



PINTAPORALAITTEIDEN SÄHKÖ- VIKATYYPIT JA -TESTAUS

Annu Lintervo

Opinnäytetyö
Toukokuu 2015
Sähkötekniikka
Automaatiotekniikan
suuntautumisvaihtoehto

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Automaatiotekniikan suuntautumisvaihtoehto

LINTERVO, ANNU:

Pintaporalaiteiden sähkövikatyypit ja -testaus

Opinnäytetyö 43 sivua

Toukokuu 2015

Opinnäytetyö tehtiin toimeksiantona Sandvik Mining and Constructionin Tampereen toimipisteen pintaporalaiteiden sähkö- ja automaatiosuunnittelutiimille. Työssä tutkittiin uusissa pintaporalaiteissa ilmeneviä sähkövikoja. Lisäksi haluttiin selvittää, miksi osa näistä sähkövioista ilmenee vasta käyttöönotossa tai hieman sen jälkeen. Työn tavoitteena oli myös selvittää poralaitteille tehtäviä sähkötestauksia.

Työssä on kaksi osaa. Ensimmäisen osan tarkoituksena oli selvittää Sandvikin omista laatutietokannoista sähköiset vikatyypit, joita uusissa pintaporalaiteissa vasta asiakkaalla ilmenee. Näistä koostettiin jokaiselle laitetypille oma kaavionsa, sillä kaikilla laitetypeillä oli omat ongelmakohtansa. Siksi äysin identtisiä vertailuja ei laitteiden kesken kyetty tekemään.

Toisessa osassa tutkittiin pintaporalaiteiden sähkökokoospanojen hajautettua sähkötestausta. Pintaporalaiteille tehtävistä sähkötestauksista ei sähkö- ja automaatiosuunnittelutiimillä ollut minkäänlaista tietoa tai dokumentointia, joten sähkötestaukseen tutustuminen oli merkittävä osa työtä. Lisäksi tutkittiin ja mietittiin mahdollisia sähkötestauksen kehitys- ja ongelmakohtia, kun vertailukohtana sähkötestaustietämykseen oli Sandvikin omat laatutietokannat.

Kummatkin työn osiot onnistuivat hyvin, ja niistä saatiin käyttökelpoista tietoa tulevaisuutta varten. Lisäksi työ lisäsi huomattavasti ymmärrystä ja tietämystä Sandvikilla, sillä kokoonpanojen sähkötestaustavat ja -menetelmät kävivät hyvin selkeiksi sähkötestaukseen tutustumisen myötä.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
Option of Automation Technology

LINTERVO, ANNU:
Electrical Fault Types and Testing of Surface Drills

Bachelor's thesis 43 pages
May 2015

This thesis was commissioned by the electrical designer team of surface drills in Sandvik Mining and Construction Tampere facility. The purpose was to find out why some faults occur shortly after implementation. Every surface drill will be electrically tested before being delivered to a customer.

This thesis has two parts. In the first part all electrical fault types which occur after delivery to a customer were determined. The details for this part were obtained from quality data bases of Sandvik. Charts were made to every drill family with all electrical fault types included. Because the fault types are not identical in all drill families, the charts are not totally comparable. .

In the second part the distributed testing of electrical assemblies of surface drills was studied. The electrical designer team did not have any previous data or documentation about this electrical testing in Sandvik. The data were needed, because troubleshooting is easier with some knowledge about testing. Also problems and improvements in electrical testing were studied, based on the quality data bases of Sandvik.

Both parts of this thesis were successful and gave useful information for the future. This thesis also gave a great deal of information and understanding to Sandvik. After inspecting the electrical testing, the information about testing and the methods used in testing electrical assemblies became clear.

Key words: electrical fault, electrical testing

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
1.1	Sandvik Mining and Construction Oy	5
1.2	Työn taustat.....	6
1.3	Tavoitteet ja tarkoitus	7
2	PINTAPORALAITTEET.....	8
2.1	Pintaporalaitteet yleisesti	8
2.2	Pintaporalaitteiden sähköinen rakenne	9
3	VIKA-ANALYYSI	10
3.1	Tietokanta 1	10
3.2	Vikojen tilastointi ja käsittely	10
3.3	Vikatyyppit laiteperheittäin	11
3.3.1	Laite 1.....	16
3.3.2	Laite 2.....	19
3.3.3	Laite 3.....	22
3.3.4	Laite 4.....	25
3.4	Yhteenveto	28
4	SÄHKÖTESTAUS.....	30
4.1	Nykyinen sähkötestaus	30
4.1.1	Testattavat kokoonpanot	31
4.1.2	Testausmenetelmät	31
4.1.3	Testauksen ongelmat	37
4.2	Tietokanta 2	38
4.3	Sähkötestauksen kehitys	40
5	POHDINTA.....	42
	LÄHTEET.....	43

1 JOHDANTO

1.1 Sandvik Mining and Construction Oy

Göran Fredrik Göransson perusti Sandvikin Ruotsin Sandvikenissa vuonna 1862, ja Tukholman pörssiin yritys listautui vuonna 1901. Alussa Sandvik keskittyi valmistamaan porateräksiä kallioporaukseen. Myöhemmin 1900-luvulla yritys aloitti myös ruostumattoman teräksen ja kovametallin tuotannon. (Sandvik Intranet 2014.)

Kansainvälinen Sandvik on nykyään korkean teknologian teollisuuskonserni, jonka laadukkaat tuotteet ovat markkinajohtajia erikoisaloillaan. Näitä ovat kaivos- ja rakennusteollisuuden laitteet ja työkalut, metallintyöstössä käytettävät työkalut, ruostumattomat materiaalit, metalliset ja keraamiset kestmateriaalit, erikoismetalliseokset sekä prosessijärjestelmät. Vuonna 2013 Sandvik Group työllisti noin 47 000 henkilöä, yhteensä yli 130 maassa. Liikevaihto oli 87,3 miljardia Ruotsin kruunua. (Sandvik Intranet 2014.)

Sandvik osti Tamrockin vuonna 1997, ja vuonna 1998 Sandvik Rock Tools ja Tamrock yhdistyessään muodostivat Sandvik Mining and Constructionin (SMC). SMC on yksi maailman johtavista kaivos- ja maanrakennusteollisuuden kaivos- ja louhintalaitteiden, työkalujen ja palveluiden toimittajista. SMC:n kahteen liiketoiminta-alueeseen, Sandvik Miningiin ja Sandvik Constructioniin, jakava organisaatiomuutos tuli voimaan vuoden 2012 alussa. (Sandvik Intranet 2014.)

Sandvik Construction keskittyy tuottamaan laitteita ja niihin liittyviä palveluita rakennusteollisuuden eri aloille, kuten kivenlouhintaan, tunnelointiin, purkuun ja kierrätykseen sekä yhdyskuntarakentamiseen. Sandvik Constructionin tuotevalikoimassa ovat esimerkiksi porakalusto, poravaunut, iskuvasarat, materiaalinkäsittelylaitteet, mekaanisen louhinnan laitteet ja lastaus- ja kuljetuslaitteet. (Sandvik Intranet 2014.)

Suomessa Sandvikin tehtaat ovat Tampereella, Turussa sekä Lahdessa. Näiden lisäksi toimintaa on myös Hollolassa ja Vantaalla. Näillä paikkakunnilla tehdään pääasiassa myyntiä ja suunnittelua. Tehtailla on omat tuotealueensa ja toimintansa. Turun tehtaalla valmistetaan kuljetus- ja lastauslaitteita, ja Lahdessa hydraulisia iskuvasaroita ja leikkurimurskaimia. Tampereen Myllypuron tehtaalla valmistetaan avolouhintalaitteita, tunne-

linporauslaitteita, kaivos- ja tuotantoporauslaitteita sekä pultituslaitteita. Lisäksi Tampereen tehtaalla on edellä mainittujen tuotteiden suunnittelua, kehitystä ja markkinointia. (Sandvik Intranet 2014.)

1.2 Työn taustat

Opinnäytetyö tehtiin Sandvik Mining and Construction Oy:n pintaporalaiteiden automaatio- ja sähkösuunnitteluosaston tilauksesta tarkoituksena selvittää yleisimmät sähkövikatyypit, jotka ilmenivät uusissa laitteissa vasta asiakkaalla, vaikka kyseiset laitteet olivat läpäisseet tehtaan sähkötestauksen. Lisäksi työssä perehdyttiin sähkötestaukseen ja mahdollisuuksiin kehittää sitä.

Työskentely aloitettiin Sandvik Constructionin pintaporalaiteiden sähkö- ja automaatio-suunnitteluosastolla toukokuussa 2012 kesätyönä. Lopulta työtä tehtiin samassa työryhmässä kolmen kesän ajan, ja samalla suoritettiin suurin osa opintojen harjoittelua sähkösuunnittelun parissa. Työ pintaporalaiteiden sähkösuunnittelun parissa oli hyvin monipuolista ja opettavaista, sillä liikkuvat työkoneet olivat olleet siihen asti tuntemattomia. Opinnäytetyön tekoa taas huomattavasti helpotti aiempien kesien työkokemus samassa työryhmässä, sillä kokonaisuutena poralaitteet ovat hyvin monimutkaisia ja omanlaisiaan sähköisesti. Lisäksi jo aiempi tuoteperheiden tuntemus oli suuresti hyödyksi. Näin opinnäytetyötä tehtäessä aikaa ei enää kulunut laitteisiin ja niiden sähköjärjestelmiin tutustumisessa.

Työ tilattiin suunnittelun tarpeesta, sillä aiemmin vastaavaa vika-analysointia ei ollut tehty. Sandvik Miningin tuotannonkehitysosastolle on edellisinä vuosina tehty joitain opinnäytetöitä sähkötestauksesta ja sen optimoinnista. Varsinkin Sami Kiviojan opinnäytetyö ”Standardityöohjeen laatiminen maanalaiselle kallionporauslaitteelle” (2010) sekä Janne Kuosmasen opinnäytetyö ”Testauksen kehitys” (2013) käsittelevät sähkötestauksen kehittämistä. Sandvikin tunneliporalaitteet kuitenkin eroavat huomattavasti pintaporalaiteista, joten näitä opinnäytetöitä ei ole voitu juurikaan hyödyntää pintaporalaitepuolella. Varsinaista vikojen analysointia ei kuitenkaan ole tehty edes tunneliporalaitteille, joten vikojen käsittely yksityiskohtaisemmin tuli todelliseen tarpeeseen.

Nykyisellään sähkötestaus ja varsinkin vianhaku valmiista laitteesta vie runsaasti aikaa. Tämän takia suunnitteluryhmä halusi teettää yksityiskohtaisen selvityksen siitä, millaisia vikoja laitteissa ilmenee vasta asiakkaalla. Jos nämä viat pystyttäisiin jo testausvaiheessa löytämään, asiakas kykenisi aloittamaan työt laitteella heti sen saavuttua työmaalle. Lisäksi asiakkaalla löytyvät uuden laitteen viat kuormittavat Sandvikin omaa henkilöstöä, kun insinöörit ja asentajat matkustavat korjaamaan viallista laitetta jopa toisille mantereille saakka. Lisäksi vika-analyysin perusteella selvitettiin, olisiko sähkötestauksen laatua mahdollisuus tehostaa ja parantaa, jotta viat löydetäisiin jo tehtaalla lopputarkastuksessa.

1.3 Tavoitteet ja tarkoitus

Työn tarkoituksena oli luoda Sandvik Constructionin sähkö- ja automaatio suunnitteluosastolle käsitys uusissa, sähkötestatuissa laitteissa ilmenevistä sähkövioista. Näitä vikoja ei ollut ennen juurikaan listattu, tutkittu tai tilastoitu tietokantoja yksityiskohtaisemmin, joten yksityiskohtaisempi tieto sähkövikojen laadusta ja määrästä kiinnosti suunnitteluosastoa huomattavasti. Vikaselvityksen ja -analysoinnin lisäksi työn tarkoituksena oli tutkia nykyistä sähkötestausta, ja varsinkin sitä, miksi osa sähkövioista ilmenee vasta asiakkaalla eikä suinkaan sähkötestauksessa.

Vika-analysoinnin ja sähkötestauksen tutkimisen pohjalta tavoitteena oli myös etsiä mahdollisia parannusehdotuksia sähkötestaukseen. Tämä tehtiin testaukseen tutustumisen perusteella keskittyen niihin seikkoihin ja epäkohtiin jotka testausta seurattessa ilmenivät, ja lisäksi testausmenetelmiä peilattiin toiseen työssä käytettyyn vikatietokantaan. Tavoitteena oli myös luoda Sandvikille ymmärrys siitä, mitä pintaporalaitteista testataan ja millä testausmenetelmillä nämä toteutetaan.

2 PINTAPORALAITTEET

2.1 Pintaporalaitteet yleisesti

Tampereen tehtaalla valmistettavat pintaporalaitteet voidaan jakaa karkeasti kahteen eri tyyppiin porausmetodin mukaan. Suurin osa Tampereen tehtaan pintaporalaitesarjoista on päältä iskeviä poralaitteita (TH, Top hammer drills). Lisäksi Sandvik Constructionin laitteita ovat myös toisenlaisella metodilla poraavat uppoporauslaitteet (DTH, Down-the-hole drill), esimerkiksi DI550-laite. Nämä kaikki Sandvikin pintaporalaitteet on tarkoitettu lähinnä pengertoraukseen. (Sandvik Construction kotisivu 2012.)

