</sup> ABB. Suomalaiset juuret. Viitattu 4.3.2024. <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/historia/suomalaiset-juuret>

<sup>4</sup> ABB. ABB Suomessa. Viitattu 4.3.2024. <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa>

### 1.2.2 ABB Oy, IEC LV Motors

ABB:n IEC LV Motors -divisioona kehittää ja valmistaa räätälöityjä IEC-pienjännitemoottoreita kaikille teollisuudenaloille ja kaikkiin sovelluksiin maailmanlaajuisesti. ABB:n IEC LV Motors -divisioona Vaasassa panostaa vahvasti korkean hyötysuhteen moottoreiden tutkimukseen ja tuotekehitykseen.

Vaasan Strömberg Park -teollisuusalueella sijaitsevalla yksikössä työskentelee noin 600 henkilöä, ja pienjännitemoottoreita on valmistettu Vaasassa jo vuodesta 1944 lähtien.<sup>5</sup>

Pienjännitemoottoreiden sovelluskohteita ovat esimerkiksi: sementti- ja kaivosteollisuus, elintarvike- ja juomateollisuus, lämmitys-, ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät, meriteollisuus, metalliteollisuus sekä veden- ja jätevedenkäsittely.<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> ABB. IEC LV Motors. Viitattu 4.3.2024. <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/liiketoiminnat/iec-lv-motors>

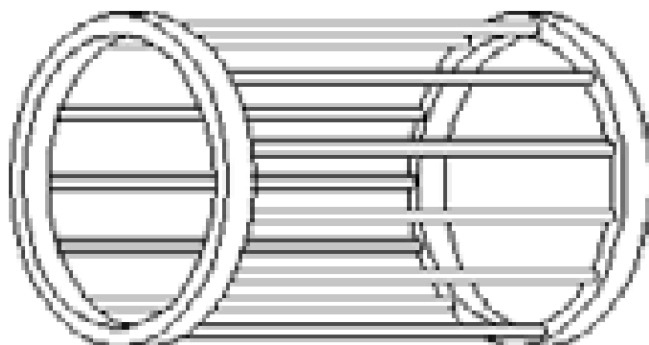
<sup>6</sup> ABB. IEC Low voltage motors. Viitattu 4.3.2024. <https://new.abb.com/motors-generators/iec-low-voltage-motors>

## 2 OIKOSULKUMOOTTORI

### 2.1 Oikosulkumoottorin rakenne

Oikosulkumoottori on yleisin käytetty sähkömoottorityyppi. Yksinkertaisen rakenteen ja korkean luotettavuuden vuoksi oikosulkumoottoreita käytetään monenlaisiin käyttökohteisiin kaikilla teollisuuden aloilla.<sup>7</sup>

”Verrattuna muihin yleisimpiin moottorityyppeihin, oikosulkumoottorissa ei ole erillisiä magnetointikäämityksiä, vaan ainoastaan suhteellisen yksinkertaiset staattori- ja roottorikäämitykset. Oikosulkumoottorin roottorin käämitys on ns. häkkikäämitys, joka on sijoitettu roottorin uriin ja suljettu molemmista päistä oikosulkurenkaalla.”<sup>8</sup>



**Kuva 1.** Oikosulkumoottorin roottorin käämitys.<sup>9</sup>

---

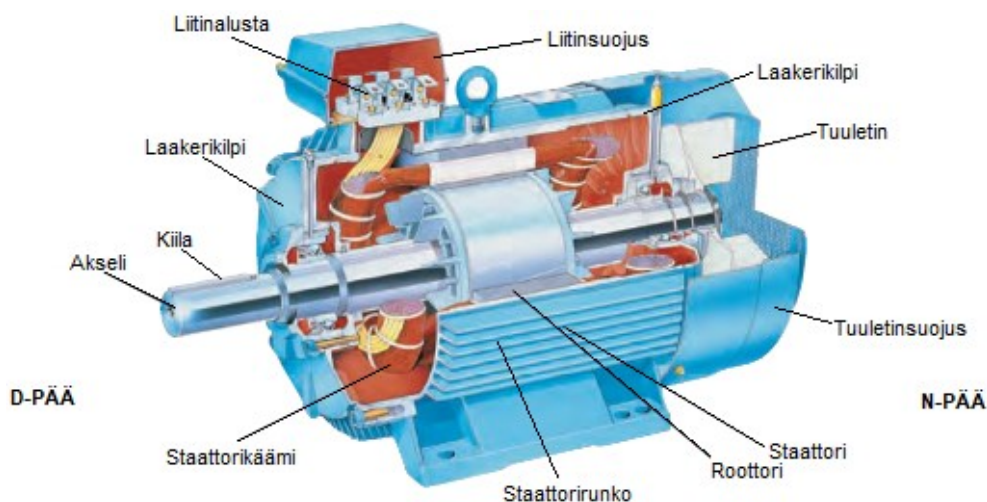
<sup>7</sup> saVRee. Induction Electric Motor. Viitattu 18.3.2024. <https://savree.com/en/encyclopedia/induction-electric-motor-squirrel-cage>

<sup>8</sup> Leena Korpinen. Sähkökoneet, osa 1. Viitattu 21.4.2024 [http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt\\_opus/10sahkokoneet\\_1osa.pdf](http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/10sahkokoneet_1osa.pdf)

<sup>9</sup> Leena Korpinen. Sähkökoneet, osa 1. Viitattu 21.4.2024 [http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt\\_opus/10sahkokoneet\\_1osa.pdf](http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/10sahkokoneet_1osa.pdf)

”Koneen toiminnan kannalta tärkeimmät osat ovat staattorin käämitykset levypaketteineen ja roottorin käämitys levypaketteineen. Käytännössä ainoat moottorin kuluvat osat ovat laakerit.”<sup>10</sup>

”Kaikista normaalirakenteisista koneista voidaan erottaa seuraavat perusosat: pyörivä roottori akseleineen, staattori, laakerikilvet tai laakeripukit ja laakerit. Roottori on laakereiden varassa staattoriaukossa. Roottorin ja staattorin välissä on ilmarako niin, että roottori voi pyöriä vapaasti. Laakerit on kiinnitetty laakerikilpiin, jotka kannattavat roottoria. Laakerikilvet ovat kiinni staattorissa, joka muodostaa koneen rungon. Staattoriin ja roottoriin on sijoitettu käämitykset, joiden muoto ja rakenne vaihtelevat konetyypin mukaan. Koneissa on yleensä päällä myös liittokotelo, johon syöttökaapeli kytketään.”<sup>11</sup>



**Kuva 2.** Oikosulkumoottorin rakenne.<sup>12</sup>

<sup>10</sup> Leena Korpinen. Sähkökoneet, osa 1. Viitattu 18.3.2024 [http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt\\_opus/10sahkokoneet\\_1osa.pdf](http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/10sahkokoneet_1osa.pdf)

<sup>11</sup> Leena Korpinen. Sähkökoneet, osa 1. Viitattu 21.4.2024 [http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt\\_opus/10sahkokoneet\\_1osa.pdf](http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/10sahkokoneet_1osa.pdf)

<sup>12</sup> EnggCyclopedia. Squirrel cage induction motors. Viitattu 18.3.2024. <https://enggcyclopedia.com/2012/09/squirrel-cage-induction-motors/>

## 2.2 Oikosulkumoottorin toimintaperiaate

”Kun staattoriin kytketään jännite, syntyy koneen sisään pyörivä magneettikenttä, jonka kenttäviivat leikkaavat roottorikäänin sauvoja. Sauvoihin indusoituu tällöin sähkömotorinen voima, joka saa aikaan roottorivirran. Virran ja pyörivän kentän välinen voimavaikutus saa roottorin pyörivään liikkeeseen. Moottorin tarvitsema sähköteho syötetään siis staattorikäänityksiin, joista teho siirtyy roottoriin pääasiassa mekaaniseksi tehoksi.”<sup>13</sup>

”Moottori aloittaa pyörimisen, kun sähköinen vääntömomentti on suurempi kuin roottoria jarruttavan kuorman vääntömomentti. Roottori pyörii aina samaan suuntaan kuin kenttä. Roottorin nopeuden lisääntyessä pienenee roottorisauvojen ja kentän välinen nopeusero, jolloin roottorijännite ja -virta pienenevät ja niiden taajuudet alenevat. Jos roottori pyörisi samalla nopeudella kuin kenttä, niin tällöin roottorisauvat eivät leikkaisi vuoviivoja ollenkaan, jolloin roottorin sisäinen vastus ja roottorin läpikulkeva sähkövirta olisivat nolla. Tällöin ei syntyisi myöskään pyörintää ylläpitävää momenttia. Roottori pyörii siis aina hitaammin kuin magneettikenttä, jolloin roottorin nopeus on aina pienempi kuin tahtinopeus.”<sup>14</sup>

---

<sup>13</sup> Leena Korpinen. Sähkökoneet, osa 1. Viitattu 18.3.2024 [http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt\\_opus/10sahkokoneet\\_1osa.pdf](http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/10sahkokoneet_1osa.pdf)

<sup>14</sup> Leena Korpinen. Sähkökoneet, osa 1. Viitattu 18.3.2024 [http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt\\_opus/10sahkokoneet\\_1osa.pdf](http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/10sahkokoneet_1osa.pdf)

### 3 SOVELLUSUUNNITTELU

#### 3.1 Prosessikokonaisuudessa ja vastualueet

Sovellussuunnittelu on olennainen osa IEC LV Motorsilla valmistettujen sähkömoottorien tilaus- ja valmistusprosessien kokonaisuudesta. Ennen kuin asiakkaan tilaama sähkömoottori siirtyy tuotantovaiheeseen, tilaus läpikäy erilaisia prosesseja, kuten tarvittaessa sovellussuunnittelun.

Prosessikokonaisuus käynnistyy tilauksen vastaanottamisesta asiakkaalta. Tilauksen vastaanottamisen jälkeen se kirjataan myyntiyhtiön toimesta OMS-tilaustietokantaan, jonka jälkeen se siirtyy tilausten käsittelyn SAP-työjonoon.

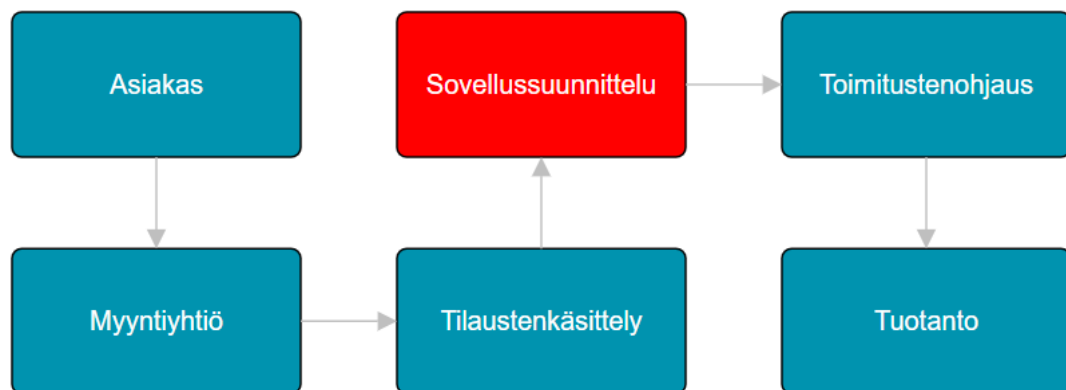
Tilausten käsittely tarkastaa tilauksen tiedot ja varmistaa niiden vastaavuuden mahdollisesti annettuun tarjoukseen sekä oikeiden tuote- ja varianttikoodien sisällyttämisen. Kun tilaus on vahvistettu tilausten käsittelyssä, se siirtyy sovellussuunnittelun vaiheeseen.

Sovellussuunnittelu tarkistaa rakenteen ja tarvittaessa tekee muutoksia sen soveltuvuuden varmistamiseksi käyttökohteeseen. Muita sovellussuunnittelua vaativia asioita ovat sähköisten laskelmien laatiminen, arvokilpien leimaaminen ja erilaisten dokumenttien toimitus, kuten mittapiirustukset ja 3D-mallit, mikäli asiakas on tilannut niitä.

Suunnitteluprosessista valmistuessa moottori siirtyy toimitustenohjauksen vastuulle. Toimitustenohjaus vapauttaa tilaukset tuotantoon ja hallinnoi tuotannon työkuormaa tuotantolinjan valmistuskapasiteetin mukaisesti.<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> ABB. Sisäinen dokumentti. Viitattu 21.4.2024.



**Kuva 3.** Tilauksen kulku -prosessikaavio.

### 3.2 Rakenteen määräytyminen

Sähkömoottorit tilataan myyntiyhtiöiden välityksellä, ottaen huomioon moottorin käyttötarkoitus ja asennusympäristön vaatimukset.

Vaatimuksia saattaa olla esimerkiksi moottorityypin esimerkiksi moottorin riittävä kosteus- ja pölysuojaus tai soveltuvuus räjähdysvaarallisiin ympäristöihin, jatkuva teollisuuskäyttö, lämpötilojen kestävyys sekä asennusasennon yhteensopivuus käyttökohteeseen.

Käyttökohteen vaatimuksien perusteella asiakas ja myyntiyhtiö määrittävät tilaukselle tarvittavat tuote- ja varianttikoodit, jotka vaikuttavat sähkömoottorin rakenteeseen.

### 3.2.1 Tilauksen tuotekoodi

Jokaisella tilatulla moottorilla on tuotekoodi, jonka avulla voidaan määrittää automaattisesti suurin osan moottorin rakenteesta.

	<b>3</b>	<b>G</b>	<b>B</b>	<b>P</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>-</b>	<b>A</b>	<b>D</b>	<b>G</b>	<b>037405158</b>
Positio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

**Kuva 4.** Tuotekoodin muodostuminen.<sup>16</sup>

Tuotekoodi koostuu 14 merkistä, ja sen avulla voidaan tunnistaa moottorista tärkeitä perustietoja jokaisen kirjain- ja numeroposition perusteella:

- Positiot 1–2: Liiketoiminta-alue
- Positio 3: Moottorin kotelointi ja rungon materiaali
- Positio 4: Moottorityyppi
- Positiot 5–6: IEC-runkoko
- Positio 7: Napaluku
- Positio 8: Staattorirungon pituus
- Positio 9: Staattoripaketin pituus
- Positio 10: Pyörintänopeuden koodi, napalukuyhdistelmä
- Positio 11: Viiva
- Positio 12: Asennusasento
- Positio 13: Jännite ja taajuus
- Positio 14: Sukupolvikoodi.

---

<sup>16</sup> ABB. Sisäinen dokumentti. Viitattu 22.3.2024.

Kuvassa 4 esitetty positio 15 kertoo moottorin varianttikoodista.

### **3.2.2 Tilauksen varianttikoodit**

Varianttikoodit ovat kolminumeroisia lisävarustekoodia, joita käytetään moottorin rakenteen muokkaamiseen paremmin soveltuvaksi eri käyttötarkoituksiin. Näiden koodien avulla voi tilata erilaisia ominaisuuksia, kuten erikoisakseleita, suojaus- ja valvontalaitteita, erilliskoteloita sekä tarvittavia dokumentteja.

Jos asiakkaan toivomille ominaisuuksille tai lisävarusteille ei ole olemassa valmiiksi määriteltyä varianttikoodia, ne voidaan tilata käyttämällä varianttikoodia 999. Näitä erikoistoiveita käsitellään erillisten tarjousten avulla.

### **3.3 Vaatimukset sovellussuunnittelulle**

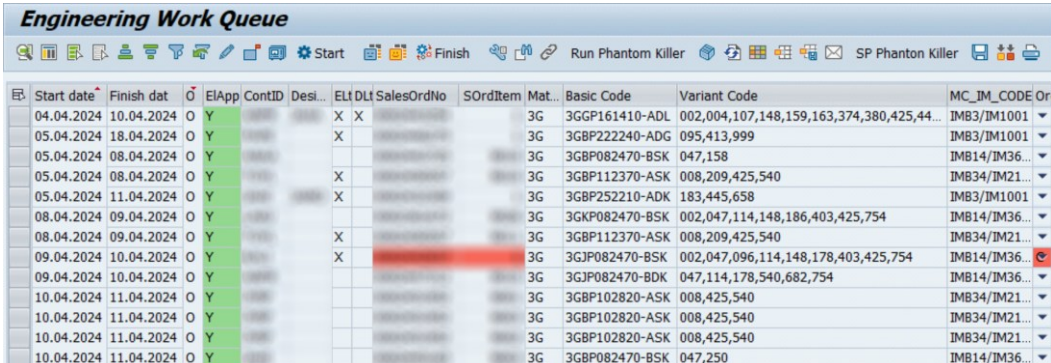
Osa tilausten käsittelyn vahvistamista tilauksista ohittaa sovellussuunnittelun, sillä tilaukselle määritetyt tuote- ja varianttikoodit saattavat konfiguroida oikean rakenteen moottorille automaattisesti.

Joillakin varianttikoodilla ei ole automaattista konfigurointimahdollisuutta, sillä ne voivat sisältää lisätietokenttiä, joihin asiakas voi syöttää tarvittavia tietoja käyttökohteen vaatimuksia varten. Näitä voivat olla esimerkiksi erikoisakselien mitat, erityiset läpivientikoot tai muut erikoistoiveet.

Jos kaupalle on tilattu yllä mainittuja rakenteeseen vaikuttavia varianttikoodia ja rakenteelta puuttuu tarvittavia moduuleita, vaaditaan sovellussuunnittelua ja tilausten käsittelyn vahvistama tilaus siirtyy sovellussuunnittelun työjonoon.

### 3.3.1 Sovellussuunnitteluprosessi

Suunnittelua vaativat tilaukset haetaan sovellussuunnittelun työjonosta transaktiolla ZEWO\_2. Transaktiolla voidaan määritettyjen parametrien perusteella hakea varianttiperusteisesti aloittamattomia, aloitettuja ja valmiiksi suunniteltuja kaupunjoja.



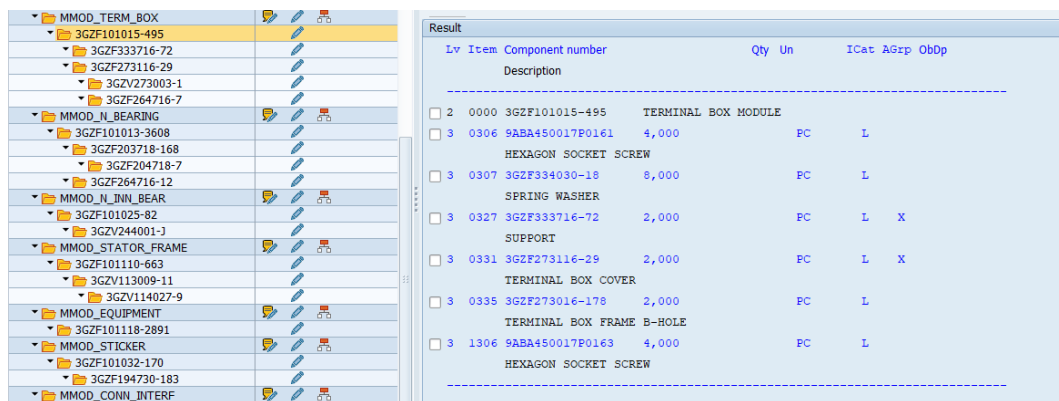
Start date	Finish date	ElApp	ContID	Desi...	ELI	DLI	SalesOrdNo	SOrdItem	Mat...	Basic Code	Variant Code	MC_IM_CODE Or
04.04.2024	10.04.2024	O	Y		X	X			3G	3GGP161410-ADL	002,004,107,148,159,163,374,380,425,44...	IMB3/IM1001
05.04.2024	18.04.2024	O	Y		X				3G	3GBP222240-ADG	095,413,999	IMB3/IM1001
05.04.2024	08.04.2024	O	Y						3G	3GBP082470-BSK	047,158	IMB14/IM36...
05.04.2024	08.04.2024	O	Y		X				3G	3GBP112370-ASK	008,209,425,540	IMB34/IM21...
05.04.2024	11.04.2024	O	Y		X				3G	3GBP252210-ADK	183,445,658	IMB3/IM1001
08.04.2024	09.04.2024	O	Y						3G	3GKP082470-BSK	002,047,114,148,186,403,425,754	IMB14/IM36...
08.04.2024	09.04.2024	O	Y		X				3G	3GBP112370-ASK	008,209,425,540	IMB34/IM21...
09.04.2024	10.04.2024	O	Y		X				3G	3GJP082470-BSK	002,047,096,114,148,178,403,425,754	IMB14/IM36...
09.04.2024	10.04.2024	O	Y						3G	3GJP082470-BDK	047,114,178,540,682,754	IMB14/IM36...
10.04.2024	11.04.2024	O	Y						3G	3GBP102820-ASK	008,425,540	IMB34/IM21...
10.04.2024	11.04.2024	O	Y						3G	3GBP102820-ASK	008,425,540	IMB34/IM21...
10.04.2024	11.04.2024	O	Y						3G	3GBP102820-ASK	008,425,540	IMB34/IM21...
10.04.2024	11.04.2024	O	Y						3G	3GBP102820-ASK	008,425,540	IMB34/IM21...
10.04.2024	11.04.2024	O	Y						3G	3GBP082470-BSK	047,250	IMB14/IM36...

Kuva 5. Sovellussuunnittelun työjono.

Työjonosta löytyy tilauksen kannalta tärkeitä tietoja, kuten esimerkiksi tilausnumero ja -positio, tuote- ja varianttikoodit, moottorin asennusasento sekä suunnitteluprosessin tarvittavat aloitus- ja valmistuspäivämäärät.

Tilauksen suunnittelu aloitetaan sähkösuunnittelijan toimesta ja merkitsee tilaukselle oman nimensä. Sähkösuunnittelija laskee tarvittavat sähköiset laskelmat, täyttää puuttuvat tiedot arvokilville sekä tarkistaa tilaukselle konfiguroituneen rakenteen, jonka jälkeen suunnittelu kuitataan valmiiksi.

Moottorin rakenne on pilkottu erilaisiin moduuleihin, jotka sisältävät osakokoonpanoja. Jos sähkösuunnittelija huomaa rakenteessa puuttuvia moduuleja tai ristiiriitoja, sähkösuunnittelija merkitsee tilaukselle huomautuksen puutteista ja kaupalle määritetään seuraavaksi mekaniikkasuunnittelija.

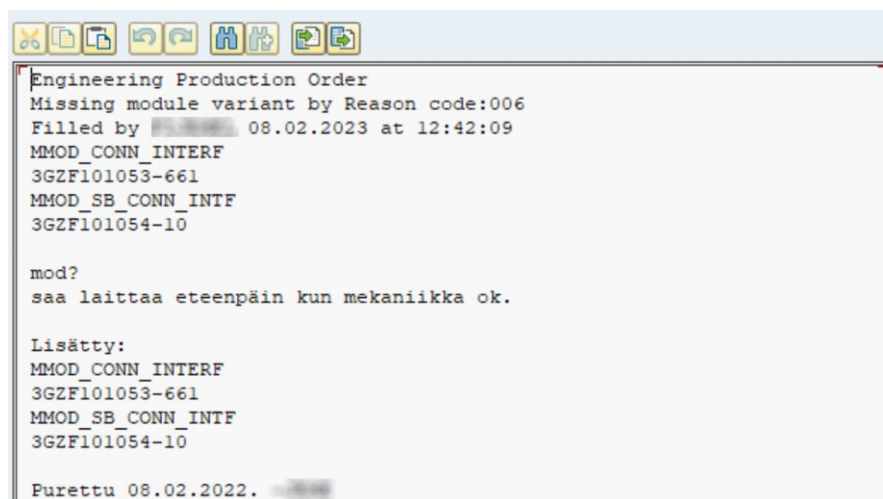


Item	Component number	Qty	Un	ICat	AGrp	ObDp
2	0000 3GZF101015-495					
Description						
3	0306 9ABA450017P0161	4,000		PC	L	
Description						
3	0307 3GZF334030-18	8,000		PC	L	
Description						
3	0327 3GZF333716-72	2,000		PC	L	X
Description						
3	0331 3GZF273116-29	2,000		PC	L	X
Description						
3	0335 3GZF273016-178	2,000		PC	L	
Description						
3	1306 9ABA450017P0163	4,000		PC	L	
Description						

**Kuva 6.** Moottorin moduulirakenteen tarkastelu.

Mekaniikkasuunnittelija tarkastaa ja lisää rakenteelle puuttuvat moduulit. Jos käyttökohteeseen soveltuvaa moduulia tai osaa ei ole entuudestaan olemassa, mekaniikkasuunnittelijan tehtävä on luoda uusi moduuli tarvittavine osineen ja tehdä niistä tarvittavat piirustukset.

Kun moottorin rakenne on kunnossa, tilauksen tuoterakenne puretaan Phantom Killer -työkalulla ja tilaus kuitataan valmiiksi suunnittelusta.



```

Engineering Production Order
Missing module variant by Reason code:006
Filled by [redacted] 08.02.2023 at 12:42:09
MMOD_CONN_INTERF
3GZF101053-661
MMOD_SB_CONN_INTF
3GZF101054-10

mod?
saa laittaa eteenpäin kun mekaniikka ok.

Lisätty:
MMOD_CONN_INTERF
3GZF101053-661
MMOD_SB_CONN_INTF
3GZF101054-10

Purettu 08.02.2022. [redacted]

```

**Kuva 7.** Sähkö- ja mekaniikkasuunnittelijan lisäämiä huomautuksia.

## 4 TUOTEYLLÄPITÖ

IEC LV Motors -yksikön valmistamien pienjännitemoottoreiden perusrakenne koostuu globaalista tuoteylläpidon ”GPM” (Global Product Maintenance) ylläpitämisistä moduuleista sekä osakokoonpanoista.