Pintaporalaitteet on jaettu myös omiin tuoteperheisiinsä niiden ominaisuuksien ja rakenteen mukaan. Useimmissa laiteperheissä on useampia laitteita, jotka ominaisuuksiltaan ja kooltaan hieman eroavat toisistaan. Näitä eroavaisuuksia on esimerkiksi porauspään tyyppissä, porausreiän halkaisijassa sekä moottorissa. Lisäksi kaikkiin poralaitteisiin on olemassa omat optio-osansa, jotka laajentavat laitteen ominaisuuksia entisestään. Optiot eivät siis ole vakio-osina laitteissa, vaan asiakas tilaa ne itse valintansa mukaan jos koee ne tarpeellisiksi.

Laiteperheistä löytyy laitteita lähes millaisiin käyttöolosuhteisiin ja -vaatimuksiin tahansa. DC-laitteita on kahta sarjaa: pienemmät DC-laitteet ovat hytittömiä, fyysisesti pieniä ja kumirengasalustaisia kun taas isommat DC-laitteet ovat telaketjulaitteita, jotka nekin on täysradio-ohjattavia ilman hyttiä. (Sandvik Construction kotisivu 2012.)

DX-laitteiden erikoisuus on niiden kääntyvä alusta. Nämä laitteet soveltuvat hankalampiinkin maasto-olosuhteisiin, mutta ovat silti porausominaisuuksiltaan vakaita ja voimakkaita. DPi-laitteet sen sijaan ovat uuden sukupolven älykkäitä poralaitteita. Ne ovat fyysisesti Sandvikin suurimpia päältä iskeviä pintaporalaitteita. Niissä on helposti säädettävä porauksen ohjauksjärjestelmä, joka takaa hyvän poraustuloksen. (Sandvik Construction kotisivu 2012.)

DI550-laite on Sandvikin pintaporalaitteista ainoa uppoporauslaite. Laite on suurikokoinen ja se on suunniteltu suurtehoiseen kallionporaukseen avolouhoksilla ja raken-

nushankkeilla. Laitteen elinkaarikustannukset ovat matalat, ja ne ovat erittäin tuottavia. (Sandvik Construction kotisivu 2012)

2.2 Pintaporalaitteiden sähköinen rakenne

Poralaitteet rakentuvat erillisistä osista, jotka ovat kaikissa laitteissa samankaltaiset. Näitä ovat alusta, syöttölaite sekä hytti. Osa pienemmistä laitteista on kuitenkin hyttitömiä, jolloin niitä ohjataan ja niillä porataan kauko-ohjaimen avulla. Isommissakin laitteissa on usein kauko-ohjauksen mahdollisuus joko vakio- tai optio-osana.

Sähkösuunnittelun näkökulmasta tämä laitteen jako kolmeen osaan (alusta, syöttölaite ja hytti) tarkoittaa sitä, että sähköjärjestelmätkin suunnitellaan ja rakennetaan useammassa osassa. Osa laitteen sähköjärjestelmistä tilataan ulkopuolisilta alihankkijoilta, kun osa taas tehdään itse Myllypuron tehtaalla tai muissa Sandvikin tehtaissa. Esimerkiksi hytit tilataan alihankkijalta ja ne toimitetaan valmiiksi sähköistettynä. Näin ollen hyttiin on rakennettu rajapinta alustaan liittymistä varten. Johtosarjat ja sähkökaapit useimmiten tilataan myös erillisiltä alihankkijoilta, ja ne asennetaan sellaisenaan laitteen alustalle ja syöttölaitteelle tehtaalla. Joitain pienempiä kokonaisuuksia rakennetaan vielä itse tehtaalla, mutta pääsääntöisesti suurin osa sähköisistä komponenteista tulee isoissa osissa alihankkijoilta tehtaalle laitteelle asennusta varten.

Laitteiden piirikaaviot useimmiten myös jaetaan erikseen hytin, alustan sekä syöttölaitteen mukaan omiin osiinsa. Näin kaaviot ja muut niihin liittyvät suunnitelmat saadaan selkeiksi kokonaisuuksiksi ja ne saadaan jaettua myös alihankkijoille laitteen osan mukaisesti. Kaikki laitteen kokoonpanot on myös selkeästi eroteltu esimerkiksi niiden sijainnin perusteella erillisten kokoonpanojen alle. Sähkösuunnitelmat on aina sijoitettu järjestelmällisesti kunkin osakokoonpanonsa alle niin, että ne on helppo löytää ja kohdistaa oikeaan paikkaan. Lisäksi kaikki optio-osat suunnitellaan niin, että ne ovat helposti asennettavissa ja lisättävissä laitteeseen myös jälkikäteen.

3 VIKA-ANALYYSI

Vika-analyysi on koostettu työssä käytettyjen Sandvikin tietokantojen pohjalta. Vika-analyysiin liittyen tutkittiin, miten paljon sähköisiä vikoja ilmenee uusissa laitteissa, ja miten ne suhteutuvat kaikkiin vikoihin, jotka on tilastoitu. Lisäksi tutkittiin, millaisia löytyvät sähköiset viat ovat, ja painottuvatko ne tiettyihin laitteen osiin tai elementteihin. Myös eri laiteperheiden vikoja vertailtiin keskenään jonkin verran.

3.1 Tietokanta 1

Tietokantaan kirjataan kaikki laitteen tiedot: laiteperhe, laitteen malli, sarjanumero, laitteen moottorituntimäärä sekä selostus viasta ja korjaustoimenpiteistä. Tietokantaan kerätään tietoja laitteista raportoiduista vioista. Tähän tietokantaan kerätään kaikki mahdolliset viat, joten ne on raportoitu täysin ilman minkäänlaista jaottelua vikatyypeittäin. Kaikki mekaaniset, sähköiset, hydrauliset ja ohjelmalliset viat, sekä muut konerikot on kirjattu sekaisin samaan tietokantaan.

Tietokanta on siis kokoelma kaikista Sandvik Constructionin pintaporolaitteiden vioista. Tietokannat kootaan laiteperheittäin, jotta niiden käsittely ja lukeminen on yksinkertaisempaa.

3.2 Vikojen tilastointi ja käsittely

Tässä työssä käytettiin kolmea vikatietokantaa. Laitteiden 1 ja 2 vikatietokanta oli tilastoitu aikavälillä 1.1.2012 – 5.8.2014. Tähän tietokantaan oli kerätty kyseisellä aikavälillä tehdyt vikailmoitukset. Tietokannassa oli kaiken kaikkiaan A kappaletta raportoitua vikailmoitusta 1-laitteelle, ja B kappaletta vikailmoitusta 2-laitteelle.

Toiseen käytettyyn vikatietokantaan oli kerätty tiedot 4-laitteille raportoiduista vioista. Tämä tietokanta oli tilastoitu ajalla 1.1.2012 – 4.9.2014. 4-laitteista vikoja oli tuona aikana raportoitu C kappaletta.

Laite 3:n tietokanta oli tilastoitu ajalla 1.1.2012 - 31.10.2014, ja vikoja oli tilastoitu kyseisenä aikana D kappaletta. Yhteensä kaikissa laitteissa oli siis raportoitu vikoja E kappaletta.

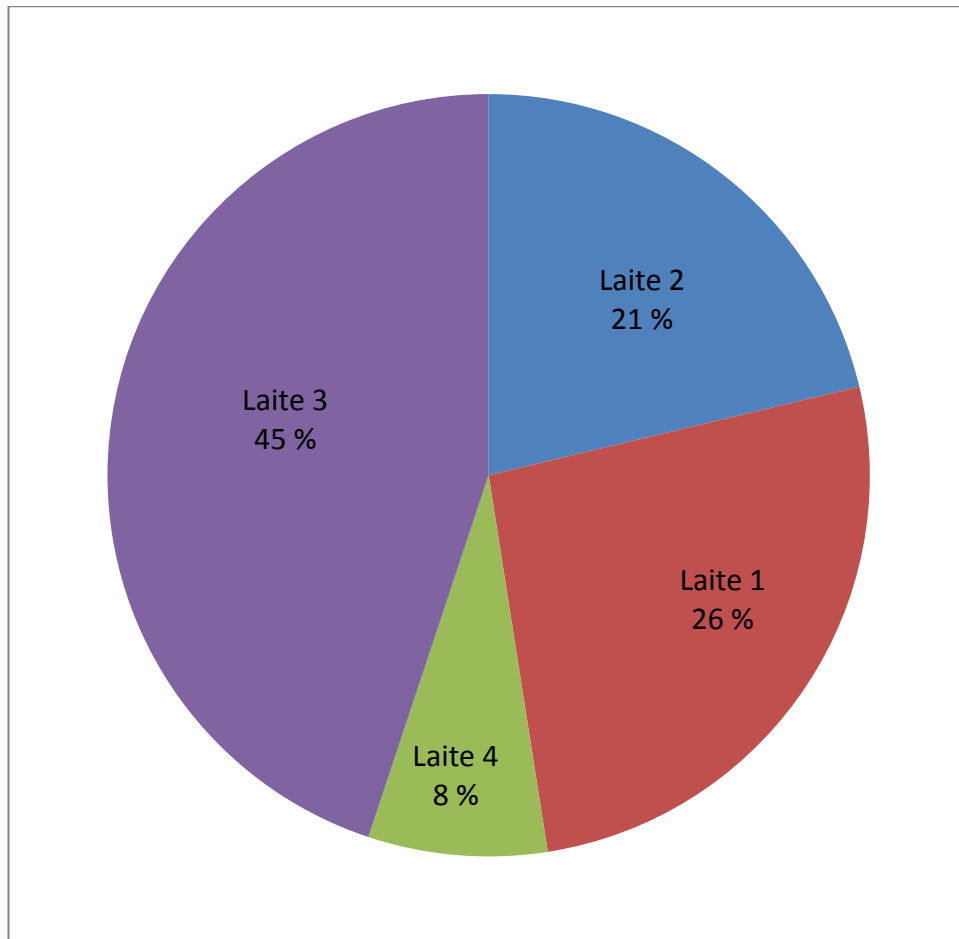
Näistä vikatietokannoista rajattiin ensin tilastot haluttujen laitteiden perusteella. Työssä ei käsitellä, eikä ole otettu huomioon vanhempia, tuotannosta poistuneita tuotteita. Näiden tilastoista ei koettu olevan hyötyä sähkötestauksen parantamisen tai muiden vastaavien toimenpiteiden mahdollisissa toteutuksissa.

Lisäksi tilastot käsiteltiin niin, että tulokset lajiteltiin moottorin käyntituntimäärän perusteella. Tällä tavoin voitiin rajata tilastoon oletetut uusista laitteista raportoidut viat. Tulokset rajattiin sadan käyntitunnin mukaan, ja lisäksi käytiin vielä kokonaisuudessaan muutkin taulukon rivit yksitellen läpi jotta virheitä tuloksissa ei ilmenisi. Tietokannat oli taltioitu Microsoft Office Exceliin, joten niiden käsittely ja rajaaminen oli yksinkertaista.

Kun taulukko rajattiin alle sataan käyntituntiin, se käsitti myös raportoinnit joihin ei ollut merkitty moottoritunteja lainkaan. Nämä tulokset käytiin myös läpi yksitellen, sillä osassa raporteista moottoritunnit oli merkitty seliteosaan, jossa kerrottiin viasta ja sen korjauksesta lisätietoja. Näistä karsittiin pois kaikki rivit jotka eivät kuuluneet haluttuihin tuloksiin. Lopulta tilastoon jäi F kappaletta tilastoituja vikoja, jotka kuuluivat haluttuihin kriteereihin. Jäljelle jääneet viat lajiteltiin vielä niiden tyyppin mukaan sähköisiin, mekaanisiin, järjestelmällisiin jne. vikoihin. Näistä käsittelyyn otettiin ainoastaan sähköiset viat sekä viat jotka aiheuttivat ongelmatilanteita sähköjärjestelmässä.

3.3 Vikatyypit laiteperheittäin

Kuten aiemmin jo todettiin, kaikkia vikoja neljässä käsitellyssä laiteperheessä oli raportoitu yhteensä E kappaletta. Näistä viat jakautuivat kuvion 1 mukaisesti laiteperheiden kesken.