### 4.1 Tuoteylläpidon vastualueet

Tuoteylläpito vastaa vakiorakenteen omaavien moottoreiden ja niiden osien mitta- ja kokoonpanopiirustuksista, moduulien osaluetteloista.

Asiakasrätälöidyt, perusrakenteesta poikkeavat moottorit eivät kuitenkaan kuulu tuoteylläpidon piiriin, vaan erikoismoduuleista sekä osakokoonpanoista vastaa sovellussuunnittelu.

#### What we do in GPM?

Maintaining catalogue products technically updated in databases and tools



**Kuva 8.** Tuoteylläpidon tehtäväkuvaus.<sup>17</sup>

<sup>17</sup> ABB. Sisäinen dokumentti. Viitattu 24.3.2024.

## 4.2 GPM-tehtävä

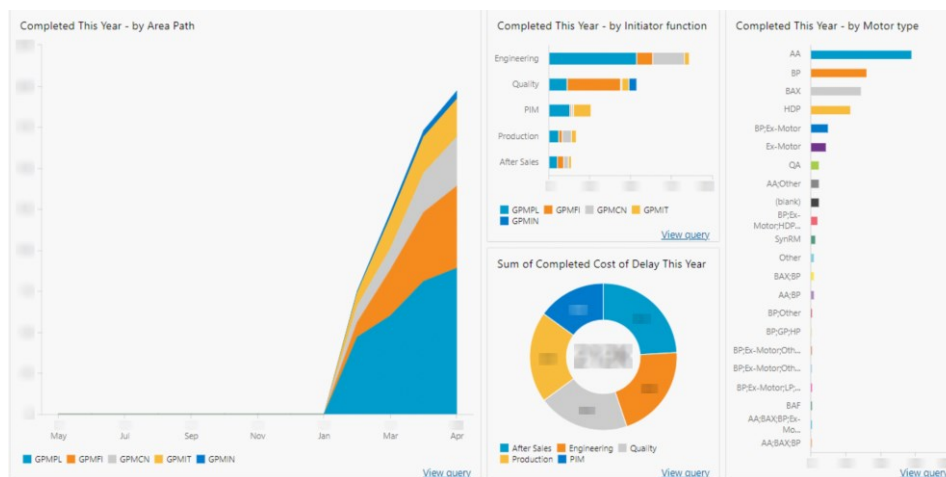
Tuoteylläpidolle voidaan avata perusrakenteeseen kohdistuvasta virheestä tai kehitysideasta Azure DevOps -projektinhallintatyökalun avulla tehtävä.

Tehtävään tulee täyttää kuvaus ongelmasta ja sen taustatiedoista, tarvittavat muutokset, vaikutusalue moottoreittain sekä mahdollisesti saavutettavat hyödyt tehtävän ratkaisemisesta.

Avatut tehtävät läpikäydään viikoittain tuoteylläpidon toimesta, jonka jälkeen tehtävät siirtyvät tiloihin: hyväksytty, hylätty tai tehtävä tarvitsee lisätietoja sen toteuttamiseksi.

Hyväksytyt GPM-tehtävät priorisoidaan niiden kiireellisyyden ja kustannusvaikutusten perusteella, jotka määritetään tehtävän avaajan antamien tietojen perusteella.

Tehtäviä tilastoidaan ja niitä voidaan seurata erilaisten kaavioiden avulla, kuten kuvassa 8 on esitetty.



**Kuva 9.** Azure DevOps -työkalun kaavio vuonna 2024 suoritetuista GPM-tehtävistä.

## 5 OPERATIIVINEN LAATU

IEC LV Motorsilla toimii operatiivinen laatutiimi, jonka laatuspesialistit tekevät tiivistä yhteistyötä esimerkiksi tuotannon, suunnittelun, oston ja hankinnan kanssa. Operatiivisen laadun tehtävänä on varmistaa, että moottorit valmistetaan mahdollisimman laadukkaasti ja sujuvasti standardien mukaisilla osilla.

Suomen ABB:lla on yhtiötasoinen sertifiointi ISO 9001 -laadunhallintajärjestelmään.<sup>18</sup> Laadunhallintajärjestelmän noudattaminen on tärkeää, sillä ennakoivalla toiminnalla ja jatkuvalla kehitystyöllä voidaan estää:

- Tuotteen käytön aiheuttamia henkilövahinkoja
- Tuotteen käytön aiheuttamia omaisuusvahinkoja
- Tuotteen käyttöiän tai käytettävyyden heikentymistä
- Takuu- ja reklamaatiokustannuksia
- Riskejä asiakkuussuhteen menettämisestä
- Toistuvia pysäytyksiä tuotantovaiheessa tai osavalmistuksessa.<sup>19</sup>

### 5.1 Laatupoikkeamat

Operatiivisen laadun tärkeimpänä työkaluna on avatut laatupoikkeamatapaukset, eli notifikaatiot. Notifikaatioiden avulla saadaan tuotua ilmi ongelman kuvaus, materiaalikoodi mitä ongelma koskee sekä mahdolliset yhteyshenkilöt jatkoselvitystä varten.

Operatiivisen laatuspesialistin käsittelemät notifikaatiot koskevat yleisimmin suunnittelu-, kokoonpano- tai osien valmistusvirheitä.

---

<sup>18</sup> ABB. ABB Oy:n sertifikaatit ja politiikat. Viitattu 2.4.2024. <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/sertifikaatit-ja-politiikat>

<sup>19</sup> ABB. Sisäinen dokumentti. Viitattu 21.4.2024.

## 6 SISÄISTEN PALAUTTEIDEN NOTIFIKAATIOPROSESSI

IEC LV Motorsilla on käytössä sisäisiä palautteita ja poikkeamia koskeva notifiikaatioprosessi, jonka eri vaiheiden mukaan raportoidut notifiikaatiot käsitellään.

### 6.1 Notifiikaatioprosessin kuvaus

Poikkeaman havaittaja avaa notifiikaation SAP:iin. Koordinaattoriksi valitaan operatiivinen laatuspesialisti sekä notifiikaation kopionsaajaksi sen tuontantolinjan työnjohtaja, missä poikkeama on havaittu. Mikäli työpisteellä on käytössä MES-tuotannonohjausjärjestelmä, notifiikaatio avataan MES:n käyttöliittymän kautta.

Notifiikaatiot ohjautuvat operatiivisen laatuspesialistin, suunnittelun ja toimitustenohjauksen työjonoon notifiikaation statuksen mukaan seuraavasti:

- Status 0001: Operatiivinen laatuspesialisti (uusi tapaus)
- Status 0002: Odottaa suunnittelijan lausuntoa tai muuta ratkaisua
- Status 0003: Toimitustenohjaus
- Status 0004: Osto
- Status 0005: Operatiivinen laatuspesialisti (tapaus käsitelty tai reklamoitu)
- Status 0006: Notifiikaatio suljettu
- Status 0007: Notifiikaation käsittelyä lykätty
- Status 0008: Notifiikaatio peruttu.

Jokainen funktio seuraa työjonoaan SAP-transaktion ZQM01, ”Notification status report”, avulla ja vastaa siitä, että omassa työjonoissa olevat tapaukset käsitellään mahdollisimman nopeasti.<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup> ABB. Sisäinen dokumentti. Viitattu 2.4.2024.

## 6.2 Laatupoikkeaman kulku

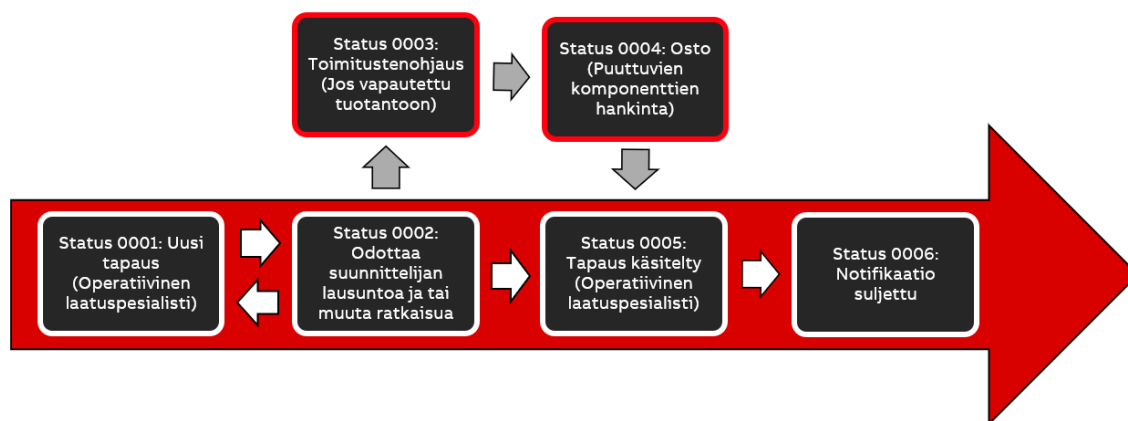
Laatupoikkeamat, kuten suunnittelu-, rakenne- ja valmistusvirheet avataan ZP-kategoriaan. Suurin osa laatupoikkeamista havaitaan tuotantoprosessin aikana.

Raportoitu laatupoikkeama ohjautuu uutena tapauksena operatiiviselle laatuspecialistille, joka tekee mahdolliset esiselvitykset ja ohjaa tarvittaessa notifi kaation eteenpäin.

Jos notifi kaatio koskee suunnitteluvirhettä, operatiivinen laatuspecialisti ohjaa notifi kaation ongelmakohteen kategorian mukaisesti joko tilauksen suunnitelleelle sähkö- tai mekaniikkasuunnittelijalle.

Suunnittelija merkitsee notifi kaatiolle lausunnon sekä ratkaisun, joka useimmiten on tiivistelmä rakenteelle vaihtuvista osista. Tämän jälkeen notifi kaatio ohjautuu takaisin operatiiviselle laatuspecialistille tai toimitustenohjaukselle, jonka jälkeen notifi kaatio suljetaan.

Kuva 10 havainnollistaa ZP-notifi kaation käsittelykulkua.



**Kuva 10.** ZP-notifi kaation yleisesti läpikäymät käsittelyvaiheet.

## 7 TUTKIMUSMATERIAALI

Työssä käytetty tutkimustieto koostuu kahteen eri tuotantolinjaan kohdistuvista laatu poikkeamista.

Kerätty tutkimusmateriaali on peräisin IEC LV Motorsin MM-rakennuksen tuotantolinjoilta AL1A ja AL2A, joista AL1A:lla valmistetaan IEC-tunnusten mukaiset moottorikoot 280–315 ja AL2A:lla moottorikoot 355–500.

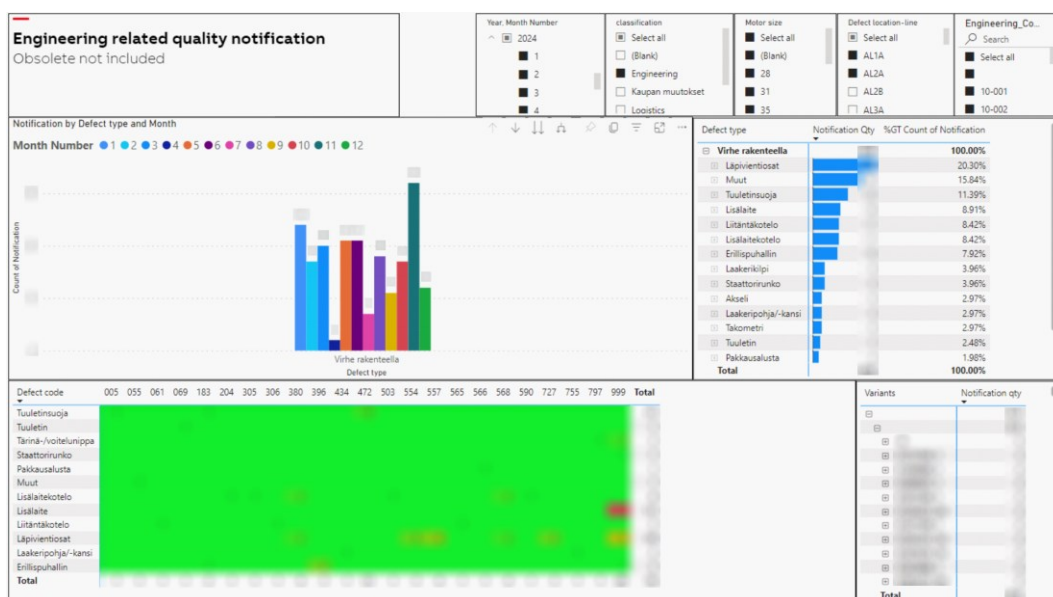
Tutkimustietoa kerättiin eri lähestymistavoilla työn aikana, jotta myös raportoitamattomat ongelmat tulisivat esiin.