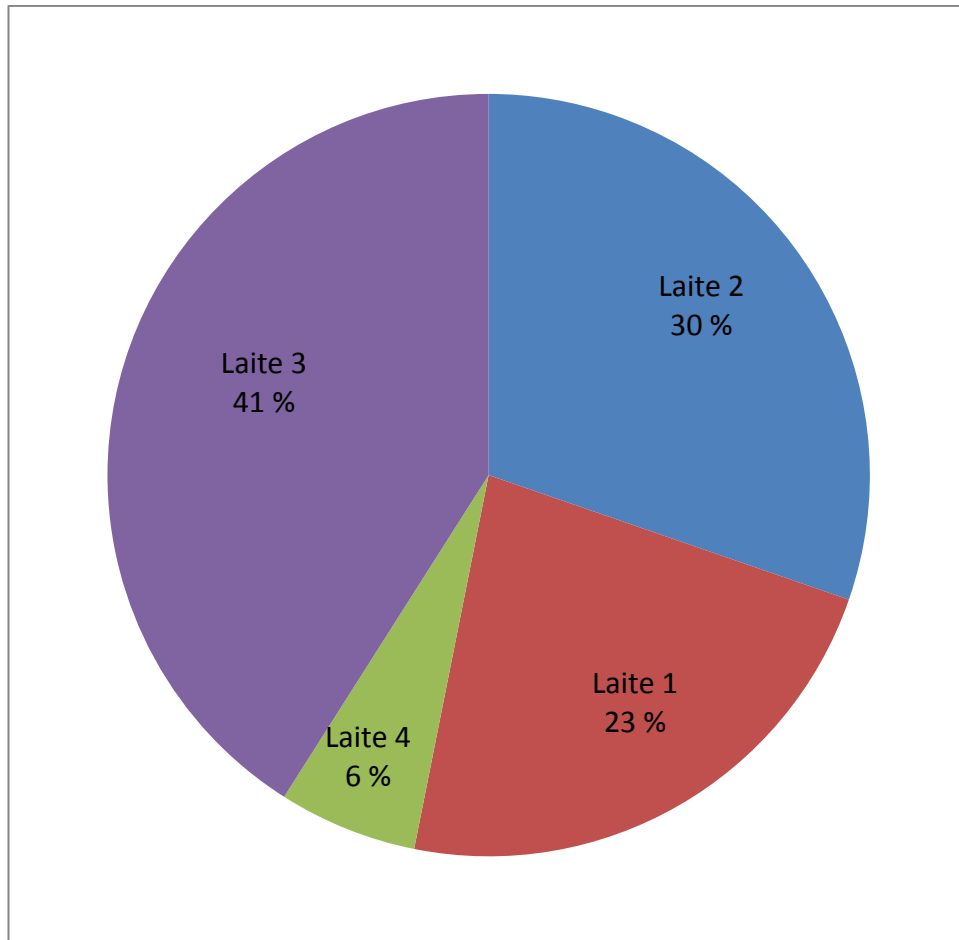
KUVIO 1: Kaikkien vikojen jakautuminen laiteperheittäin.

Kuviosta huomataan, että tietokantaan tilastoitujen vikojen kärkipaikalla on selkeästi Laite 3 noin 45 prosenttiyksikön osuudella kokonaisvikamäärästä. 1- ja 2-laitteilla on kullakin noin kahdenkymmenen viiden prosentin osuus. Sen sijaan 4-laitteille raportoituja vikoja on selkeästi muita laiteperheitä vähemmän, vain hieman alle kymmenen prosenttiyksikköä.

Vikatietokannat käytiin järjestelmällisesti läpi ja kaikki uusien laitteiden viat listattiin. Vikoja oli raportoitu uusista laitteista yhteensä F kappaletta. Näin ollen kaikista vikatietokannan raportoinneista uusien laitteiden osuus oli noin 30 prosenttia. Näistä tuloksista vielä eriteltiin pelkästään sähköiset viat. Tämä taulukointi lopulta tuotti uusissa laitteissa esiintyneiden sähköisten vikojen lopullisen määrän. Sähköisiä vikoja kaikissa laitetyypeissä yhteensä oli G kappaletta.

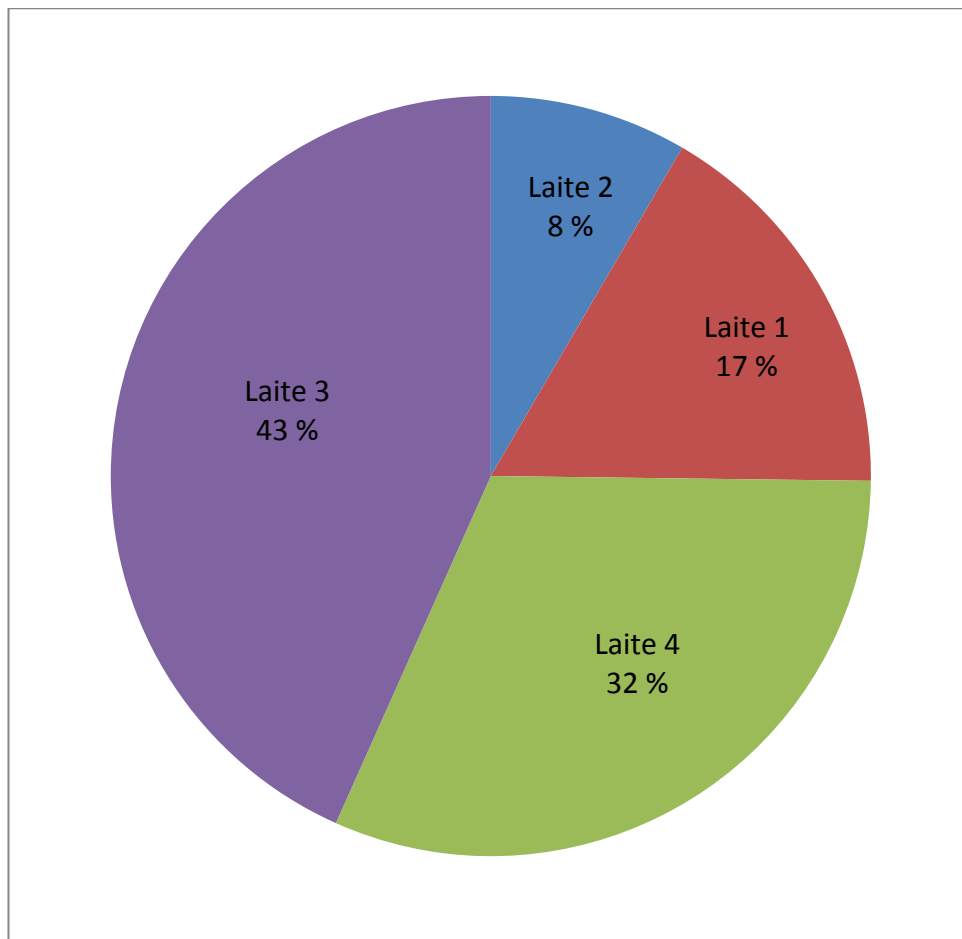
Lisäksi haluttiin vielä vertailla uusien laitteiden kaikkien raportoitujen vikojen määrää toimitettujen laitteiden määrään. Laitteita oli toimitettu 1.1.2012... 31.10.2014 yhteensä

H kappaletta. Alla olevissa kuvioissa 2 ja 3 on esitetty vertailu toimitettujen laitteiden ja uusista laitteista raportoitujen vikojen välillä.



KUVIO 2: Uusissa laitteissa raportoیدut viat laiteperheittään.

Kuviosta huomataan, että selkeästi suurin osa uusien laitteiden vioista on raportoitu sekä 2- että 3-laitteille. Laite 4:n osuus kuvion 1 tapaan on tässäkin vertailussa hyvin pieni muihin laiteperheisiin verrattuna. Kuviossa 3 on lisäksi esitetty kaikki toimitetut laitteet aikavälillä 1.1.2012... 31.10.2014.

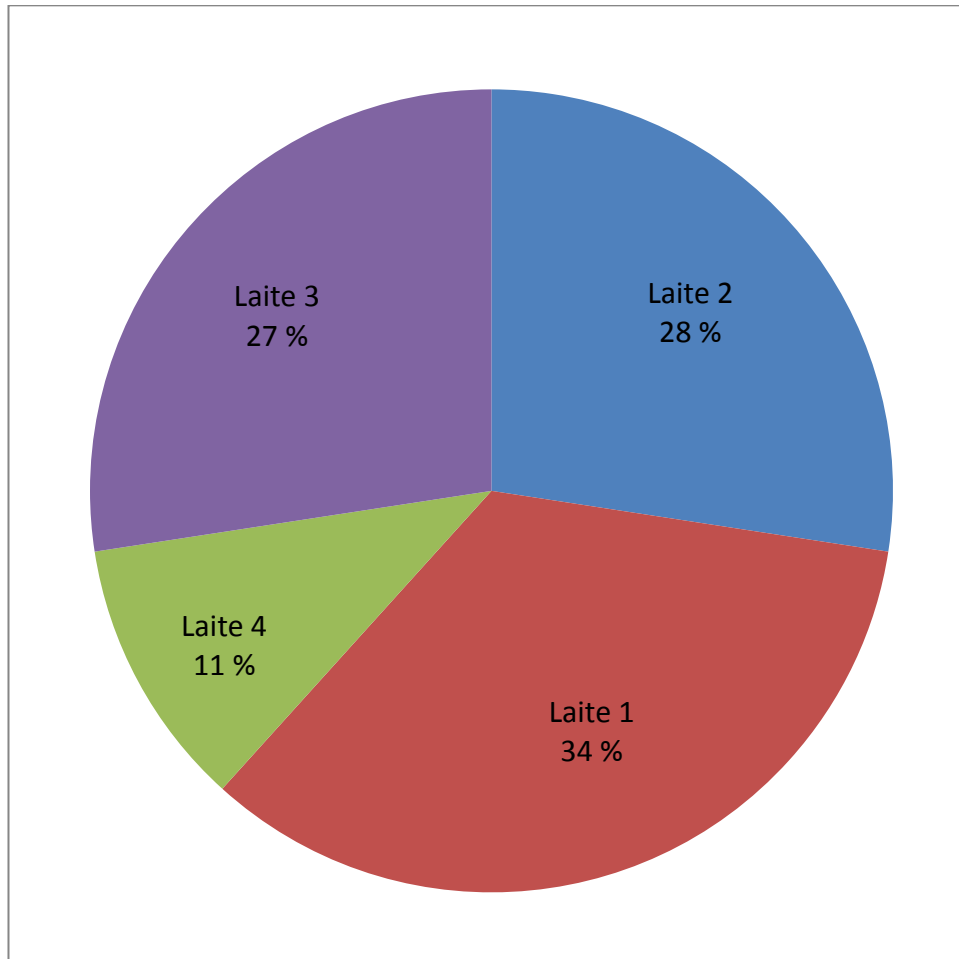


KUVIO 3: Toimitetut laitteet tietokantojen koostamisaikana.

Toimitetuista laitteista huomattavan suuri osa on ollut 3-laitteita. Nämä ovat SMC:n suosituimpia pintaporolaitteita 4-laitteiden ollessa toisella sijalla toimitettujen laitteiden määrässä. 2-laitteiden toimitus sen sijaan on ollut hyvin pienimuotoista, vaikka vikatie-tokantaan juuri uusille 2-laitteille on kirjattu hyvin suuri osa vikailmoituksista.

Sen sijaan uusille 4-laitteille on raportoitu vikailmoituksia niiden toimitusmäärään nähden hyvin vähän. Uusille 1- ja 3-laitteille ilmoituksia on kirjattu tasaisesti laitteiden toimitusmäärään nähden. Lisäksi laskettiin karkeasti, miten paljon vikoja raportoidaan uusista laitteista yhtä toimitettua laitetta kohti. 2-laitteilla odotetusti luku oli suurin: niistä tehdään vikailmoituksia noin 4,1 kappaletta yhtä toimitettua laitetta kohti. Sen sijaan 1- ja 3-laitteilla tämä luku on huomattavasti pienempi: 1-laitteilla 1,6 kappaletta yhtä toimitettua laitetta kohti, ja 3-laitteilla 1,1 kappaletta yhtä toimitettua laitetta kohti. Sen sijaan 4-laitteille vikailmoituksia tehdään huomattavasti vähemmän, vain 0,2 vikailmoitusta yhtä toimitettua laitetta kohti.

Kuviossa 4 on esitetty tietokannoista poimitut uusien laitteiden sähköiset viat laiteperheittäin. Näitä sähköisiä vikoja oli kaiken kaikkiaan G kappaletta, ja niiden osuus kaikista tietokantoihin raportoiduista vioista oli noin 4,6 prosenttia. Kaikista uusien laitteiden vioista sähköisten vikojen osuus oli noin 16 prosenttia.



KUVIO 4: Sähköisten vikojen jakautuminen laiteperheittäin.

Kuvioon 4 on koottu ainoastaan uusissa laitteissa raportoidut sähköiset viat. Kuvioita 2 ja 4 vertaillen huomataan, että vaikka kaikista raportoiduista vioista uusissa laitteissa suurin osa oli raportoitu 2- ja 3-laitteille, sähköiset viat jakautuvat jo hieman tasaisemmin laitteiden kesken. Ainoastaan 4-laitteet erottuvat tässäkin vertailussa edukseen, johon niiden muutenkin pienestä vikamäärästä.