### 7.1 Scrap and notification report – Power BI

Oleellinen osa tutkimusmateriaalista saatiin Power BI -visualisointityökalusta, johon kertynyttä notifikaatiodataa tilastoidaan. Tilastoitua materiaalia on esimerkiksi romutuskustannuksista, rakenne- ja tilausvirheistä sekä notifikaatioiden kokonaismäärästä.

Notifikaatiot, jotka ovat luokiteltu kategorioiden mukaan suunnitteluvirheiksi, tilaistoidaan ”Engineering related quality notification”-taulukkoon. Työkalun avulla voidaan seurata kuukausikohtaisesti notifikaatioiden määrää tuotantolinja- ja virhekohtaisesti.

Tilastojen perusteella voidaan helposti tulkita toistuvimmat suunnitteluvirheet niiden lukumäärien mukaan, ja analysointia edesauttaa taulukosta suoraan löytyvät virhekohtaiset kategorioinnit ja avattujen laatu poikkeamien notifikaationumerot.



**Kuva 11.** Power BI -taulukko suunnitteluun kohdistuvista notifiikaatioista.

## 7.2 Tuotannossa kerätyt työkortit

Tuotantolinjalla AL2A kerättiin työn tiedonkeruuta varten loppukokoonpanon työpisteellä suunnitteluvirheen tai muun epäselviä tietoja sisältävien moottoreiden työkortteja, johon työkortin kerännyt työntekijä on merkannut omia lisätietojaan.

Työkortin avulla ongelmaa voitiin selvittää aikaa säästään verrattuna pelkkään notifiikaatioon, sillä työkortista löytyy valmiiksi moottoria koskeva tilausnumero, tuote- ja varianttikooditiedot, osaluettelo ja suunnittelutekstit.

## 7.3 Suullinen tiedonkeruu

Lisäksi tilastoitujen notifiikaatioiden ja kokoonpanovaiheessa kerättyjen työkorttien lisäksi työn aikana käytiin ajoittain keskustelua tuotannon työntekijöiden kanssa, kartoittaen mahdollisia ”yleisesti tiedossa” ja toistuvia ongelmia.

## 8 VIRHEIDEN ANALYSOINTI

### 8.1 Virheiden analysoinnissa käytetyt työkalut

Laatupoikkeamien analysoinnissa keskityttiin käyttämään IEC LV Motorsilla jo entuudestaan käytössä olevia työkaluja, kuten tuotannonohjausjärjestelmiä, visualisointi- ja tilastojenhallintatyökaluja, tietokantahakua sekä CAD-ohjelmistoja.

Näiden työkalujen avulla voitiin perusteellisesti tutkia ongelmakohteita ja tehdä päätelmiä niiden syntymisen taustalla olevia juurisyitä.

#### 8.1.1 SAP-transaktio ZEWQ\_2

Transaktiolla ZEWQ\_2, "Engineering Work Queue", voidaan tarkastella tilauksen nykyinen rakenne ja sen muutoshistoria, karakteristiikkaa, sovellussuunnittelun ajankohtia sekä mekaniikka- ja sähkösuunnittelijoiden lisäämiä huomautuksia.

Lisäksi transaktiosta voidaan suoraan selata kaupan tilausriveihin kohdistuvia oleellisia tietoja ilman erillisen transaktion avaamista, kuten notifikaatioita, tuote- ja varianttikooditietoja, tarjousnumeroa sekä lisättyjä dokumentteja.

Notificati...	Notificatio...	Sales Orde...	Sa	Au	Notification Des...	Co	Current Status	Name	Def	Clz	Not
28.03.2024	<a href="#">257491448</a>		1	Mt	Osa puuttuu	Ho	Closed		MO		ZP
25.03.2024	<a href="#">257488951</a>		1	Mt	Tuuletinsuoja	Ho	Action plan proposed		MO		ZP
25.03.2024	<a href="#">257488954</a>		1	Mt	Järjestelmä virhe	Ho	Closed		MO		ZP
08.02.2024	<a href="#">257464177</a>		1	Tu	TOC	Ta	Verified and successful		MO		Z2

**Kuva 12.** Kauppakohtaiset notifikaatiot "ZEWQ2"-transaktiossa.

### 8.1.2 SAP-transaktio CU50

Transaktiolla CU50, "Material Config. Sim/Modeling", voidaan simuloida moduulirakennetta tuote- ja varianttikoodien perusteella.

Simulointitransaktioon täytettävä karakteristiikka luo automaattisen konfiguraation, jota voidaan hyödyntää suunnitteluvirheen juurisyyanalyysissä vertailemalla sovellussuunniteltua ratkaisua vakiokonfiguraatioon.

Karakteristiikkaperusteinen rakenne syntyy ennalta määritettyjen variantti- ja tuotekoodisääntöjen perusteella. Jos syötetyssä karakteristiikassa on ristiriitoja tai konfiguraatiosääntöjä ei ole määritetty käytetylle karakteristiikkayhdistelmälle, automaattinen konfiguraatio jättää moduulit, joihin ongelma kohdistuisi tyhjäksi.

Char. description	Char. Value	In...
BASIC CODE	3GKP351810-ADG	
BASIC CODE DESCRIPTION		
IM CODE (CODE I / CODE II)	IMB3/IM1001	
ENCLOSURE AND FRAME MATERIAL	EEXDE, CAST IRON	
MOTOR TYPE	PROCESS PERFORMANCE MOTOR	
FRAME SIZE VALUE 2 DIGIT	IEC FRAME SIZE 355	
POLE NUMBER	2 POLES 1 WINDING	
FRAME LENGTH	LK	
CORE LENGTH	A	
FRAME TYPE	FOOT MOUNTED,T.BOX TOP	
VOLTAGE CODE	400 VD 50 HZ (MID RANGE VALUE)	
GENERATION CODE	GENERATION G	

**Kuva 13.** Täytettävä simulointikarakteristiikka "CU50"-transaktiossa.

### 8.1.3 MoGeVa-hakutyökalu

MoGeVa Search Tool on ABB:n tietokantaa hyödyntävä hakutyökalu, jolla voidaan hakea esimerkiksi osan lajimerkin perusteella kaikki moduulit, missä haettua osaa on käytetty.

Lajimerkkiperusteisessa haussa voidaan selata moduulikohtaisia tietoja, kuten osaluetteloa osanumeroineen ja kappalemäärineen, suunnittelutekstejä ja sopivuuskohteita.

The screenshot displays the MoGeVa Search Tool interface. On the left, there are options to include find numbers and quantities, and search criteria for BOMs (1 to 5 child items). The main area shows the search results for item 3GZF101029-321, which is a TACHOMETER MODULE. Below this, an 'Active Item BOM' table lists various components and their quantities. On the right, there are sections for 'Comment', 'Engineering text', 'Production text', 'Type designation', 'Motor Type', 'Motor Size', 'Frame Length', and 'Mounting'. A list of found modules is also visible on the far right.

**Options:**

- Include Find No.
- Include Qty

**Search BOMs with:**

- 1 child item
- 2 child items
- 3 child items
- 4 child items
- 5 child items

**Input Fields:**

1. Item: 3GZF14130-204

**Active Item:** 3GZF101029-321 TACHOMETER MODULE Revision: A

**Active Item BOM:**

Item ID	Item Name	Find No.	Qty
3GZF14130-204	TACHOMETER	76	1.0
3GZF333220-16	SHAFT EXTENSION	810	1.0
3GV334001-121	WIRE THREAD INSERT	811	1.0
3GV334001-190	SCREW	813	1.0
3GZF334030-49	SPRING WASHER	814	1.0
3GZF234700-403	ROD END	819	2.0
3GZF333716-92	CONNECTOR BAR	820	1.0
3GZF334030-401	HEXAGONAL NUT	821	2.0
3GZF334030-401	HEXAGONAL NUT	822	1.0
3GZF334033-403	HEXAGON SOCKET SCREW	823	1.0
3GZF334030-17	SPRING WASHER	824	4.0
3GZF333722-14	SUPPORT	825	1.0
3GZF321200-426	ACCESSORY CONN.DIAG.	844	1.0
3GZF334033-413	HEXAGON SOCKET SCREW	850	4.0
3GZF273016-177	TERMINAL BOX FRAME	852	1.0
3GZF334230-231	PLUG	855	5.0
3GZF294730-1196	CABLE GLAND	857	1.0
3GZF334730-44	MOUNTING RAIL	859	1.0
3GZF384730-5	END STOP	860	2.0
3GZF384730-3	END PLATE	861	1.0

**Comment:**

VC474, Separate cooling, Semot sep. box, L&L861008356-1024 6 channels) tacho with own cable and 16mm hole, cable entries plugged.

**Engineering text:**

M3BP(G,K,L)200  
VC474, Separate cooling, Semot sep. box, L&L861008356-1024 6 channels), cable entries plugged.

**Production text:**

Tachometer assembly: 3GZF102716-AB, shaft extension mounted with parts 811, 813, Encoder wired to semot separate terminal box (Part: 852,867)

**Type designation:**

M3BP(G,K,L)200

**Motor Type:** BP(K),BP(G),BP(L)

**Motor Size:** 200

**Frame Length:**

**Mounting:**

**Found 4 modules/items:**

- 3GZF101029-320
- 3GZF101029-321
- 3GZF500040-1723
- 3GZF500040-1722

Ready

Kuva 14. MoGeVa-työkalun moduulihaku.

Työkalulla voidaan myös hakea historiatietoja tilauksista, joita voidaan hyödyntää uutta tilausta suunnitellessa ja olemassa olevien moduulien löytämiseen.

Hakuehdot voidaan määrittää esimerkiksi tuote- ja varianttikoodien, tuotantolinjan ja tilaustekstien perusteella.

Jos hakuehdoilla löytyy tilauksia, työkalu listaa kaikki hakuehtoihin sopivat tilaukset ja niitä voidaan selata kuvan 14 mukaisen taulukon avulla. Taulukosta löytyy tilausnumero ja -rivi, tuotekoodi, varianttikoodit ja erikoisvarianttikoodin 999 lisätekstit.


Työkalulla haetut moduuli- ja tilaushistorialistat voidaan tallentaa tuomalla ne suoraan työkalusovelluksesta Microsoft Excel -taulukoksi.

Advanced Where Used Sales Order Finder (ZEWQ\_2)

Options

Only input variants

Include OR field

 Search

**Input Fields:**

Sales Order No:

Basic Code:

Variant Codes:

999 variant texts:

Item OMS Quot:

Sales Order Item No:


Assembly line:

- NOT these variants:

Found 78 Sales order items from engineering working queue

Sales Order No	SO Item	Basic Code	Ass. Line	Variant Codes	Item OMS Quotation	999 Texts
1	3GBP313410-ADG	AL30	002,068,135,141,148,163,380,405,502,568,654,701,999	LAB110712D03	Provision for vibrati...	
2	3GBP403520-ADG	AL35	002,068,130,135,141,148,163,380,405,425,450,503,568,654,701,999	LAB110712D03	Provision for vibrati...	
3	3GBP352210-ADG	AL35	002,068,130,135,141,148,163,380,425,450,503,568,654,701,999		Provision for vibrati...	
10	3GBP312230-ADG	AL30	002,068,135,141,148,163,380,405,450,502,568,654,701,999		Provision for vibrati...	
11	3GBP312230-ADG	AL30	002,068,135,141,148,163,380,405,450,502,568,654,701,999		Provision for vibrati...	
5	3GBP282230-ADG	AL40	002,068,135,141,148,163,380,405,450,502,568,654,701,999		Provision for vibrati...	
6	3GBP282230-ADG	AL30	002,068,135,141,148,163,380,405,450,502,568,654,701,999		Provision for vibrati...	
7	3GBP282230-ADG	AL30	002,068,135,141,148,163,380,405,450,502,568,654,701,999		Provision for vibrati...	
8	3GBP282230-ADG	AL30	002,068,135,141,148,163,380,405,450,502,568,654,701,999		Provision for vibrati...	
9	3GBP314220-ADG	AL30	002,068,139,141,148,163,380,450,502,568,654,701,999		Provision for vibrati...	
12	3GBP312230-ADG	AL30	002,068,135,141,148,163,380,405,450,502,568,654,701,999	LAB110712D03	Provision for vibrati...	
13	3GBP312230-ADG	AL30	002,068,135,141,148,163,380,405,450,502,568,654,701,999		Provision for vibrati...	
14	3GBP312230-ADG	AL30	002,068,135,141,148,163,380,405,450,502,568,654,701,999		Provision for vibrati...	
15	3GBP312230-ADG	AL30	002,068,135,141,148,163,380,405,450,502,568,654,701,999		Provision for vibrati...	
3	3GBP312220-ADG	AL30	002,068,135,141,148,163,380,425,450,502,568,654,701,999		Provision for vibrati...	