3.3.1 Laite 1

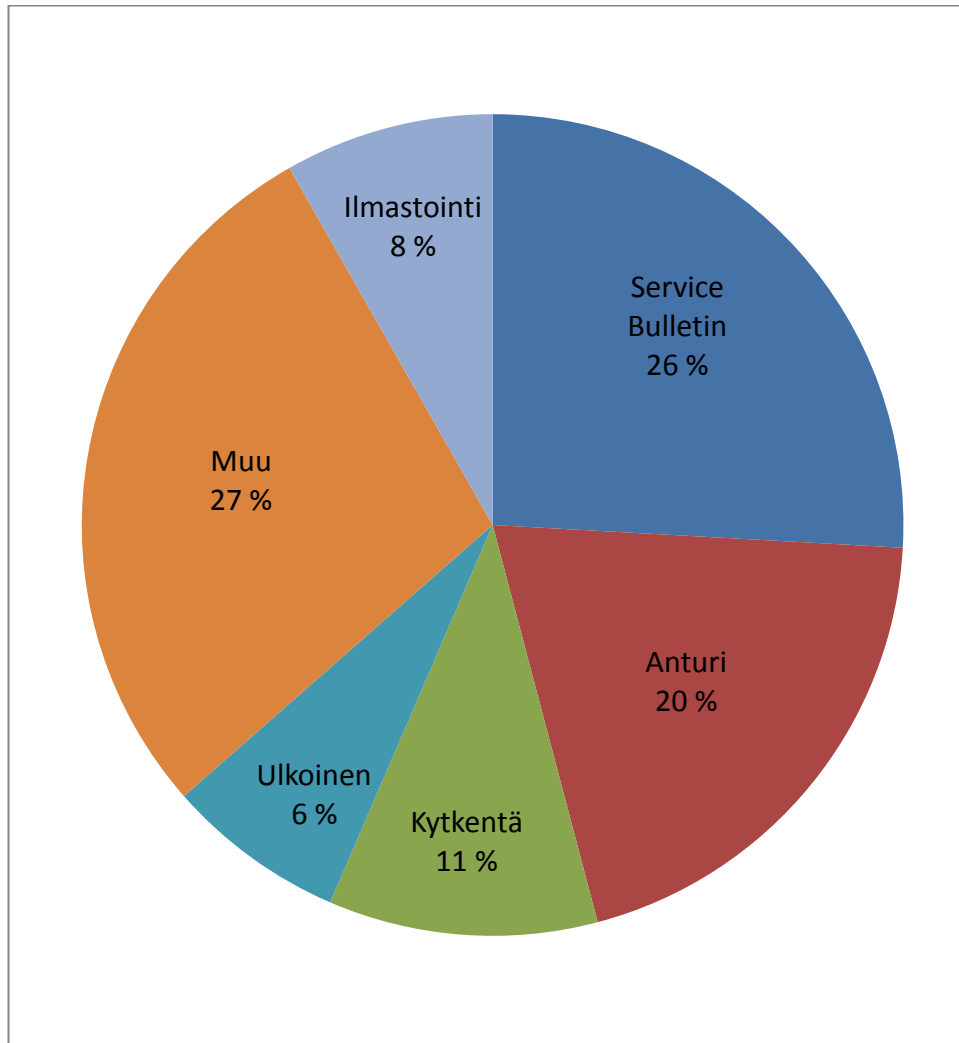
Raportoituja vikailmoituksia 1-laitteille oli tehty A kappaletta. Tietokannasta poistettiin vanhat 1-tyyppin laitteet, mutta kaikki uudemmat laitteet sen sijaan otettiin käsittelyyn. 1-laitteiden vikailmoitukset oli koottu samaan tietokantaan kuin vanhemmat 1-tyyppin laitteet ja 2-laitteet. Tietokanta käsiteltiin valitsemalla siitä ainoastaan uudemmat 1-laitteet toiseen Microsoft Office Excel-taulukkoon. Näin taulukot eivät lajitellessa sekoittuneet häiritsevästi keskenään, ja tietojen etsintä ja lajitteluperusteet olivat helpompia.

Taulukon lajittelun ja järjestämisen jälkeen jäljelle jäi I kappaletta vikailmoituksia, joissa kyseessä oli uusi laite. Uudella laitteella tässä lajittelussa tarkoitettiin laitetta, jonka moottorin käyntituntimäärä oli alle 100 tuntia, tai laitetta, jolle ei ollut merkitty moottorituntimäärää, mutta sarjanumero ja vikailmoitus olivat samalta vuodelta.

Vikailmoituksia uusista laitteista oli siis noin 25 prosenttia kaikista 1-laitteille tehdyistä ilmoituksista. Nämä raportit käytiin vielä läpi niin, että saatiin listaus kaikista sähköisistä vioista uusissa laitteissa. Näitä jäi lopulta jäljelle J kappaletta. Sähköisiin ongelmiin liittyviä vikoja uusissa laitteissa oli siis noin 6,0 prosenttia kaikista ilmoituksista, ja noin 23,5 prosenttia uusien laitteiden kaikista vioista.

Vikailmoitukset, jotka liittyivät sähköiseen ongelmaan, lajiteltiin tyypeittäin. Vikatyyppit valittiin sen mukaan, millaisia sähköisiä vikoja laitteissa on havaittu ja korjattu. Nämä olivat siis jokaiselle laiteperheelle erilaiset, sillä samat viat eivät juuri toistu eri tyyppin laitteilla. Lisäksi mietittiin lajitteluheitoja sen mukaan, miten paljon samankaltaisia vikoja 1-laitteille on raportoitu. Näistä yritettiin löytää yhtäläisyyksiä, ja viat lajiteltiin siis näillä perusteilla omille vikatyypeilleen.

Näihin erilaisiin vikatyyppeihin kuuluivat vialliset tai vääränlaiset kytkennät, anturien viat tai oudot toiminnat, ulkoisen voiman tai tapahtuman aiheuttama vioittuminen, ilmastoinnin ongelmat, huoltotiedotteiden perusteella tehdyt vikailmoitukset, sekä kaikki muut sähköiset ongelmat ja viat, joita ei näiden edellä listattujen tyyppien mukaan voitu jakaa, tai viat, jotka olivat selkeästi yksittäisiä ja ilmenivät vain muutamissa laitteissa. Kuviossa 5 on selvennetty näihin vikatyyppeihin listattujen vikailmoitusten määrällistä jakautumista.



KUVIO 5: Sähköisten vikojen jakautuminen vikatyypeittäin.

1-laitteille raportoitujen uusien laitteiden vikailmoitusten sähköisten vikojen jakautuminen tyypeittäin on kuvattu kuviossa 5. Tästä selkeästi huomataan muiden vikojen, huoltotiedotteiden (Service Bulletin) ja anturivikojen suuret osuudet.

Muihin vikoihin listattiin kaikki ne sähköiset ongelmat ja korjatut viat, jotka eivät kuuluneet muiden vikatyyppeihin, tai jotka olivat vain yksittäisiä vikoja eikä niistä löydetty yhteyttä muihin sähköisiin vikoihin. 1-laitteissa oli vain yksittäisiä näyttöjen toimintahäiriöitä tai puutteita. Yhdessä tapauksessa näyttö ei toiminut lainkaan, ja kahdessa näyttö oli puutteellinen, koska se ei mahdollistanut ja tukenut USB:n (Universal Serial Bus) kytkentää. Muutamissa vikailmoituksissa sähköiset ongelmat johtuivat turvallisuusrajakytkinten toimintahäiriöistä, aikareleen, muiden releiden, vastusten, muuntimien tai muiden yksittäisten komponenttien sisäisistä rikkoutumisista. Nämä kaikki olivat yksittäistapauksia, ja niissä ei ollut olettamusta, että ulkoinen tapahtuma tai vastaava

olisi aiheuttanut komponenttirikon. Lisäksi yksi selkeä laatupuute oli vikailmoituksiin raportoitu: yhdestä laitetypistä oli puuttunut eräs päätevastus kokonaan.

Service Bulletin, eli huoltotiedote, oli myös 1-laitteiden vikailmoitusten sähköisten vikojen kärkipäässä. Kaikista toteutetuista huoltotiedotteiden toimenpiteistä oli myös raportoitu omat ilmoituksensa. 1-laitteiden vikatietokantaan oli raportoitu vain yhteen huoltotiedotteeseen liittyviä sähköisiä korjauksia tai muita toimenpiteitä. Tämä huoltotiedote koski käsinojan sisässä olevan kaapelin rikkoutumista käsinojan nivelen liikkeen takia. Huoltotiedotteessa ohjeistettiin kaapelin uusi reititys, joka ehkäisi ongelman ilmaantumista ja kaapelin rikkoontumista.

Myös anturivikoja 1-laitteissa esiintyi jonkin verran. Muutama anturivika oli kirjattu käsinojan anturin toimintavioista, joista myöhemmin oli tehty huoltotiedote. Lisäksi vasaran asentoanturi oli useassa tapauksessa viallinen tai rikki, näihin ei kuitenkaan ollut kirjattu korjaustoimenpiteitä, joten vian laadusta ei ollut tarkempaa tietoa. Muut anturiviat olivat selkeästi yksittäistapauksia, eikä niissä nähty toistuvuutta tai yhtenevää syytä muihin vikailmoituksiin.

Rikkinäisiä tai viallisia kytkentöjä, sekä väärin asennettuja tai löysiä liittimiä esiintyi myös useissa vikaraportoinneissa. Muutamissa tapauksissa kyseessä oli yllä kuvattu käsinojan sisäisen kaapelin rikkoutuminen. Muissa raportoiduissa ilmoituksissa kyseessä oli lähinnä löysiä kaapelien kiinnityksiä ja löysiä liittimiä. Näistä raporteista ei selvinnyt, olivatko varsinaiset ongelmat kytkennöissä vai komponenteissa. Näissä oli siis mahdollisuus joko fyysisen komponentin viallisuuteen, tai kytkentöjen löystymiseen heikon kiinnityksen tai laitteen aiheuttaman värähtelyn takia. Myös muutamia yksittäisiä kaapelirikkoja oli raportoitu, mutta nämä eivät olleet merkittäviä tai ne oli raportoitu epäselkeästi niin, ettei kaapelirikon varsinaista syytä voitu tietää.

Joitakin ilmastointilaitteisiin liittyviä vikoja oli myös raportoitu. Näissä oli yhtäläisyyksiä keskenään, joten niille valittiin oma vikatyypinsä. Lähes kaikissa tapauksissa vika oli termostaatissa. Näissä tapauksissa termostaatti oli vaihdettu, ja ilmastointi oli alkanut toimia komponentin vaihdon jälkeen, eikä sen suurempaa vian selvitystä ollut tehty. Kahdessa tapauksista johdin oli vaurioitunut, ja ilmastointi ei tästä syystä toiminut optimaalisesti. Nämä kuitenkin lajiteltiin ilmastoinnin vikatyyppeihin, koska ilmastointiin liittyen oli raportoitu muitakin ongelmia.

Ulkoisten sääolosuhteiden tai iskevän voiman aiheuttamia ongelmia sähköjärjestelmässä oli jokseenkin vähän. Kahdessa tapauksista vesi oli päässyt komponenttien tai kytkentäkoteloiden sisään aiheuttaen ongelmia ja rikkoutumisia sähköisiin komponentteihin. Muissa tapauksissa oli kyse toimituksen aikana tulleesta komponenttirikosta, juuri toimitetun laitteen vaurioista moottorissa, sekä mekaanisen vian aiheuttamasta sähköviasta. Nämä olivat selkeästi yksittäistapauksia, ja tietokantaan ei ollut kirjattu juuri lainkaan samankaltaisia ulkoisen tapahtuman aiheuttamia komponenttirikkoja.

3.3.2 Laite 2

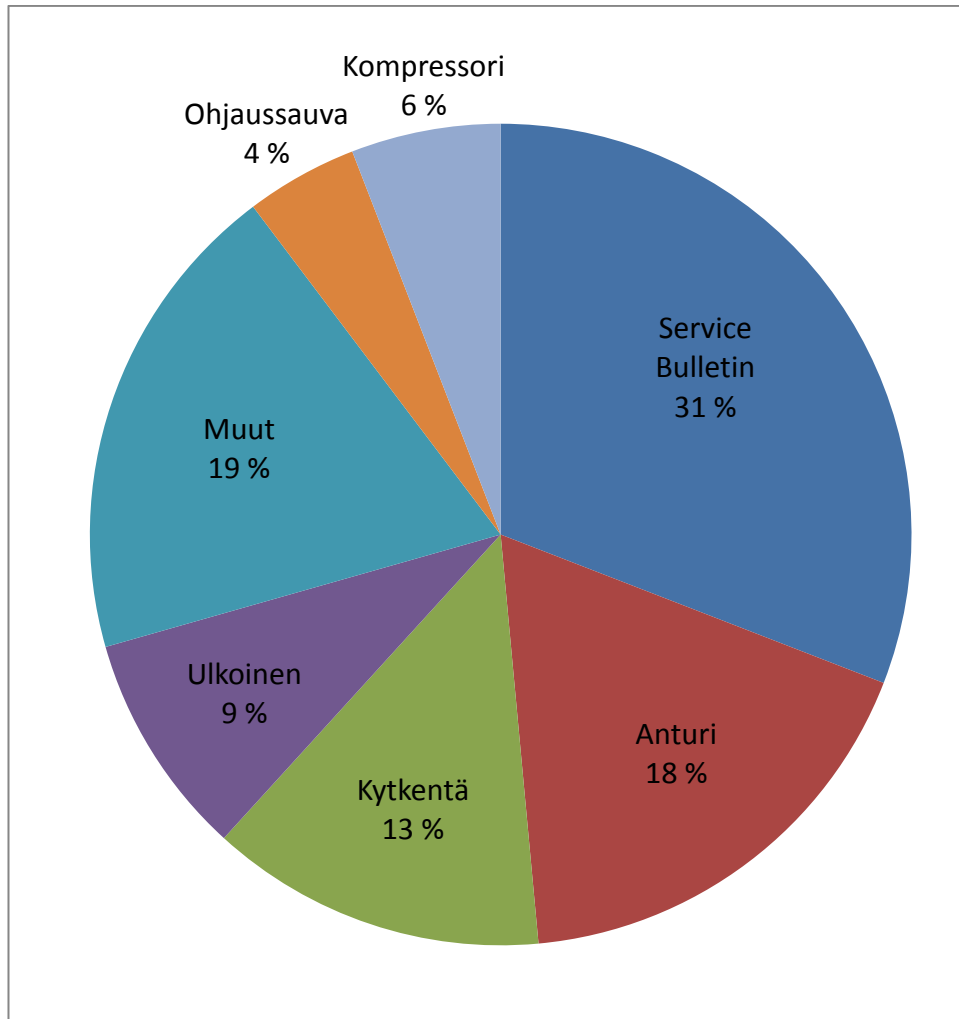
2-laitteille oli vikatietokantaan raportoitu kaikkiaan B vikaa. Lisäksi tietokantaan oli raportoitu vikailmoituksia myös muille, vanhemmille, 2-tyypin laitteille, mutta näitä ei käsitellyssä otettu huomioon. 2-laitteiden vikailmoituksista K kappaleessa oli kyseessä uusi laite. Tämä on siis 42 prosenttia kaikista vikailmoituksista. Osalle laitteista ei ollut merkitty moottorin käyntituntimäärää, joten nämä käytiin tarkasti läpi sarjanumeron ja vikailmoituksen päiväyksen mukaan.