999 Texts:

 **Search Tool**

Exit

Copy unquid SO Numbers

Copy selected cells

Export To Excel

Ready

Kuva 15. MoGeVa-työkalun tilaushaku.

### 8.1.4 Teamcenter & NX

”Teamcenter on tuote- ja suunnittelutiedon hallintajärjestelmä, jolla hallitaan kaikki syntyvä tuotetieto tuotekehityksen aikaisesta informaatiosta työkulkuun sekä tarkastus- ja hyväksymisvaiheisiin. Ohjelmiston ominaisuuksiin kuuluvat muun muassa nimikkeiden, tuoterakenteen, yksilörakenteiden, työnkulun, muutosten ja dokumenttien hallinta.”<sup>21</sup>

Teamcenteristä voidaan esimerkiksi suoraan selata moduulien revisiohistoriaa, mitta- ja kokoonpanopiirustuksia sekä osien massa- ja materiaalitietoja.

Teamcenteriin merkatut moduulien tuotantotekstit tulostuvat myös työkorteille, joten moduulitekstit sisältävät usein kokoonpano- ja työohjeistuksia.

#### Additional Info

Comment:	SEMOT BRAKE VC:513, KFB16/4, 160Nm, 110VDC, flange A250, Preparation for T2-type tachometer, Bush hole Ø38H7, lenght dim. L1=93, Proximity switch ON/OFF, Heather 230 V, 40W, Hand release lever, connection diagram: 3GZF321200-401, P&B sep. terminal box.
Engineering Text:	M3 BP(G,K,L) 160 SEMOT BRAKE VC:513, KFB16/4, 160Nm, 110VDC, flange A250, Preparation for T2-type tachometer, Bush hole Ø38H7, lenght dim. L1=93, Proximity switch ON/OFF, Heather 230 V, 40W, Hand release lever, connection diagram: 3GZF321200-401, P&B sep. terminal box.
Production Text:	Brake assembly (fan cover and sep. fan): 3GZF102716-AJ Brake terminal box mounting according to main box opening (RHS or LHS). Box mounted with intermediate flange: 3GZF283716-99 (part 559) and screws 3GZF334030-897 (part 849). Special fastener made to B&P sep.terminal box 3GZF333716-85 (Part 869) for terminal strip mounting rail. Put wires in glass fibre sleeve(part 859). Seal lead-through in brake side: Put sealing silicon into gland inner hole. Brake flange radial seal(part 847) lip to brake direction, put bearing grease to lip.

**Kuva 16.** Moduulin tietokentät Teamcenterissä.

---

<sup>21</sup> Wikipedia. Teamcenter. Viitattu 21.4.2024. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Teamcenter>

3GZF101030-382/B;1-BRAKE MODULE - Latest by Creation Date - Date - "Now"						
BOM Line	Find No.	Item Rev Stat...	Type *	Item Typ...	Quantity	
3GZF101030-382/B;1-BRAKE MODULE		Released	N	I		
3GZF283716-99/A;4-INTERMEDIATE FLANGE x 1	559	Released	N	I	1	
3GZF294730-158/A;1-ADAPTER x 3	597	Released	K	I	3	
3GZF394130-1092/B;3-BRAKE x 1	840	Released	K	I	1	
3GZV393002-7/A_003;2-FLANGE x 1	841	Released	N	I	1	
3GZF334030-769/A;1-HEXAGON SOCKET SCREW x 4	842	Released	K	I	4	
9ADA187-39/A;1-HEXAGON SOCKET SCREW x 6	843	Released	N	I	6	
3GZF321200-401/C;5-ACCESSORY CONN.DIAG. x 1	844	Released	K	I	1	
3GZV264004-29/A_001;2-SEALING RING x 1	848	Released, CM...	K	I	1	
3GZF334030-897/A_001;1-HEXAGON SOCKET SCREW x 2	849	Released	K	I	2	
3GZF334030-670/A;1-HEXAGON SOCKET SCREW x 4	850	Released	K	I	4	
3GZF294730-1204/A_001;2-CABLE GLAND x 3	851	Released	K	I	3	
3GZF274730-3/A_001;2-RECTIFIER_BOX_P_B x 1	852	Released, CM...	K	I	1	
3GZF294730-27/A_002;1-FASTENER x 1	853	Released	K	I	1	
3GZF334030-646/A;1-BACK NUT x 1	854	Released	K	I	1	
3GZF294730-25/B;5-PROTECTING TUBE x 1	857	Released	K	I	1	
3GZF154030-43/A;1-GLASS FIBRE SLEEVE x 1	859	Released	K	I	1	
3GZF384730-5/A1;3-END STOP x 2	860	Released	K	I	2	
3GZF384730-3/A1;1-END PLATE x 1	861		K	I	1	

**Kuva 17.** Osaluettelon tarkastelu Teamcenterillä.

Teamcenteriin liitännäinen NX on 3D-suunnitteluohjelmisto tuotekehityksen, suunnittelun ja valmistuksen tarpeisiin.<sup>22</sup> CAD-ohjelmistolla voidaan luoda komponenttien valmistukseen tarvittavat kokoonpanomallit ja valmistuspiirustukset sekä luoda asiakaskohtaisia dokumentteja, kuten mittapiirustuksia ja STEP-tiedostoja.

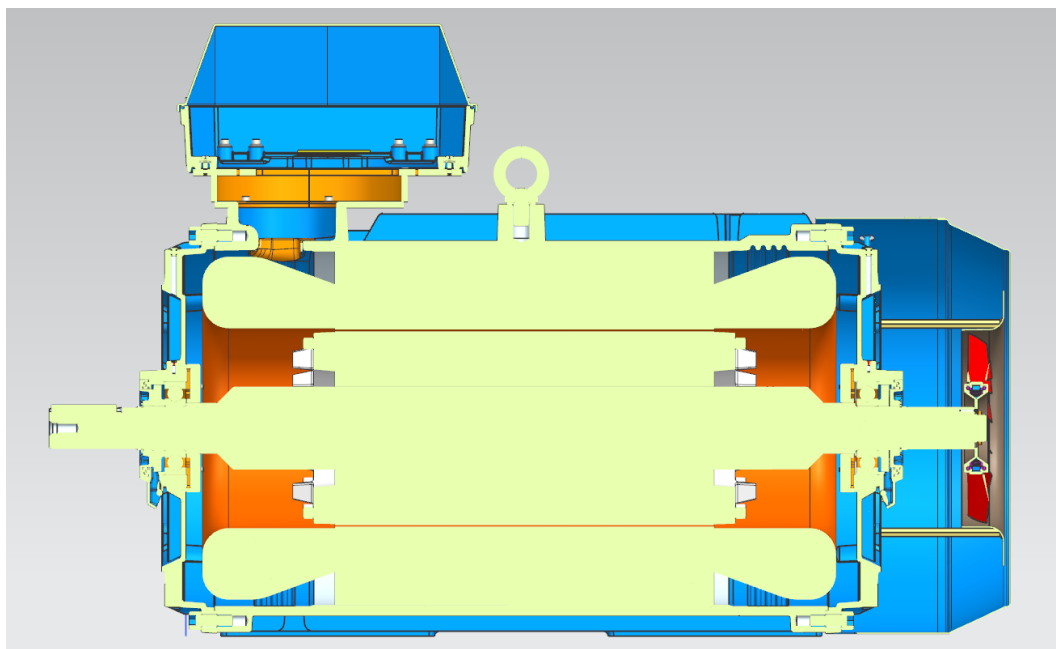
CAD-ohjelmistoa voidaan hyödyntää myös suunnittelun kokoonpanon visuaaliseen simuloimiseen. Lähes kaikista IEC LV Motorsin valmistamista moottorityypeistä löytyy luurankojamalleja, joita voidaan muuttaa joko parametrien avulla tai vaihtaa luurankomallin koordinaatistoon haluttu komponentti.

<sup>22</sup> Wikipedia. NX. Viitattu 21.4.2024. <https://fi.wikipedia.org/wiki/NX>

Yleisimmistä CAD-komponenteista pidetään Excel-taulukkoa, joita voidaan hyödyntää kokoonpanojen simuloinnissa. Näitä komponentteja ovat esimerkiksi läpivientitulpat ja -holkit, jarrut, takometrit, erillispuhaltimet ja -kotelot.

Laajan mittapiirustus- ja 3D-mallikannan avulla voidaan helposti hakea tilausta vastaavaa valmista tai samankaltaista kokoonpanoa. Kun sovellussuunnittelua vaativan tilauksen komponentit on asetettu simuloituun kokoonpanoon, mahdollisia yhteensopivuusongelmia voidaan selvittää NX:stä löytyvien analysointityökalujen avulla.

CAD-ohjelmistolla voidaan esimerkiksi tarkistaa komponenttien välistä päällekkäisyyttä, mitata komponenttien välisiä mittoja ja toleranssien yhteensopivuutta, tehdä poikkileikkauksia halutussa suunnassa sekä analysoida massaperusteisia tietoja, kuten moottorin keskipainopistettä.



**Kuva 18.** BP400-moottorin poikkileikkaus NX CAD -ohjelmistossa.

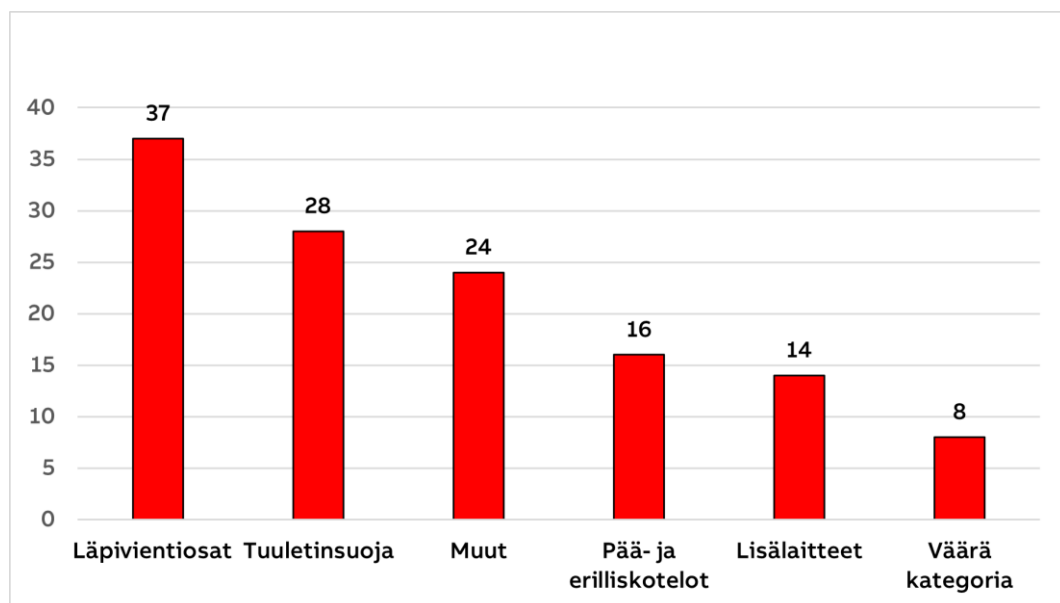
## 9 HAVAINNOT

### 9.1 Yleisimmät ongelmat

Työn aikana läpikäytiin 152 notifikaatiota, jotka ovat avattu tuotantolinjoilta aikavälillä toukokuu 2023 - huhtikuu 2024. Notifikaatioista 73 kappaletta on avattu AL1A:lla, ja 79 kappaletta on avattu AL2A:lla. Työssä keskityttiin läpikäymään suurimmaksi osaksi vain niitä notifikaatioita, mitkä näkyivät Power BI:ssä toistuvina tilastopiikkeinä kategorioittain.

Yleisimmät virhekategoriavat avatuille notifikaatioille ovat läpivientiosiin, tuuletinsuojoihin ja erillispuhaltimiin, pää- ja erilliskoteloihin ja lisälaitteisiin kohdistuvat ongelmat.

Kuva 19 havainnollistaa notifikaatioiden virhejakaumaa kategorioiden välillä ja niiden lukumääriä.



**Kuva 19.** Notifikaatioiden virhejakauma.

### 9.1.1 Läpivientiosien virheet

Yleisimmät ”Läpivientiosat” -kategoriassa tapahtunut virheet kohdistuivat väärän kokoiseen tai väärän materiaalin läpivientilaippaan. Läpivientilaipan koko määräytyy pääkotelon mukaan, joita tuotantolinjojen valmistamissa moottorikoissa 280–450 on käytössä neljää eri kappaletta: pääkotelokoot 210, 370, 750 ja 1200. Edellä mainituissa pääkoteloissa käytetään kolmea eri laippakokoa: C, D ja E.

Pääkotelon koko määräytyy moottorin koon, sähköisen laskelman sekä varianttikoodien perusteella. Vakioratkaisut yleisesti pääkoteloon koolle on: pääkotelo 210 moottorille 280, pääkotelo 370 moottoreille 315–355, pääkotelot 750 ja 1200 moottoreille 355–450. Asiakas voi halutessaan tilata myös pääkotelon yhtä kokoa isommaksi varianttikoodilla ”019 - Larger than standard terminal box”.

Muut läpivientilaipan ominaisuudet, kuten läpivientireikien kierrekoko, käytetty materiaali sekä kiinnityspulttien lukumäärä määräytyy tilattujen varianttikoodien mukaan. Konfiguraattorin avulla suurin osa läpivientilaipoista määräytyy automaattisesti oikein, mutta erikoistilauksissa, joissa asiakas voi itse määrittää läpivientireikien kierrekoot tai varianttikoodiyhdistelmissä, joille ei ole luotu automaattista konfigurointisääntöä, täytyy suunnittelijan itse etsiä ja lisätä läpivientiosien moduuli rakenteelle.

Läpivientilaippoja voidaan etsiä esimerkiksi Teamcenterin tai ABB:n Multidatabase Search -hakutyökalulla. Edellä mainittujen, tuotantolinjoilla käytössä olevien laippakokojen perusteella löytyy yhteensä 2059 erilaista läpivientilaippaa Teamcenteristä, joka vaikeuttaa valintaprosessia useiden samankaltaisten osien takia ja lisää inhimillisen virheen syntymisen riskiä.

Teoriaa tukee se, että suurimmassa osassa läpivientiosia koskevassa notifikaatioissa läpivientilaipan ominaisuudet olivat muuten halutun ratkaisun mukaisia (kuten oikea läpivientireikien lukumäärä ja kierrekoko), mutta rakenteelle oli valikoitunutkin väärän materiaalin tai koon läpivientilaippa.

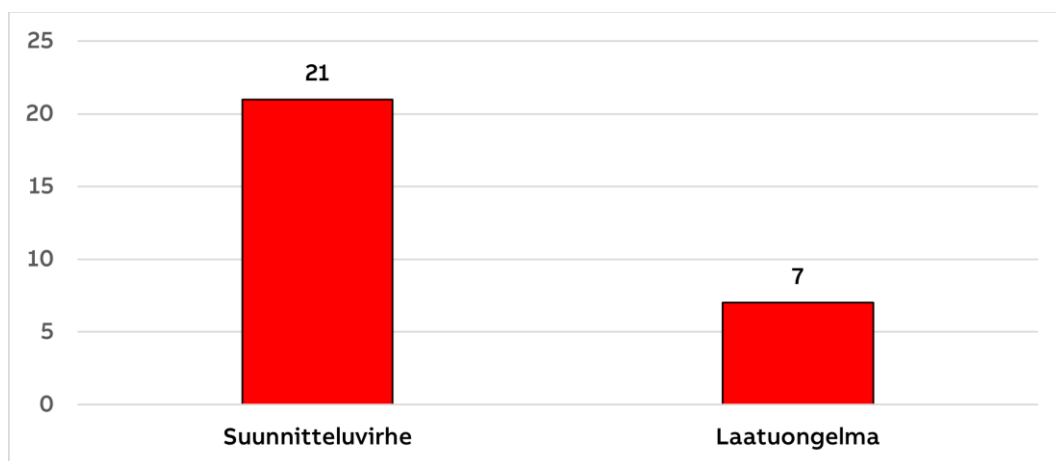
### 9.1.2 Tuuletinsuojien virheet

Tilastoissa esitetty ”Tuuletinsuoja” -kategoria koostuu notifikaatioista, jotka avattiin saman nimiseen notifikaatiokategoriaan tai erillispuhallinkategoriaan. Syy notifikaatioiden yhdistämiselle yhdeksi kategoriaksi oli se, että yleisin molempien kategorioiden notifikaatioilla mainittu ongelma kohdistui suoraan tuuletinsuojan yhteensopivuusongelmiin. Tuuletinsuoja määräytyy yleisesti runko-, pakettikoon ja valittujen varianttikoodien perusteella.

Vakioratkaisuissa tuuletinsuojuksen konfiguroituvat automaattisesti, mutta kuten läpivientilaippojen yhteydessä, erikoistilaukset lisäsivät virheen syntymisen riskiä; karakteristiikka- ja varianttikoodiperusteiset muutokset, kuten asennusasento, laakerikilpien kääntö, erillispuhaltimet, suojakatokset, erikoisakselit ja akselinjatkeet vaikuttivat valittuun tuuletinsuojaan. Tuuletinsuojan valikointia vaikeuttaa myös se, että näille osille ei ole klassifiointia, joten valmiit moduulit tai uuden moduulin luomista varten tarvittavat komponentit tulee etsiä samankaltaisilta kauppoilta ja MDBS-tietokannasta Teamcenterin sijaan.

Tuuletinsuojia koskevissa notifikaatioissa esiintyi lukuisia erilaisia virhekohteita, joista yleisimmät olivat yhteensopimattomuus laakerikilven kanssa sekä rasva- ja mittausnippon reikien väärä paikoitus. Kaikki tuuletinsuojien yhteensopivuusongelmat eivät johtuneet suunnitteluvirheistä, vaan osassa tapauksista tuuletinsuojien yhteydessä oli ollut laatuongelmia, joista avattiin reklamaatiotapauksia alihankkijoille.

Kuva 20 havainnollistaa läpikäytyjen, tuuletinsuojaan liittyvien notifikaatioiden jakauman suunnittelu- ja laatuvirheiden välillä.



**Kuva 20.** Tuuletinsuojien virhejakauma.

### 9.1.3 Muut virheet

Tilastojen ”Muut”-kategoria sisältää notifikaatioita, joille ei ole määritettyä omaa pääkategoriaa Power BI:hin. Näiden notifikaatioiden yleisimmät ongelmat kohdistuivat liitinalustoihin.

Liitinalusta valikoidaan moottorikoon, nimellisvirran ja staattorin ulostulojen perusteella. Konfiguraattori määrittää automaattisesti liitinalustan vakioratkaisuissa, mutta tilatut moottorit, joihin ongelmat kohdistuivat, olivat sisältäneet varianttikoodin ”209 - Non-standard voltage or frequency, (special winding)”. Erikoislaskelmat vaikuttavat moottorin nimellisvirtaan sekä staattorin ominaisuuksiin, kuten ulostulojen määrään. Esiintyneiden virhetapauksien liitinalustoissa oli ollut 6 kappaletta liitinterminaaleja, kun taas varianttikoodin sisältäneiden tilauksien erikoiskäämityissä staattoreissa oli ulostuloja 12 kappaletta.

Syy virheen korkeaan esiintymiseen johtuu suunnitteluprosessissa käytetyistä, aikaa säästävästä toimintamenetelmistä. Kyseessä oli ollut useampi tilausrivi, jotka olivat samankaltaisia keskenään ja kaupalle määritetty rakenne oli mahdollista kopioida toiselle. Kun ensimmäinen suunniteltu rakenne oli saatu valmiiksi, inhimillisesti tapahtunut virhe kopioitiin tilausrivistä seuraavaan.

#### 9.1.4 Pää- ja erilliskotelojen virheet

Pää- ja erilliskoteloihin kohdistuvista ongelmista avatut notifikaatiot hajautuivat sekalaisiksi, yksittäisiksi virheiksi. Virhekohteita olivat esimerkiksi yhteensopimattomat, kotelojen kiinnitykseen tarkoitetut välilaipat, väärät kotelot, erilliskotelojen puuttuminen kokonaan rakenteelta sekä erilliskotelojen välissä käytetyt läpivientikumit, joilla viedään lisälaitteet kotelosta toiseen.

Molemmissa kategorioissa inhimillisesti tapahtuvaa suunnitteluvirheen riskiä lisää se, että pää- ja erilliskoteloihin vaikuttavia, valmiiksi määritettyjä varianttikodeja on lukuisia määriä. Kotelojen määrään, kokoon, materiaaliin ja suojaustasoon, sijaintiin sekä läpivientireikien tulosuuntaan voidaan vaikuttaa varianttikodeilla.

Erilliskotelot ovat tarkoitettu lisälaitteille, joiden sijainti ja määrä voidaan myös valikoida varianttikoodien avulla. Erilliskoteloihin voidaan tilata esimerkiksi pelkästään lämmitysvastukset tai lämpötilan mittausvastukset omaan erilliskoteloonsa varianttikodeilla ”380 - Separate terminal box for temperature detectors, std. material” ja ”568 - Separate terminal box for heating elements, std. material”, kaikki moottorin lisälaitteet yhteen erilliskoteloon varianttikoodilla ”418 - Separate terminal box for auxiliaries, std. material”, tai jos haluttua ratkaisua ei ole valmiiksi määritetty, asiakas voi tilata sen varianttikoodilla 999 toivomuksiansa mukaisesti.

Pääkoteloiden kiinnitykseen staattorirunkoon käytetään aina välilaippaa, kun taas erilliskoteloiden välilaippaa käytetään yleisesti vain jos erilliskotelo tilataan erikseen sijaintiin tai koteloiden on kaksi. Käytetty välilaippa määräytyy yleisesti ottaen pääkoteloiden moottori- ja kotelokoon perusteella, kun taas erilliskoteloiden koon, koteloiden lukumäärän, kotelojärjestyksen sekä sijainnin perusteella.

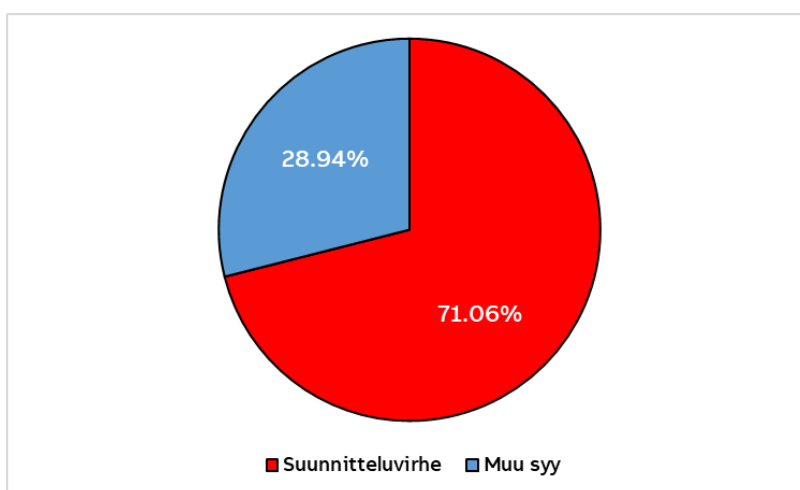
### 9.1.5 Lisälaitteiden virheet

Lähes kaikki lisälaitteihin kohdistuvat ongelmat johtuivat puuttuvista staattorin lisälaitteista, lämpötilan mittausvastuksista. Ongelmakohteiden syiden taustat jakautuivat kahteen eri kategoriaan; mittausvastukset lisätty suunnitteluprosessin jälkeen purkamatta kaupan rakennetta uudelleen ja staattoreita valmistavan alihankkijan virheisiin.

Kun tilaukselle lisätään varianttikoodi suunnitteluprosessin jälkeen, joka muuttaa tuoterakennetta, tulee suunnittelijan rakenteen päivityksen yhteydessä ajaa SAP:ista löytyvä Phantom killer -työkalu jotta myös työkortille tulostuva osaluettelo päivittyisi.

### 9.2 Suunnitteluvirheistä poikkeavat notifikaatiot

Analysoidut notifikaatiot eivät osoittautuneet pelkästään suunnitteluun kohdistuneiksi, vaan notifikaatioissa esiintyi myös aiemmin mainittuja komponenttien laatuongelmia, suunnitteluosastolle tarkoitettuja kysymyksiä, toimintatapojen kehitysideoita sekä materiaalisaldoihin liittyviä tapauksia yhteensä 44 kappaletta.