2-laitteiden vikatietokanta oli helposti saatavilla Microsoft Office Excel-muodossa, ja sen järjestäminen haluttujen kriteerien mukaan oli myös yksinkertaista. Aivan aluksi tietokannasta karsittiin pois kaikki ne laitetypit, joita ei otettu tässä työssä huomioon. Jäljelle jätettiin ainoastaan uusimmat 2-laitteet. Nämä järjestettiin uudelleen moottorituntimäärän mukaan, jotta saatiin taulukot järkevään muotoon käsittelyä varten.

Kun aiemmat järjestelyt oli tehty, poimittiin käyntituntimäärien ja sarjanumeroiden perusteella ilmoituksista kaikki uudet laitteet. Näistä lopulta vielä etsittiin kaikki sähköiset viat, joita oli kaiken kaikkiaan L kappaletta. Tämä tarkoittaa sitä, että uusien laitteiden sähköisiä vikoja oli 5,9 prosenttia kaikista raportoiduista vikailmoituksista, ja 23,5 prosenttia uusien laitteiden vioista.

Lopuksi kaikki uusien laitteiden sähköiset viat lajiteltiin erilaisten vikatyyppeihin alle. 2-laitteille näitä olivat suoritettu Service Bulletin, anturin toimintavika tai rikkoutuminen, viallinen tai väärä kytkentä, ulkoisen voiman tai tapahtuman aiheuttama sähkövika, kompressorin viat, ohjaussauvan toimintavika ja muut sähköiset viat, joita ei aiemmin

mainittuihin kriteereihin voitu määrittää, tai joita oli vain yksittäiskappaleita. Kuviossa 7 on esitetty näiden vikatyypien jakautuminen 2-laitteiden vikailmoituksissa.



KUVIO 6: Sähköisten vikojen jakautuminen tyypeittäin.

Vikailmoitukset jakautuivat kuvion 7 mukaisesti erilaisille vikatyypeille. Näistä selvästi suurimmassa osuudessa kaikista sähköisistä vioista on Service Bulletin, eli huoltotiedotteet. 2-laitteille oli annettu huoltotiedote ympäristön lämpötila- ja ilmankosteusanturista tietokannan keräysvälillä, joten tämän huoltotiedotteen johdosta vikailmoituksia oli tehty useita. Nämä eivät varsinaisesti ole sähkövikoja, mutta koska ne liittyvät olennaisesti aiemmin löydettyihin kyseisen anturin vikoihin, otettiin ne laskentaan mukaan. Suuri osa näistä huoltotiedotetta koskevista vikailmoituksista käsitteli tämän anturin tarkastusta ja mahdollista päivitystä.

Varsinaisista sähköisistä vioista suurin osa oli raportoitu antureista ja muista yksittäisistä vioista. Anturivikoihin kuuluivat esimerkiksi anturin viallinen toiminta tai rikkoutu-

minen. Syöpyneet tai sääolosuhteiden takia rikkoutuneet anturit sen sijaan eivät kuuluneet tähän kategoriaan. Kaikkiin vikailmoituksiin ei ollut kirjattu anturin kohdetta tai käyttötarkoitusta. Suuressa osassa hakemuksia sen sijaan oli kirjattu anturin käyttökohde. Näissä ei ollut suuria yhteneväisyyksiä, vaan anturit olivat hyvin erilaisista asennuspaikoista ja eri tarkoitukseen käytettyjä. Useampia painemittareiden toimintavikoja sen sijaan oli kirjattu.

Muihin sähköisiin vikoihin oli kirjattu myös useita yksittäisiä hajonneita komponentteja tai sähköjärjestelmän ongelmia. Näitä olivat muun muassa jännitemuuntimen rikkoutuminen, yllättävä laitteen sammuminen ilman syytä, lämmitysajastimen rikkoutuminen, näyttöjen vialliset toiminnot, väylän toimintahäiriöt ja puutteet, akun latauksen ongelmat, polttoainepumpun lämmityksen toimintaviat, erilaisten sähköisten moduulien puutteet tai rikkoutumiset, antenniviat ja kytkinviat. Nämä olivat selkeästi yksittäistapauksia, ja niissä ei ollut mitään yhteyttä muihin sähköisiin tai mekaanisiin vikoihin. Ainoastaan laitteen sammuminen yhtäkkisesti ilman näkyvää syytä on hieman tulkinnanvarainen sähköisestä näkökulmasta, koska vikailmoituksen perusteella syytä ei ollut saatu selville. Yhtäkkinen laitteen sammuminen voi johtua myös esimerkiksi käyttöjärjestelmän äkkinäisestä viasta.

Kytcentöjen virheitä tai rikkoutumisia, ja ulkoisen seikan aiheuttamia sähköisiä vikoja oli hieman vähemmän kuin anturivikoja tai muita sekalaisia vikoja tai toimintahäiriöitä. Useissa tapauksissa kytkentäviat, ja kaapelien tai johtimien rikkoutuminen oli aiheuttanut jonkin muun sähköisen vian laitteeseen, kuten anturin viallisen toiminnan tai sulakkeiden laukaisun. Kytkentävikoihin laskettiin myös liittimen heikot kiinnitykset, joita 2-laitteissa oli ilmennyt myös muutamia. Kytkentävioista ja kaapelien ja johtimien rikkoutumisista ei löytynyt minkäänlaista varsinaista yhteistä tekijää, joka olisi aiheuttanut nämä viat tai toimintahäiriöt. Luultavimmin kyseessä oli hieman heikosti asennusvaiheessa kytketyt johtosarjat tai liittimet, tai laitteen tärinän aiheuttamat kaapeli- ja johdinrikot.

Ulkoisen tapahtuman tai voiman aiheuttamia sähköisiä vikoja oli muutamia erityyppisiä. Suurin osa vioista oli sääolosuhteiden tai muun vastaavan aiheuttamia. Näitä olivat korroosion aiheuttamat yksittäisten komponenttien viat, veden pääsy komponenttien sisään, tai öljyn tai muun laitteesta peräisin olevan aineen aiheuttama vika. Toinen suuri tyyppi oli ulkoisen voiman aiheuttamat komponenttien rikkoutumiset. Tapauksissa oli

vikailmoituksiin kirjattu esimerkiksi ohjaamossa näytön tippuminen ohjaussauvan päälle, jolloin ohjaussauva rikkoutui iskun voimasta. Myös laitteen osuminen johonkin ympäristössä olevaan esineeseen rikkoi muutamia sähköisiä komponentteja. Kolmas tyyppi, näistä kaikista kolmesta vähiten vikoja aiheuttanut, oli käyttöjärjestelmän päivittäminen. Vikailmoituksiin oli kirjattu muutamia tapauksia, joissa käyttöjärjestelmän päivittäminen oli aikaansaanut muutamien herkkien komponenttien hajoamisen.

Ohjaussauvan ja kompressorin toimintahäiriöitä oli kirjattu tietokantaan muutamia samankaltaisia. Ohjaussauvan toimintahäiriöt olivat lähinnä yhden suunnan toimimattomuus tai muut vastaavat ongelmat. Täysin hajonneita ohjaussauvoja ei ollut raportoitu.

Kompressorin toimintahäiriöt olivat yksittäisiä kompressoriin kohdistuneita vikailmoituksia. Näitä olivat muun muassa jäähdytyspuhaltimen toimintahäiriö ja termostaatin viallinen toiminta.

3.3.3 Laite 3

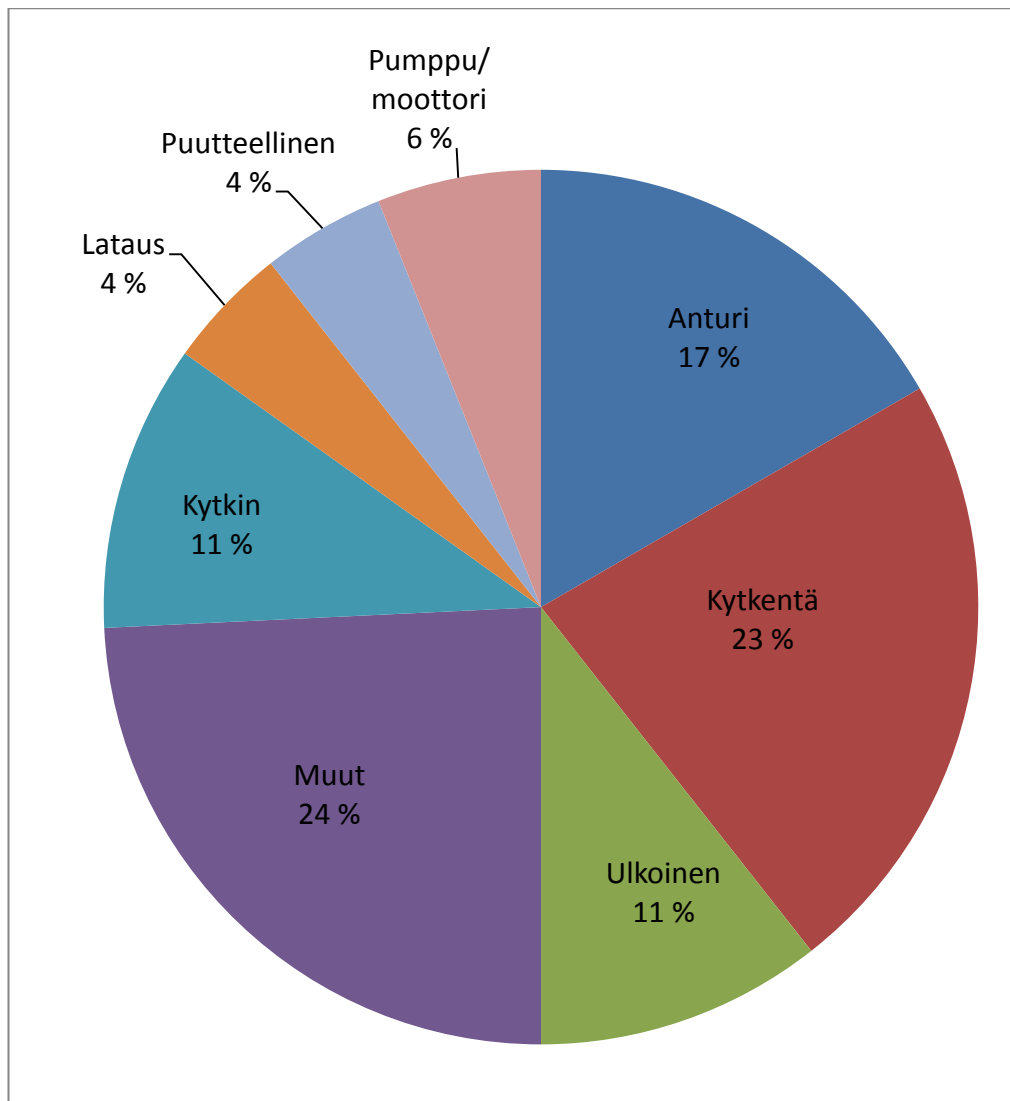
3-laitteille oli kaiken kaikkiaan tietokantaan raportoitu D vikailmoitusta. Nämä rajattiin yksitellen moottorin käyntituntimäärän mukaan uusiin ja vanhoihin laitteisiin. Kaikista vikailmoituksista M kappaletta oli raportoitu joko uusille laitteille, joiden käyntituntimäärä oli maksimissaan 100, tai laitteille, joihin ei ollut merkitty moottorituntimäärää. Tämä siis tarkoittaa sitä, että kaikista ilmoituksista 27 prosenttia koskee uusia laitteita.

3-laitteiden tietokanta oli hieman haastavampi käsitellä kuin muut tietokannat. Tämä tietokanta oli Microsoft Office Excelissä sellaisessa muodossa, että sen suora järjestäminen moottorituntien mukaan ei onnistunut. Näin ollen kaikki rivit käytiin yksitellen läpi ensin moottorituntimäärien mukaan. Kun tämä oli tehty, luettiin vielä yksitellen läpi jokainen edellisessä vaiheessa valittu rivi, koska osassa vikailmoituksista moottorituntimäärä oli kirjattu seliteosaan. Näin saatiin rajattua tuloksista pois vielä vanhat laitteet, joiden vikailmoitus ei ollut järjestynyt tuloksiin oikein puuttuvan moottorituntimäärän takia. Lisäksi ne tulokset, joihin tuntimäärää ei ollut merkitty, otettiin sarjanumeroa ja vikailmoituksen päivämäärää vertailemalla mukaan, jos sarjanumero oli uuden laitteen, ja vikailmoituksen päivämäärä oli samalta vuodelta kuin itse laite. Näin saatiin rajattua

pois kaikki vanhemmat laitteet, tai laitteet, joiden tuntimäärä todellisuudessa on suurempi kuin halutut kriteerit.