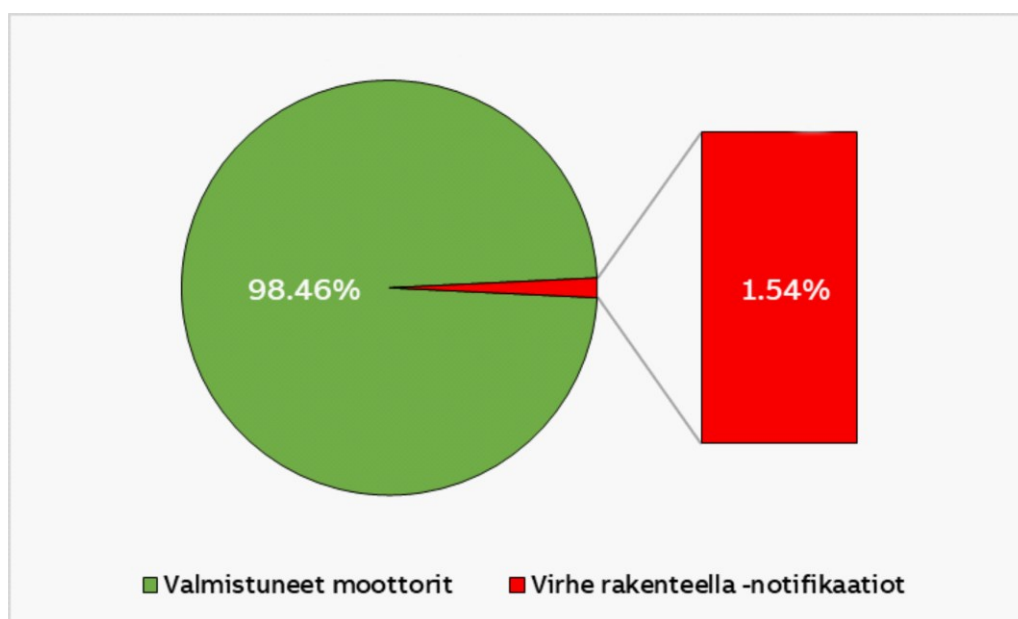
**Kuva 21.** Suunnitteluvirheiden ja muiden syiden prosenttiosuudet.

### 9.3 Virhe rakenteella -notifikaatiot kokonaiskuvassa

IEC LV Motorsin MM-rakennuksessa toimivien AL1A- ja AL2A-tuotantolinjojen aikavälillä huhtikuu 2023 - huhtikuu 2024 valmistamista moottoreista 1.54 prosenttiin kohdistui "Virhe rakenteella"-kategorian notifikaatio, jotka tilastoitiin Power BI:hin.

Tilastojen perusteella voidaan todeta, että suunnitteluvirheet vaikuttavat vain marginaalisesti tuotantoprosessin toimintaan. Tilastoissa ei ole huomioitu mahdollisia laatuongelmia, kysymyksiä, kehitysideoita tai väärään kategoriaan avattuja notifikaatioita, joten kokonaismäärä on todellisuudessa vielä pienempi.

Kuva 22 havainnollistaa Virhe rakenteella -notifikaatioiden prosentuaalisen määrän verrattuna tuotantolinjoilta valmistuneisiin moottoreihin.



**Kuva 22.** Valmistuneiden moottoreiden ja Virhe rakenteella -notifikaatioiden suhde.

#### 9.4 Raportoimattomat ongelmat

Työn aikana käytiin keskustelua tuotannon, tuotantolinjojen työnjohdon, operatiivisen laadun sekä tuoteylläpidon työntekijöiden kanssa. Käytyjen keskustelujen ja henkilökohtaisten, IEC LV Motorsin tuotannossa kertyneiden kokemusten perusteella työkorteilla on toistuvia virheitä, joista ei avata enää notifikaatioita.

Yleisin kuultu syy tapauksissa oli se, että ”asialle ei ennenkään ole tehty mitään”.

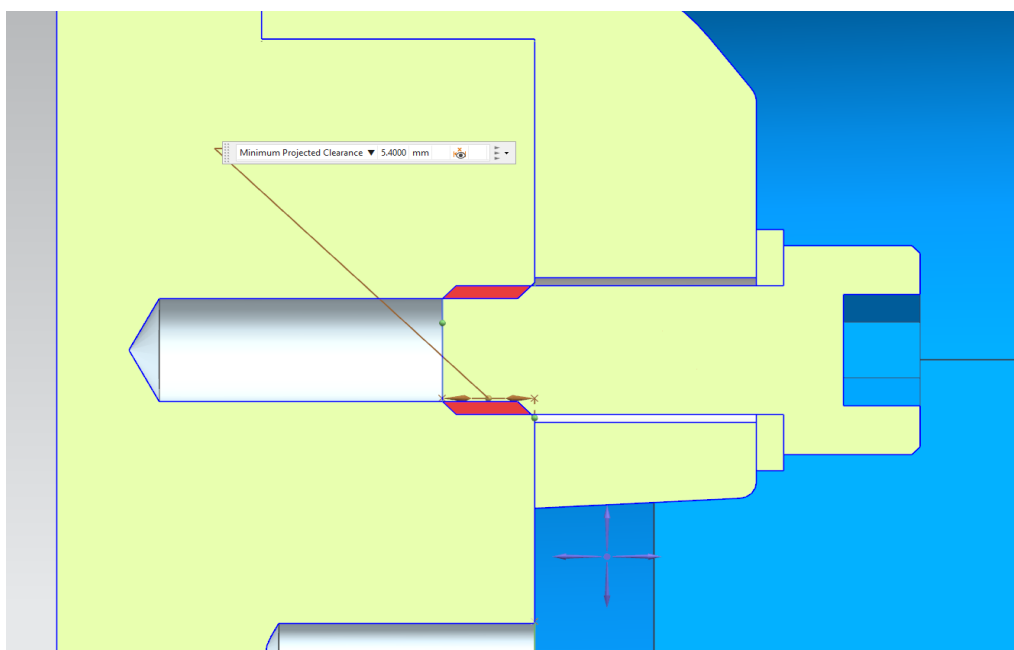
Teoriaa raportoimattomista ongelmista tukee myös se, että tuotantolinjalla kerätyistä työkorteista löytyi myös tapauksia, joissa kyseessä on ollut rakennevirhe mutta ongelmasta ei ollut koskaan avattu notifikaatiota.

Raportoimattomien ongelmien laajuus oli vaihtelevaa; esimerkiksi tapaus työkorttiin merkatusta, notifikaationa raportoimattomasta rakennevirheestä johtui varianttikoodiyhdistelmän aiheuttamasta konfiguraatiovirheestä, joka korjattiin sääntömuutoksella. Varianttikoodiyhdistelmä ajoi sääntöjen takia väärän tarramoduulin rakenteelle, jonka seurauksena ”vain” pääkotelon kanteen liimattava, räjähdysvaaralliseen tilaan soveltuvuudesta kertova tarra puuttui BOM:ilta.

Toisen raportoimattoman ja toistuvan ongelman laajuus johti laajaan vaikutuksen takia GPM-tehtävän avaamiseen. Tehtävä avattiin räjähdysvaarallisiin tiloihin tarkoitetun JP-moottorissa käytetyistä erilliskoteloista, joiden moduuleissa oli rakennevirheitä. Rakennevirheet kohdistuivat muuan muassa liian lyhyihin tai väärän kierrekoon pultteihin sekä puuttuviin aluslevyihin. Rakennevirheet olivat kuitenkin huomattu vuosien varrella tuotannossa, ja tuotannon työntekijät olivat sopeutuneet valikoimaan korvaavat komponentit valmistusprosessin aikana.

Tehtävän avausta varten työn aikana tehtiin ongelmasta esiselvitystä virheanalyysissä käytettyjen työkalujen avulla. Erilliskotelojen komponenteista ja moduuleista löytyi valmiita CAD-ohjelmistossa luotuja 3D-kokoonpanoja ja mittapiirustuksia, joita hyödyntämällä voitiin havainnollistaa ongelma visuaalisesti.

Tuotannossa käydyn keskustelun perusteella työntekijät ovat sopeutuneet käyttämään tuoterakenteesta poikkeavia, 5 millimetriä pitempiä pultteja erilliskotelorungon kiinnittämiseen välilaippaan. 3D-kokoonpanon analysointityökalujen perusteella voitiin todeta, että nykyisellä tuoterakenteella listattu pultti uppoaa välilaippaan kierteille vain 5.4 millimetriä.



**Kuva 23.** Erilliskotelomoduulissa esiintyvän virheen visualisointi.

MoGeVa-hakutyökalulla selvisi, että erilliskotelon runkoa käyttäviä moduuleja on luotu yhteensä 327 kappaletta. Löytyneet moduulit olivat jaettu kolmeen runkokokokategoriaan soveltuvuuden perusteella: JP160–180, JP200–250 ja JP280–450.

Esiselvitysten perusteella voitiin nopeuttaa korjausprosessia toimittamalla kattava ja selkeä kuvaus ongelmasta, tuotannon käyttämät vaihtoehtoiset komponentit ja lista moottorikoista ja -tyypeistä, joihin ongelma kohdistuu.

## 10 TOIMINTAMALLIN KEHITYS

Toimintamallia kehitettiin työn aikana tehtyjen havaintojen perusteella, keskityen erityisesti olemassa olevien toimintatapojen tehokkaampaan hyödyntämiseen ja korjaustoimenpiteiden läpinäkyvyyteen.

Toimintamallin pääpainona on toimia ohjekäsikirjana, jota voitaisiin hyödyntää ja viedä käytettäväksi pilottikokeilun jälkeen myös IEC LV Motorsin KK-rakennuksessa, jossa valmistetaan IEC-runkokoot 71–250.

### 10.1 Notifikaatioprosessin selkeyttäminen

Toimintamalliin sisällytettiin notifikaatioprosessin avaus- ja käsittelykuvaukset, sekä ohjeet notifikaation avaamiseen. Virheiden raportointi ja oikeellinen kategoriointi on tilastoinnin kannalta tärkeää, ja tarkemman tilastoinnin avulla voidaan jatkossakin keskittyä selvittämään virheiden juurisyitä sekä tekemään ennakoivia korjaustoimenpiteitä.

Toimintamallissa painotettiin myös notifikaation avauksen kannalta tärkeitä tietoja, kuten oikea materiaalikoodi, selkeän ongelmakuvauksen, ongelman aiheuttama vaikutus tuotantoprosessiin sekä notifikaation avanneen henkilön nimen sisällytys.

Notifikaatioilla on aina automaattisesti mainittuna tuotantolinja, josta se on avattu. Tuotannon yhteiskäyttötunnuksien takia notifikaatiolle ei kuitenkaan tallennu avaajan nimeä, ellei hän itse kirjoita sitä lisätietoihin.

Jos notifikaatiolla on puutteellisia tai epäselviä tietoja, käsittelijällä oli mahdollisuus käydä tekemässä käsittelyn kannalta oleellisia esiselvityksiä ja esittämässä tarkentavia kysymyksiä notifikaation avaajalle, jos se olisi mainittuna notifikaatiolle.

Käsittelytehtävistä luotiin tiivistelmäkuvaukset kahdelle eri tapaukselle; kun käsittelijänä on operatiivinen laatuspecialisti tai kun käsittelijänä on suunnittelija.

Operatiivinen laatuspesialisti tutkii ongelmakohteen perusteellisesti, tilanteen vaatiessa käy tuotantolinjalla täsmentämässä ongelmaan liittyviä tietoja sekä varmistaa, että notifiikaatio on avattu oikeaan kategoriaan ennen kuin laatuspesialisti ohjaa notifiikaation seuraavaan vaiheeseen.

Notifiikaatiolle täytettyjen tietojen ja operatiivisen laatuspesialistin kommenttien perusteella suunnittelija selvittää ongelman laajuuden ja varmistaa onko muita vastaavalla virheitä olevia tilauksia tuotannossa tai vapautusjonossa. Ongelman analysoinnissa käytetään toimintamallissa mainittuja työkaluja ja toimintamene- telmiä.

## 10.2 Suunnitteluvirheen tunnistamista tukevat työkalut

Toimintamalliin listattiin suunnitteluvirheen tunnistamista tukevia työkaluja, joita käytettiin myös työn aikana. Kuva 24 havainnollistaa toimintamalliin sisällytetyt analysointityökalut sekä työkalujen käyttökuvaukset.

- Transaktio ZEWQ\_2 - Engineering Work Queue
  - Tilauksen karakteristiikan, BOM:in ja moduulirakenteen selvittäminen
- MoGeVa -hakutyökalu
  - Moduulien haku materiaalikoodin perusteella, johon suunnitteluvirhe kohdistuu
  - Historiatietojen haku samankaltaisista kaupoista
- Transaktio CU50 – Material Config. Simul. /Modelling
  - Perusrakenteen vertailu suunniteltuun tilaukseen
  - Variantti- ja tuotekoodiperusteisesti konfiguroituvan rakenteen vertailu
- Power BI - Scrap and notification report
  - Tilastollisesti toistuvien suunnitteluvirheitä koskevien notifiikaatioiden analysointi
- Transaktio CS15 – Single-Level Where-Used List
  - Moduulien ja tilausrakenteiden haku materiaalikoodin perusteella
- Teamcenter & NX
  - Moduulirakenteiden välinen vertailu Structure Managerilla
  - Materiaalikoodin sisältävien moduulien haku Impact Analysis-välilehdellä
  - BOM:in, mitta- ja kokoonpanopiirustusten, moduulitekstien sekä ohjeiden tarkastelu
  - Kokoonpanon visuaalinen simulointi NX:llä
- Sharepoint – MOIM Vaasa Engineering
  - Wiki-tietokannan ohjeistuksien ja suunnittelun tilauksen välinen vertailu

**Kuva 24.** Analysointityökalut ja käyttökuvaukset.

### 10.3 Toimintamenetelmät erilaisille suunnitteluvirheille

Toimintamenetelmät suunnitteluvirheen korjaamiseksi kategorioitiin neljään eri kategoriaan, jotka määräytyvät virheen laajuuden mukaan;

- Inhimillinen virhe, ei-toistuva
- Inhimillinen virhe, tilastollisesti toistuva
- Konfiguraatioperusteinen virhe
- Laajoja muutoksia vaativa virhe.

Tilastollisesti ei-toistuvissa, inhimillisissä virheissä, joista ei voida päätellä selkeää juurisyitä, korjataan tilauksen rakenne normaalin toimintamenetelmän mukaisesti.

Jos virhe on tilastollisesti toistuva, mutta ilman suoranaista juurisyitä, tulee suunnitteluosaston henkilöstön tapauskohtaisesti harkiten luoda kategoriaa koskeva suunnitteluohjeistus virheiden ennaltaehkäisemiseksi.

Jos suunnitteluvirhe johtuu rakenteen konfiguraatio- tai sääntövirheestä, tulee ongelmasta olla yhteydessä sääntömuutoksista vastaavaan henkilöön tai avata tuoteylläpidolle GPM-tehtävä. Viestistä tai tehtävästä tulee selkeästi ilmetä ongelma, tuotekoodi sekä muut mahdolliset virheeseen vaikuttavat tekijät, kuten varianttikoodien yhdistelmät.

Mikäli kyseessä on laajempi, ei-kauppakohtainen ongelma tai tapaus vaatii vanhojen olemassa olevien rakenteiden päivitystä, tulee tapauksesta avata tuoteylläpidolle GPM-tehtävä. Kuten konfiguraatioperusteisten virheiden tapauksissakin, avatusta tehtävästä tulee selkeästi ilmetä ongelma, tuotekoodi sekä muut mahdolliset virheeseen vaikuttavat tekijät, kuten varianttikoodien yhdistelmät ja moottorin designiin vaikuttavat sukupolvikoodit.

#### **10.4 Toimintamallin lisähuomiot**

Toimintamalliin sisällytettiin lisähuomioita suunnittelu- ja työvirheiden ennaltaehkäisemiseen.

Jos tilauksella on esimerkiksi ristiriidassa olevia varianttikodeja tai puutteellisia/epäselviä tietoja, ohjeistus määrää suunnittelijan avaamaan notifikaation ja odottamaan täydentäviä tietoja ennen suunnitteluprosessin jatkamista, jotta toteutettu sovellussuunnittelu saataisiin vastaamaan asiakastoiveita.

Tuotantoprosessia helpottaakseen suunnittelijan työkortille lisäämät suunnittelutekstit tulevat sisältää selkeät ohjeistukset. Jos tilattu varianttikoodi käännetään suomenkieliseksi ohjeistukseksi, tulee suunnittelijan kiinnittää huomiota käännökseen selkeyteen ja siihen, että kaikki halutut ominaisuudet voidaan tulkita käännökseen jälkeenkin. Suunnittelija voi myös lisätä suunnitteluteksteille tilausta tai haetua lopputulosta vastaavat mitta- ja kokoonpanopiirustukset, mikäli nämä ovat helposti saatavilla.

#### **10.5 Korjaustoimenpiteiden läpinäkyvyyden parantaminen**

Korjaustoimenpiteet eivät tällä hetkellä ole yleisesti tiedotettavia asioita, joita havaintojen perusteella pitäisi tiedottaa korjaustoimenpiteiden läpinäkyvyyden parantamiseksi.

Kun tehdään laajoja korjauksia, läpinäkyvyyttä pyritään parantamaan tekemällä tiedonantoja tuotannon, kuin myös suunnitteluosaston työntekijöille. Tuotantolinjojen työnjohto informoi osastokohtaisesti sovitulla tavalla, kuten esimerkiksi viikkopalavereiden yhteydessä laajoista korjaustoimenpiteistä. Suunnitteluosaston esihenkilöt toimittavat tiedonannon kuukausipäivityksinä sähköpostitse.

Palautteella ja läpinäkyvyydellä suoritetuista korjaustoimenpiteistä pyritään lisäämään halua tuoda toistuvia, "yleisesti tiedossa" olevia ongelmia ilmi sekä seurata korjaustoimenpiteiden onnistumista.

## 11 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena on vähentää IEC LV Motorsilla suunnitteluvirheistä johtuvia, ylimääräisiä materiaali- ja romutuskustannuksia, moottoreiden tuotantoprosessin läpimenoaikaa sekä notifikaatioista aiheutuvan työkuorman määrää.

Notifikaatioita analysoimalla voitiin todeta, että tilastoissa toistuvat suunnitteluvirheet johtuvat useimmiten vain inhimillisesti tapahtuneista virheistä. Suunnitteluprosessin laajuus, tuoterakenteen komponenttien vaihteleva määrä, asiakkaan mahdollisuudet erikoistilauksiin sekä kiireellinen aikataulu lisää inhimillisen virheen riskiä, eikä näiden syntymistä voida täysin estää.

Virhe rakenteella -kategoriaan avattujen notifikaatioiden ja tuotantolinjoilta valmistuvien moottoreiden määrä todistavat myös sen, että vain 1.5 % valmistuneista moottoreista kohdistuu tuotantoprosessia hidastava suunnitteluvirhe.

Suunnitteluvirheeksi tilastoihin luokittelut notifikaatiot eivät aina olleet todellisuudessa suunnitteluvirheitä, vaan lähes 1/3 analysoiduista notifikaatioista osoitautui kategorian ulkopuoliseksi. Notifikaatioilla esiintyi muun muassa kysymyksiä, toiminnan kehitysideoita, laatuongelmia sekä logistiikkaan kohdistuvia toimenpiteitä.

Havaintojen perusteella voitiin kuitenkin myös todeta, että notifikaatioraportoinnin ulkopuolisia, toistuvia rakennevirheitä on olemassa. Syy toistuvuudelle on perusrakenteeseen (ts. tuoteylläpidon vastuulle) kuuluvien moduulien virheellisyys, joita hyödyntämällä sovellussuunnittelu luo uusia moduuleja vastatakseen asiakastoivomuksia. Kun perus-/vakiorakenteeseen kuuluva moduuli sisältää virheen, sitä harvoin kyseenalaistetaan ja näin ollen ongelmakohde kopioituu moduulista toiseen, esiintyen aina virheellisen moduulin sisältävän moottorin työkortilla.

### 11.1 Työn tulokset ja tavoitteiden saavuttaminen

Työn tavoitteina oli analysoida tuotantolinjoilta avattuja notifikaatioita sekä kerättyjä työkortteja, selvittää suunnitteluvirheisiin johtaneita juurisyitä ja niiden korjaustoimenpiteitä sekä tutkia raportoimattomien ongelmien olemassaoloa.

Työn vaadittuna tuloksena oli monistettava toimintamalli, joka käsittelee yllä mainittuja ongelmia ja sisältää toimintamenetelmät suunnitteluvirheiden korjaamiseksi sekä ennaltaehkäisemiseksi. Toimintamalli kehitettiin havaintojen perusteella, huomioiden olemassa olevat ohjeet ja toimintatavat, keskittyen niiden tehokkaampaan hyödyntämiseen. Toimintamallin käyttötarkoitus kohdistuu lähinnä sovellussuunnitteluun, mutta myös operatiivisen laatuun sekä tuotantolinjojen työjohtoon. Toimintamalli julkaistaan ABB:n käytössä olevaan IMS-ohjetietokantaan, josta toimintamalli voidaan tulevaisuudessa ladata ja kopioida luettavaksi.

Notifikaation käsittelyprosessin helpottamiseksi tuotannon käytössä olevaan MES-järjestelmään lisättiin ajan tasalla oleva ohje notifikaatioiden avaamiseen, joka oli luotu jo aiemmin, mutta ei koskaan ollut käytössä olevana dokumenttina. Aiemmin MES:issä ollut dokumentti sisälsi kuvankaappauksia vanhasta järjestelmäversiosta, jossa painikkeet, niiden kuvaukset sekä toiminnot olivat muuttuneet. Vanha notifikaation avaamisohje ei myöskään sisältänyt kuvausta siitä, mitä kaikkea notifikaatiolle tulisi sisällyttää.

Azure DevOps -työkalun verkkosivulle lisättiin tuoteylläpidon työntekijän kanssa käydyn keskustelun perusteella tehtävän luomisohje, joka oli aiemmin ollut vain erillisenä PowerPoint-esityksenä eikä julkisena dokumenttina.

Lisäksi korjaustoimenpiteiden ja notifikaatioprosessin läpinäkyvyyden parantamiseksi tuotannolle luotiin myös ohje, jonka avulla yhteiskäyttötunnuksilla voidaan tarkastella notifikaatioita tilaus-, tuotantolinja- ja materiaalikoodikohtaisesti.

## 11.2 Jatkokehitys

Työn ohessa kerättiin lista puuttuvista tai päivitystä vaativista ohjeista, jotka ovat olennaisia toimintamallin kannalta. Toimintamallia päivitetään vastaamaan aina toimintamenetelmien muuttuessa ja jos todetaan, että toimintamallista puuttuu jotain myöhemmin oleelliseksi huomattua.

Suunnitteluun kohdistuvien kysymyksien ja väärinymmärrysten vähentämiseksi olisi hyvä, jos tilausta vastaavien mitta- ja kokoonpanopiirustuksien lisääminen työkortille saataisiin tulevaisuudessa automatisoitua. Työkorttien selkeyteen tulisi myös panostaa, sillä työkortilla esiintyy useimmiten paljon suunnittelutekstejä, jotka saattavat olla osittain suomen- tai englanninkielisiä sekä vaikeasti tulkittavia. Lisäksi työkorteille tulostuu ylimääräisiä moduulitekstejä, kuten esimerkiksi valvontalaitemoduulin tekstit tulostuvat aina tuplana.

Raportoimattomien ongelmien ilmi tuomiseksi tulisi panostaa tuotannon ja suunnitteluosaston yhteistyöhön. Yhteisten palavereiden sekä keskustelutuokioiden esillä voidaan tuoda ongelmia ilmi, joiden korjaustoimenpiteet ja käsittely ovat saattaneet jäädä tekemättä. Tuotannon työntekijät havaitsevat suunnitteluvirheet konkreettisesti kokoonpanoprosessissa ja tulkitsevat työkortteja päivittäin, mahdollisesti huomaten ongelmia, jotka voivat jäädä suunnitteluprosessin aikana huomioimatta.

Moduulien ja komponenttien etsimisen helpottamiseksi tulisi lisätä hakutapoja yleisimpiin käytössä oleviin ratkaisuihin, kuten Teamcenteriin klassifiointipohjaiseen hakuun tai tehdä Excel-luettelo, jonka avulla voidaan suodattaa komponentteja niiden käyttösoveltuvuuden perusteella.

## LÄHTEET

- ABB. History of ABB. Viitattu 4.3.2024. <https://global.abb/group/en/about/history>
- ABB. ABB liiketoiminta Suomessa. Viitattu 4.3.2024. <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/liiketoiminnat>
- ABB. Suomalaiset juuret. Viitattu 4.3.2024. <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/historia/suomalaiset-juuret>
- ABB. ABB Suomessa. Viitattu 4.3.2024. <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa>
- ABB. IEC LV Motors. Viitattu 4.3.2024. <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/liiketoiminnat/iec-lv-motors>
- ABB. IEC Low voltage motors. Viitattu 4.3.2024. <https://new.abb.com/motors-generators/iec-low-voltage-motors>
- saVRee. Induction Electric Motor. Viitattu 18.3.2024. <https://savree.com/en/encyclopedia/induction-electric-motor-squirrel-cage>
- Leena Korpinen. Sähkökoneet, osa 1. Viitattu 18.3.2024 [http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt\\_opus/10sahkokoneet\\_1osa.pdf](http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/10sahkokoneet_1osa.pdf)
- ABB. Sisäinen dokumentti. Viitattu 21.4.2024.
- EnggCyclopedia. Squirrel cage induction motors. Viitattu 18.3.2024. <https://enggcyclopedia.com/2012/09/squirrel-cage-induction-motors/>
- ABB. Sisäinen dokumentti. Viitattu 22.3.2024.
- ABB. ABB Oy:n sertifikaatit ja politiikat. Viitattu 2.4.2024. <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/sertifikaatit-ja-politiikat>
- ABB. Sisäinen dokumentti. Viitattu 2.4.2024.
- ABB. Sisäinen dokumentti. Viitattu 21.4.2024.
- Wikipedia. Teamcenter. Viitattu 21.4.2024. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Teamcenter>
- Wikipedia. NX. Viitattu 21.4.2024. <https://fi.wikipedia.org/wiki/NX>

**LIITTEET**

**LIITE 1.** Salattu salassapitosopimuksen nojalla.