Lopulta koko tietokannan käsittelyn jälkeen jäljelle jäi N kappaletta kirjauksia tietokantaan, joiden kriteereitä oli uusi laite ja sähköinen vika. Tämä on siis noin 2,8 prosenttia kaikista 3-laitteille raportoiduista vikailmoituksista, ja noin 10,5 prosenttia kaikista 3-laitteille raportoiduista uusien laitteiden vikailmoituksista. Näin ollen loput uusille laitteille kirjatut viat, noin 89,5 prosenttia, olivat muun tyyppisiä vikoja. Näitä olivat esimerkiksi mekaaniset viat, kuten rungon osien laatupuutteet.

Kaikki tietokannasta rajatut sähköviat jaoteltiin vielä tiettyihin vikatyyppeihin. Näitä olivat anturi-viat, puutteelliset tai rikkiäiset kytkennät, ulkoisen voiman tai tapahtuman aiheuttama rikkoutuminen taikka vika, erilaiset kytkinviat, latauksen ongelmat, puuttuvat osat sekä pumppujen tai moottorien toimintaviat. Lisäksi muihin vikoihin kuuluivat kaikki sellaiset viat, joita oli raportoitu vain yksittäisiä kappaleita tai muita vastaavanlaisia, joita ei voitu aiemmin esitettyjen kriteerien perusteella järjestää. Kuviosta 6 selviää, miten uusien 3-laitteiden sähköiset viat jakautuivat näiden kriteerien mukaan.



KUVIO 7: Sähköisten vikojen jakautuminen tyypeittäin.

Kuvioon 6 on selvitetty kaikkien uusien 3-laitteiden sähköiset viat niiden tyyppin mukaan. Joissain vikailmoituksissa oli pieniä päällekkäisyyksiä vikatyypeissä, mutta tulokset määriteltiin vakavamman vikatyypin mukaan. Esimerkiksi viallisen kytkennän aiheuttama anturivika kirjattiin kytkentävikatyyppiin, sillä anturivika saattaa näissä tapauksissa johtua viallisesta kytkennästä. Tällaisessa tapauksessa kytkentävika oli siis merkittävämpi kuin anturivika.

Kuviosta huomataan selkeästi puutteellisten tai viallisten kytkentöjen, sekä anturivikojen suuri osuus kaikista sähköisistä vioista. Muiden vikojen osuus on myös suuri, mutta se käsittää suuren osan erilaisia yksittäisiä vikatapauksia. Näitä olivat esimerkiksi MFA-moduulin viallinen toiminta, tuulilasinyyhkijöiden moottorien rikkoutuminen, näyttöjen vialliset toiminnat, termostaattien rikkoutumiset sekä erilaiset jännitesyötön ongelmat.

Puutteelliset ja vialliset kytkennät olivat useimmiten rikkoutuneita kaapeleita tai johdosarjoja, väärin asennettuja liittimiä sekä väärin liittimiin kytkettyjä johtimia. Anturivikoihin taas kuului erilaisten antureiden yllättävät toimintahäiriöt, sisäisesti hajonneet anturit sekä ne epäselvät tapaukset, joissa ei ollut varmuutta ulkoisen tekijän aiheuttamasta anturirikosta.

Kytkinviat olivat suurilta osin kytkimien sisäisiä toimintahäiriöitä. Useassa tapauksessa kytkimen koskettimet olivat hitsautuneet tai muuten jääneet kiinni toisiinsa, jonka takia kytkin ei enää vaihtanut tilaansa. Osassa tapauksista ei ollut erikseen eritelty kytkinvian perimmäistä syytä, mutta vikaselosteeseen oli kirjattu kytkimen rikkoutuneen.

Ulkoisen voiman tai tapahtuman aiheuttamiin vikoihin laskettiin kaikki ne sähköjärjestelmän tai sen osien rikkoutumiset, jotka aiheutuivat joko sääolosuhteista, sähköosiin kohdistuneista iskuista tai muista vastaavista tapahtumista. Lähes kaikki tähän vikatyyppiin lajitelluista raportoinneista johtui sääolosuhteista. Komponentit olivat joko päästäneet vettä sisäänsä tai syöpyneet rikki.

Pumpuille tai moottoreille raportoidut viat johtuivat useimmiten niiden vääränlaisesta toiminnasta, ja niiden aiheuttamista muista komponenttirikoista. Pumppu- ja moottoririkot olivat useimmiten sekoittaneet sähköjärjestelmää, ja muutamassa tapauksessa vikaa ei oltu löydetty enää sen jälkeen kun pumppu tai moottori oli korjattu taikka vaihdettu.

Latauksen ongelmia ja puutteellisia laitteita oli muutamia kappaleita, mutta niissä ei ollut mitään varsinaista yhdistävää tekijää. Ne olisi voitu raportoida myös muihin vikoihin, mutta koska niitä kuitenkin oli useampia, ne lajiteltiin omiksi ryhmikseen.

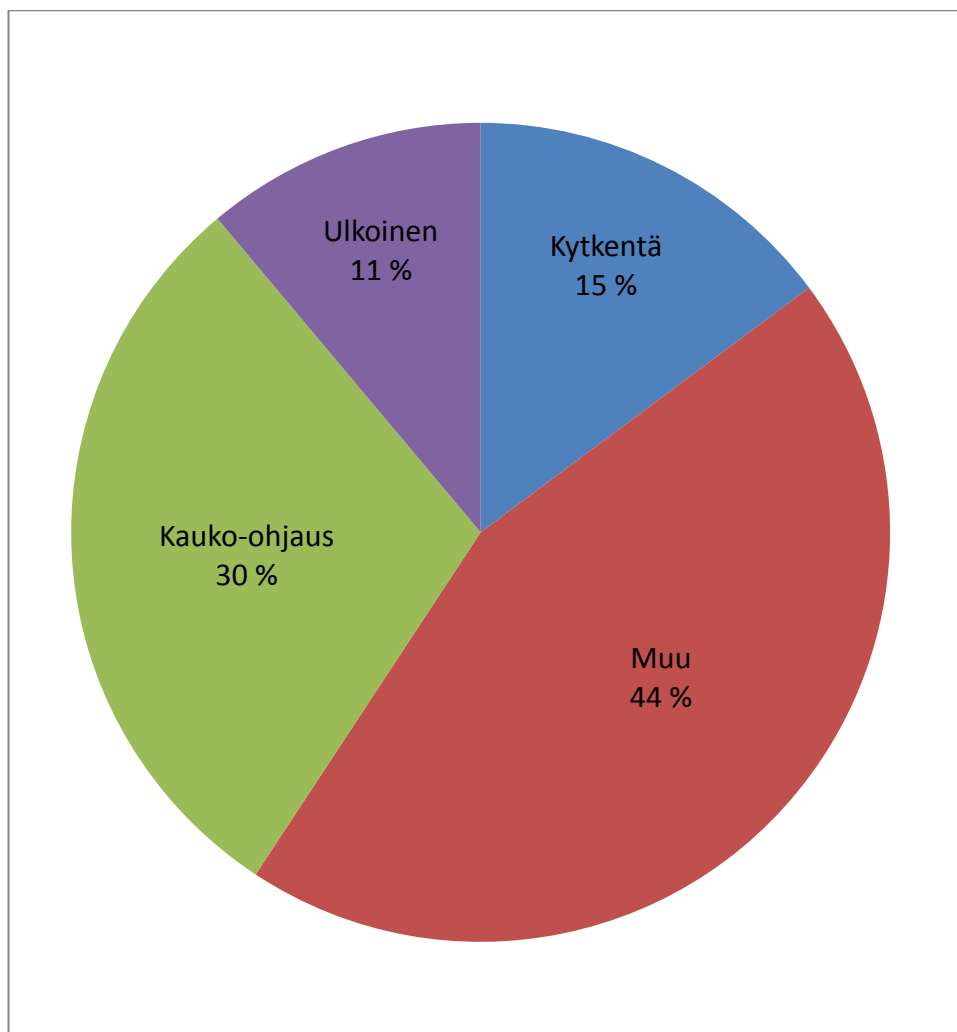
3.3.4 Laite 4

4-laitteille vikailmoituksia oli raportoitu vikatietokantaan sen keräysaikana yhteensä C kappaletta. Näistä uusien laitteiden vikoja oli kaikkiaan O kappaletta, joka on siis 29 prosenttia kaikista vikailmoituksista. 3-laitteiden tietokanta oli oma kokonaisuutensa, ja se oli koottu kaikista 3-laitteperheen laitteista. Näistä muutamat vanhimmat, tai yksittäisinä kappaleita valmistetut laitteet, jätettiin tämän opinnäytetyön ulkopuolelle, koska niitä ei enää valmisteta tai niitä on toimitettu vain yksittäiskappaleita erityistarpeeseen.

Aluksi tietokannasta poistettiin niistä laitteista tehdyt vikailmoitukset, joita ei haluttu ottaa mukaan käsittelyyn. Tämän jälkeen tietokanta järjestettiin moottorin käyntituntimäärän mukaan nousevaan järjestykseen, kuten edellisetkin tietokannat. Näistä poimitiin vielä kaikki uudet laitteet joko käyntituntien, tai vikailmoituksen päiväyksen ja sarjanumeron perusteella.

Lopuksi tuloksina taulukosta löydettiin kaikki sähköiset viat uusissa laitteissa. Näitä oli yhteensä P kappaletta. Tämä on siis 6,6 prosenttia kaikista vikailmoituksista, ja 29,0 prosenttia uusien laitteiden vikailmoituksista.

4-laitteiden sähköiset viat jaettiin myös vikatyypeittäin sarjoihin. Näitä olivat kauko-ohjauksen ongelmat, kytkentöjen puutteellisuus tai viallisuus, ulkoisen voiman tai tapahtuman aiheuttamat komponenttiviadat ja muut sähköiset viadat, joita ei voitu järjestää edellisiin tyyppeihin, tai joita oli vain yksittäisiä ilmenemisiä. Kuviossa 8 näkyy näiden vikatyypien suhteutuminen sähköisten vikojen kokonaismäärään.



KUVIO 8: Sähköisten vikojen jakautuminen tyypeittäin.

Kuvion 8 mukaan selkeästi suurin osa raportoiduista sähköisistä vioista uusissa laitteissa on muita, yksittäisiä vikoja. Näitä olivat avainkytkimen ja hätäkytkimen viallinen toiminta, kierroslukumittarin ja moottorituntimittarien vioittumiset, hajonnut rele, sulake sekä potentiometri ja moduulien yllättävät vikatilanteet. Nämä muut viat olivat selkeästi yksittäistapauksia, eikä niiden välillä ollut erityisiä yhteneväisiä piirteitä.

Sen sijaan kauko-ohjauksesta raportoidut vikailmoitukset noudattivat hyvin pitkälti samaa kaavaa: lähes kaikki raportoidut kauko-ohjauksen ongelmat johtuivat viallisesta antennista. Tämä ilmeni lähettimen ja vastaanottimen yhteyden katoamisena. Kaikissa näissä tapauksissa antenni oli vaihdettu uuteen. Osassa tapauksista vika oli uusiutunut uudellakin antennilla, ja antenni oli jouduttu vaihtamaan useaan kertaan viallisten antennien takia. Yhteistä näissä tapauksissa oli myös se, että ohjaus toimi kun kauko-ohjaimen kytki laitteeseen kaapelilla, ja ainoastaan yhtä tapausta lukuun ottamatta antenniviat oli raportoitu yhdestä tietystä 4-tyypin laitteesta.

Myös kytkentävikojen osuus kaikista uusien laitteiden sähköisistä vioista oli kohtuullisen suuri. Niissä ei kuitenkaan ollut juurikaan yhteisiä tekijöitä, vaan ne olivat yksittäistapauksia, kuten löysäksi jääneitä tai löystyneitä liitoksia, katkenneita kaapeleita tai kokonaan kytkemättömiä piirejä. Vikailmoituksiin oli kirjattu myös yksi väärin päin kytketty komponentti.

4-laitteilla oli kaiken kaikkiaan kohtuullisen vähän sääolosuhteiden tai ulkoisen voiman aiheuttamia sähkövikoja. Tietokantaan oli raportoitu kaksi samantyyppistä antennivikaa. Näissä antenni päästi vettä sisään, joka aiheutti kauko-ohjauksen toimimattomuutta. Lisäksi valon rikkoutuminen liian vilkkaasti liikkuvan puomin takia laskettiin ulkoisen voiman aiheuttamiin sähkövikoihin.

3.4 Yhteenveto

Vikatyyppianalyysin tarkoituksena oli selvittää, löytyykö laitteiden tietokantoihin kirjatusta vikailmoituksista jonkinlaista yhteneväisyyttä joko laiteperheittäin tai -tyypeittäin. Lisäksi tarkoituksena oli tutkia eri laiteperheiden vikojen suhteutumista toisiin laiteperheisiin.

Tämän vikatyyppiselvityksen selkein tulos on, että kullekin laiteperheelle raportoiduista vikailmoituksista suurin osa käsitteli viallisesti toimivia komponentteja. Näitä olivat esimerkiksi erilaiset anturi- ja kytkinviat, jotka selkeästi haittasivat koneen käyttöä, tai jopa estivät sen. Sen sijaan kytkentävirheitä ei kaiken kaikkiaan laitteista ollut raportoitu kovinkaan paljon. Kaikissa laiteperheissä 3-laitteita lukuun ottamatta kytkentävirheiden osuus vikailmoituksista oli hieman yli kymmenen prosenttia. 3-laitteilla sen sijaan kytkentävirheiden osuus oli huomattavasti muita laitteita suurempi, 23 prosenttia. Tämä on selkeä tilastollinen poikkeama.

Merkittävämpiä havainnoituja vikoja olivat myös 2-laitteen ilmankosteusanturin päivitys, josta oli tehty huoltotiedote asiakkaille. Tämä päivitys oli tehty vikailmoitusten perusteella: tietokantaan oli selkeästi kirjattu useampia poikkeamia juuri kyseisestä anturista, ja tämän jälkeen siitä oli tehty huoltotiedote.

Myös 4-laitteiden, ja varsinkin yhden tietyn 4-tyyppin laitteen kauko-ohjauksen ongelmat olivat huomattavia. Kyseiselle laitetyypille oli kirjattu suuri määrä vikailmoituksia kauko-ohjauksen ongelmiin liittyen. Kokonaisuudessaan näitä oli kirjattu tietokantaan 30 prosentin verran kaikista uusien 4-laitteiden sähköisistä vioista. Tämä määrä on todella merkittävä.

Muita suurempia poikkeamia ei tilastosta huomattu. Suurin osa raportoiduista vikailmoituksista käsitteli yksittäisiä viallisia komponentteja, joiden ilmenemisessä ei ollut minkäänlaista kaavaa tai toistoa. Näissä yksittäisissä komponenttiongelmassa taustalla saattaa olla jonkinlaiset pienet laadulliset poikkeamat normaalista, tai mahdollisesti komponentteja erityisesti rasittava käyttöympäristö.

4 SÄHKÖTESTAUS

Pintaporalaitteiden sähkötestaus toteutetaan useissa eri vaiheissa. Laitteiden sähkökoonpanot testataan tavallisesti hajautetusti jo kokoonpanovaiheessa, ja lopuksi valmiille laitteelle tehdään vielä lopputarkastus Sandvikilla ennen asiakkaalle toimitusta.

Sähkötestauksen tutkimista varten vierailtiin paikassa, jossa kootaan 1- ja 2-laitteiden MP-sähkökeskukset (Main Power, pääsähkö), sekä 1-, 2- ja 3-laitteiden johtosarjoja, I/O-lautoja kaapeleineen ja joitakin yksittäisiä kaapeleita.

Vierailun aikana tutustuttiin yksityiskohtaisemmin pintaporalaitteiden sähkökoonpanoihin. Matkan tärkein tavoite oli saada käsitys siitä, mitä sähkökoonpanoista testataan ja miten se toteutetaan. Tällaista tietoa ei aiemmin ollut saatavilla, joten sähkötestauksen osuudessa vierailun aikana keskityttiin selvittämään testauksen vaiheet. Lisäksi mietittiin miten testausta voisi parantaa, ja miten sen dokumentointi tulisi järjestää, jotta Sandvikilla olisi aina ajantasainen tieto testattavista kokoonpanoista.

Sähkötestaukseen tutustumisen ensisijainen tarve lähti Sandvikin pintaporalaitteiden sähkösuunnittelutiimistä, sillä tiimillä ei ollut tarkkaa käsitystä siitä, mitä pintaporalaitteiden kokoonpanoista testataan, ja miten testit käytännössä toteutetaan. Lisäksi haluttiin selvittää, pystytäänkö testausta mahdollisesti jotenkin kehittämään niin, että se palvelisi sekä Sandvikin että Sandvikin asiakkaiden tarpeita paremmin. Sähkötestauksen tunteminen ja sen vaiheiden ymmärrys auttaa myös mahdollisissa vianhakutilanteissa, kun tiedetään, mitä on testattu, ja miten testaus on toteutettu.

4.1 Nykyinen sähkötestaus

Nykyiseen sähkötestaukseen tutustuttiin Sandvikin hajautetussa kokoonpanopaikassa. Testausmallina oli 1-laitteen pääsähkökaappi, ja testausta käsiteltiin tarkemmin tämän kannalta. Asiaa käsiteltiin myös yleisesti tutkien sitä, mitä kaikkea pintaporalaitteesta testataan ja miten testaus kunkin kokoonpanon osalta toteutetaan. Lisäksi tutkittiin dokumentointia testauksesta, ja mietittiin testauksen osalta myös mahdollisia kehityskohteita. Nykyinen sähkötestaus selvitettiin pääsääntöisesti 4.3.2015 toteutetun haastattelun perusteella.

Tässä perehdytään ainoastaan niihin asioihin, joita tässä kyseisessä hajautetussa testauspaikassa selvitettiin, joten muiden testauspaikkojen toimintatapoja ei ole tässä työssä käsitelty. Tämä selvitys kuitenkin auttaa ymmärtämään myös muille kokoonpanoille tehtävää sähkötestausta ja mahdollisesti kehittämään myös muiden kokoonpanojen ja testauspaikkojen testaustapoja ja dokumentointia.

4.1.1 Testattavat kokoonpanot

Testausosuudessa käsitellyssä paikassa valmistetaan ja testataan sähkökeskuksia, johtosarjoja, I/O-lautoja kaapeleineen sekä pienempiä yksittäisiä kaapelikokoonpanoja. Sähkökeskuksiin kuuluvat isot pääsähkökaapit ja pienemmät kotelokokoonpanot. Näistä kaikista kokoonpanoista testauksen piiriin kuuluvat kaikki muut, paitsi yksinkertaiset yksittäiset kaapelikokoonpanot. Näitä ei ole koettu järkeväksi testata, sillä testaus tapahtuisi käytännössä yleismittarilla. Näiden kokoonpanojen testauksen hyötyjä ei ole koettu niin suuriksi, että testaukseen käytettäisi aikaa. Nämä yksinkertaisemmat kaapelikokoonpanot ovat usein yksittäisiä kaapeleita, joissa on vain muutama johdin. Näihin asennetaan liitin kumpaankin päähän kaapelia, tai joissain tapauksissa kaapelin toinen pää jätetään tyhjäksi. Asennukset ovat siis yksinkertaisia, ja kaapelin kokoonpanossa erehtymisen ja kytkentävirheiden todennäköisyys on hyvin pieni.

Sähkökeskukset, johtosarjat sekä I/O-laudat kaapeleineen testataan aina kokonaan. Suurin osa testauksesta onnistuu valmiilla testausohjelmalla ja -paneelilla, mutta varsinkin joissain uudemmissa kokoonpanoissa joudutaan testaamaan paljon komponentteja myös pinnillä ja yleismittarilla.

4.1.2 Testausmenetelmät

Kotelokokoonpanot

Kaikki sähkökotelokokoonpanot testataan omassa testauspisteessään käyttäen testeriä sekä testausta varten rakennettua testauspaneelia. Testauspaneeliin on rakennettu liittynät varsinaista poralaitetta mukaillen. Näin testauksesta saadaan mahdollisimman todel-

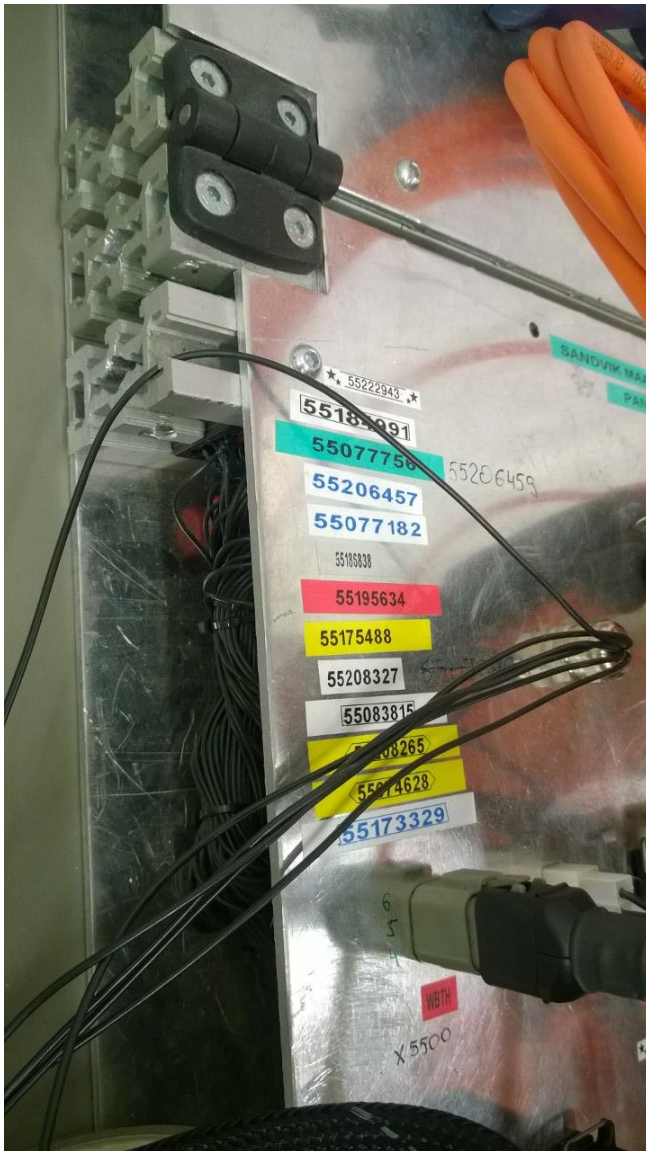
lista tilannetta vastaava toteutus. Osaan sähkökoteloista on jo kokoonpanovaiheessa kytketty kaapeleita tai johtosarjoja. Näille on myös omat liityntäpaikkansa testauspaneelissa. Lisäksi koteloon kytketään testauspaneeliin rakennetut liitynnät esimerkiksi releille, vastuksille tai muille vastaaville komponenteille.



KUVA 1. Kotelokokoonpanon testaus

Kuvassa 1 on esitetty kotelokokoonpanon testauspiste. Kuvassa vasemmalla on testauspaneeli, johon liitynnät kotelosta tehdään, ja testauspaneelin takana on itse testauslaite. Kuvassa oikealla on testattava kotelokokoonpano.

Testeriiin on ladattu ohjelmat jokaiselle testattavalle kokoonpanolle. Lisäksi testauspaneeliin on merkitty liitynnät erikseen jokaiselle kokoonpanolle, sillä jokaisen kokoonpanon liitynnät poikkeavat hieman toisistaan. Erilaisten kokoonpanojen liitynnät on merkitty testauspaneeliin väri- ja koodimerkinnällä (kuva 2). Näin myös testaaja kykenee erottamaan liityntöjen erilaisuudet toisistaan helposti. Tämä selkeyttää testauksen toteuttamista, sillä näin säästetään myös aikaa, kun kotelokokoonpanoa liitetään testauspaneeliin. Lisäksi testausinsinööri on luonut jokaiselle kotelokokoonpanolle omat ohjeensa siitä, mitkä osat testerin ohjelma testaa ja mitkä kytkennät tulee testata pinnitai yleismittaritestauksella.



KUVA 2. Testauspaneelin kytkentöjen merkintäkoodit kokoonpanoittain

Testerin ohjelma testaa aina siihen ohjelmoidut liityntöjen yhteydet. Testeriohjelma siis käytännössä testaa kahden pisteen yhteyden. Jos yhteys ei ole kunnossa, testeri ilmoittaa siitä näytöllä (Kuva 3). Jos yhteys on kunnossa, testeri siirtyy automaattisesti testaamaan seuraavan määritellyn yhteyden niin kauan, kunnes testiohjelma on päässyt loppuun asti. Kun testin aikana ilmenee virhe kahden pisteen välisessä yhteydessä, testeri ilmoittaa siitä näytöllä kertoen, minkä kahden pisteen välillä yhteyttä ei löydetä. Tämä testiohjelma löytää kytkentävirheet ja testaa esimerkiksi vastuksien toiminnan tai niiden puutteet.



KUVA 3. Testausohjelma ilmoittaa virheelliset yhteydet

Testaus tehdään jännitteettömänä, ja testerin käyttämät virrat ovat hyvin pieniä. Siksi komponenttien toimintaa ei voida varsinaisesti testata releiden koskettimien toimintaa lukuun ottamatta. Releisiin siis kytetään erillinen liitin, jolla kytetään testaamaan koskettimien toiminta. Myös erilliset hätäkytkimet tai muunlaiset käyttökytkimet testataan testiohjelman aikana. Nämä käytetään testausohjeissa annetuissa tiloissa, ja testiohjelma ilmoittaa, jos ne toimivat virheellisesti tai niiden toiminta ei ole testausohjelman mukainen.

Testausohjelman päättäessä ohjelman näytössä tulee lukea teksti ”GOOD” (hyvä), jotta testi on mennyt läpi hyväksytysti. Usein testi joudutaan uusimaan muutaman kerran, jotta testin toiminta voidaan myös todentaa. Testerillä tehdyn testauksen jälkeen suoritetaan vielä pinni- ja yleismittaritestaus. Tämän testausvaiheen pituus ja testattavien yhteysien määrä riippuu täysin kotelokoonpanosta ja varsinkin sen versiosta. Uudemmil- le versioille ei ole aina keritty päivittää testausohjelmaa, joten pinni- ja yleismittarites- tauksen osuus saattaa olla suurikin.

Pinnitestausta varten testeriin on myös laadittu ohjelma, joka ilmoittaa aina kytkentäpis- teen osoitteen. Kun pinni asetetaan esimerkiksi liittimeen X5_33, tulee näytöllä lukea sen osoite K1_3. Nämä osoitteet ja liittimien koodit riippuvat kotelokoonpanosta, mutta pinnitestauksen periaate on kaikissa näissä samanlainen. Testeri siis näyttää osoit- teen, johon pinnillä testattava liitin on kytketty. Pinnitestausta varten on laadittu lista,

johon on kirjattu kaikkien liittimien osoitteet. Jos testeri näyttää poikkeavia osoitteita näihin listattuihin verrattuina, on kotelon kytkennöissä jonkinlainen poikkeavuus. Pinnitestausta siis käytetään tilanteissa, joissa yhteyttä ei ole toiseen pisteeseen. Esimerkiksi riviliitinten toiset puolet voidaan testata näin.

Yleismittarilla testataan kahden pisteen yhteys keskenään. Näin voidaan esimerkiksi testata kotelon maadoitusten jatkuvuus. Myös yleismittaritestauksen määrä riippuu täysin kokoonpanosta. Joissakin koteloissa voi olla paljonkin yleismittaritestausta, jos esimerkiksi testauspaneeliin ei vielä ole päivitetty mallin mukaisia liittinten vastinkappaleita.

Johtosarjakokoonpanot ja I/O-lautakokoonpanot

Johtosarjat ja I/O-lautakokoonpanot testataan myös käyttäen testeriä ja testauspaneelia. Lisäksi jonkin verran näissä joudutaan käyttämään myös yleismittaritestausta. Jotkin johtosarjat saatetaan liittää suoraan kotelokokoonpanoihin ja testata näiden yhteydessä.

Testauspaneeliin on merkitty myös näitä kokoonpanoja varten omat kytkentäohjeensa. Lisäksi johtosarjoja ja I/O-lautakokoonpanoja varten on piirretty kytkentäkartat kokoonpanokohtaisesti (kuva 4), jotta kytkeminen testauspaneeliin olisi yksinkertaisempaa eikä vaatisi monen ohjeen lukemista ja tutkimista testausvaiheessa. Myös näissä on käytetty väri- ja numerokoodeja selventämään liityntäpisteitä.

4.1.3 Testauksen ongelmat

Luvussa 4.1.2. Testausmenetelmät käsitellyssä testauksessa on myös ongelmansa. Nämä toki riippuvat esimerkiksi kokoonpanojen elinkaarista ja versioista sekä poralaitteiden tyypeistä.

Suurin ongelma testauksessa on testausohjelmien hidas päivittäminen kokoonpanojen versioiden mukana. Kokoonpanot saattavat muuttua nopeastikin, eikä testausohjelmia aina pystytä päivittämään reaaliajassa. Tämä lisää pinni- ja yleismittaritestauksen tarvetta, kun mahdollisia uusia liityntöjä ei ole vielä päivitetty testauspaneeliin. Testauspaneeli on kuitenkin helposti muuteltavissa, ja poralaitteiden koteloiden ja johtosarjojen liitynnöissä on samankaltaisuuksia.

Pinni- ja yleismittaritestaus lisäävät aina inhimillisten virheiden mahdollisuutta. Näissä minkäänlainen testausohjelma ei ilmoita viallisesta liitynnästä. Testeriohjelman tekemä testaus on aina varmempi kuin käsitestaus. Lisäksi testeriohjelman tekemä testaus on usein huomattavasti nopeampi kuin yksittäin pinnillä tai yleismittarilla testattavat pisteet. Näillä testattavat liittimet ja komponentit on listattu ainoastaan paperille, johon ei mitenkään merkitä, missä vaiheessa testaus on. Näin ollen testauksen keskeytyminen saattaa aiheuttaa ongelmia testausvaiheissa pysymisessä.

Testerillä tehtävään testaukseenkin liittyy pieniä epäkohtia. Tämä testaus ei ilmoita esimerkiksi hieman huonoista kontakteista. Nämä saattavat ilmaantua vasta, kun kotelot ja johtosarjat on asennettu poralaitteeseen. Laitteen ollessa käynnissä sen aiheuttama värinä helposti irrottaa esimerkiksi hieman löysillä liitoksilla olevat johtimet riviliittimiltä. Tällaisia tilanteita ei pystytä nykyisessä sähkötestauksessa demonstroimaan. Koteloiden kytkennät kuitenkin tarkastetaan vielä lopputarkastuksessa ennen kokoonpanojen toimittamista Sandvikille, ja tähän tarkastukseen kuuluu johtimien tarkastus, jossa johtimien kiinnitys tarkastetaan. Johtosarjoissa tämä ei ole mahdollista, sillä liittimet kiinnitetään jo ennen testausta, ja osa liittimistä kiinnitetään suojaputkeen kutistemuovilla. Näin johtimien kireyttä liittimissä ei pystytä mitenkään tarkastamaan.

Testerillä tehtävä testaus on myös jännitteetön ja testauksessa käytettävät virrat ovat pieniä, joten kaikki komponenttiviivat eivät tule tällaisessa testissä esiin. Testausohjelma saattaa antaa liitoksista myös suuntaa antavia virheitä, jolloin vaihtoehtoja vialle saattaa

olla monia. Siksi testausohjelma ei ole täysin yksiselitteinen, ja testausohjelman ilmoittamaa vikaa saatetaan joutua etsimään jonkin aikaa testausvaiheessa. Tämä taas nostaa testausvaiheen kustannuksia työmäärän lisääntyessä. Normaalisti suurempien pääsähkökaappien testaukseen kuluu aikaa noin tunnin verran, jos virheitä on vähäisesti. Jos virheitä taas on enemmän ja niitä joudutaan etsimään kauemmin, testausaika saattaa jopa kolminkertaistua. I/O-lautakokoonpanojen testausajasta suurin osa kuluu kytkentöjen tekemiseen. Normaalitilanteessa kuitenkin kytetään testaamaan noin kolme I/O-lautaa kytkentöineen yhdessä tunnissa. Johtosarjojen testaus taas on selkeästi nopeinta.

4.2 Tietokanta 2

Tietokanta 2 on Sandvikin oma tietokanta, johon kirjataan kaikki Sandvikin vialliset kokoonpanot. Jokainen ilmoitus kirjataan erikseen. Siihen dokumentoidaan tiedot tuotteesta: päivämäärä, jona huomio on tehty, käsittelijän nimi ja Sandvikin tuotekoodit.

Tietokannan tietoja voidaan teoriassa peilata sähkötestaukseen, johon tutustuttiin tässä työssä. Näin voidaan selvittää ne epäkohdat kokoonpanoissa, jotka selkeästi ilmenevät vasta testauksen jälkeen, kun tuote on toimitettu Sandvikille. Tällä tavoin voidaan päästä testauksen toimintaan kiinni paremmin, kun on saatu myös tietoa siitä, miten testaus toimii, ja mitkä asiat testauksesta lipsuvat läpi virheellisinä.

Käytännön sähkötestausta ei kuitenkaan ole tutkittu tai selvitetty aiemmin, joten tietokantaan peilauskaan ei anna välttämättä täysin käyttökelpoista tietoa, sillä hajautetun testauksen käytännöt ovat saattaneet muuttua ajan kuluessa paljonkin. Tietokannasta voidaan kuitenkin selvittää sellaiset poikkeamat, joista on tehty havaintoja usein, sekä mahdolliset kokoonpanot, jotka ovat usein olleet viallisia tai virheellisiä. Tästä saadaan myös oleellista tietoa siitä, onko kokoonpanossa mahdollisesti ollut käytössä vanhat versiot kytkentäkuvista tai kokoonpanoissa käytettävistä komponenteista. Yleensä muutokset kokoonpanoihin ajetaan läpi hitaasti, jolloin uusien dokumentointien pitäisi olla ajoissa ja ajallaan tiedossa. Näin ei kuitenkaan aina ole, varsinkaan tilanteissa, joissa muutos on tehty hyvin nopeasti ja mahdollinen yksityiskohtainen tiedottaminen on jäänyt vaillinaiseksi.

Tietokannasta käsittelyyn otettiin ainoastaan kaikki hyväksytyt ilmoitukset ja vain kaksi suurinta pintaporalaiteiden testaus- ja kokoonpanopaikkaa. Nämä tiedot ja ilmoitukset koottiin taulukkoon 1. Jokainen ilmoitus jaoteltiin sen mukaan, mihin kategoriaan (kotelokokoonpano, johtosarjakokoonpano, kaapelikokoonpano, muut). Kaikkiaan hyväksytyjä ilmoituksia oli tehty näistä kahdesta testaus- ja kokoonpanopaikasta yhteensä Q kappaletta. Nämä jakaantuivat vielä testaus- ja kokoonpanopaikkojen kesken niin, että Testauspaikka 1:stä oli tehty R ilmoitusta ja Testauspaikka 2:stä S ilmoitusta. Ensimmäiset ilmoitukset oli tehty Testauspaikka 2:lle vuonna 2009 ja Testauspaikka 1:lle vuonna 2009. Ennen vuotta 2010 tehtyjä ilmoituksia tietokannassa oli kuitenkin vain muutamia.

TAULUKKO 1. Ilmoitusten jakautuminen kategorioittain.

	Kotelo	Johtosarja	Kaapeli	Muut
Testauspaikka 1	48	64	0	0
Testauspaikka 2	29	5	15	11
yhteensä	77	69	15	11

Taulukosta 1 huomataan, että ilmoitukset jakautuivat hyvin tasaisesti sekä kotelokokoonpanoille että johtosarjakokoonpanoille. Näiden keskinäiset suhteet tosin ovat huomattavasti erilaiset kummankin testauspaikan tapauksessa. Testauspaikka 1:stä koskevia ilmoituksia oli tehty johtosarjakokoonpanoista hieman enemmän kuin kotelokokoonpanoista, mutta Testauspaikka 2 ilmoitusten määrä on selkeästi painottunut kotelokokoonpanoihin.

Ilmoituksia oli tehty tavallisesti puutteellisista kotelokokoonpanoista, kaapelien ja johdinten vääristä pituusmitoista, vääristä kytkennöistä, vääränlaisista komponenteista sekä yleisistä laatupuutteista. Laatupuutteista selkeästi yleisimpiä ja eniten ilmoitettuja olivat koteloiden läpivientien kiristys. Kiristyksissä oli ongelmana joko liian tiukka läpivientien kiristys, tai aivan liian löysälle jätetyt kaapeliläpiviennit.

Monissa ilmoituksissa oli selkeitä samankaltaisuuksia, esimerkiksi useamman kotelon läpiviennit olivat samalla tavoin puutteellisia, mutta sen suurempia yhtäläisyyksiä tai selkeää kaavaa näistä ilmoituksista ei löytynyt.

Joissain kotelokokoonpanoissa oli selkeästi havaittavissa sähkötestauksen ongelmat: monesti oli ilmoitettu koteloista, joista puuttui esimerkiksi osa maadoitusjohtimista tai joissa johtimet oli kytketty riviliittimille väärin. Näin selkeiden puutteiden tulisi ehdottomasti näkyä sähkötestauksessa. Sähkötestauksen tarkastelussa ei tosin huomattu sellaisia asioita, jotka selittäisivät, miksi tällaiset vialliset kokoonpanot läpäisevät sähkötestauksen.

4.3 Sähkötestauksen kehitys

Työn yksi olennainen osa oli tutkia sähkötestausta ja sen pohjalta tutkia myös testauksen kehitysmahdollisuuksia. Kehityskohdat pohjautuvat sähkötestausta seurattaessa ilmenneisiin ongelmiin. Alkutilanteessa pintaporalaiteiden sähkösuunnitteluryhmällä ei ollut käsitystä siitä, miten sähkötestaus toteutetaan tai mitä pintaporalaiteiden sähkökokoonpanoista testataan. Suurin kehityskohta on siis ymmärryksen lisääminen: miten testataan ja voiko testausta kehittää.

Yksi oleellisimmista kehityskohdista tuli ilmi Sandvikin ja testauspaikan tapaamisessa, kun mietittiin, miten sähkötestaus määritellään. Lähtökohtana voidaan pitää sitä, että asiakas määrittelee sähkötestauksen tarpeen. Tässä tapauksessa asiakas on siis Sandvik. Siksi testauksen tarpeen selvitys tulisi tehdä Sandvikilla. Lisäksi tulisi tutkia, mitkä kaikki kokoonpanot on hyödyllistä testata, ja miten niiden testaus tulisi suorittaa. Toimittaja, eli tässä tilanteessa testaus- ja kokoonpanopaikka, voi tehdä ehdotukset ja alku-suunnitelmat testauksien tarpeista ja testausmenetelmistä, sillä toimittaja tietää, miten testauskäytännöt toimivat. Näitä ei täysin asiakkaalla voida päättää, sillä asiakas ei välttämättä ole tietoinen toimittajan käyttämistä laitteistoista ja niiden käyttömahdollisuuksista.

Sähkötestauksen määritelmässä tulisi ilmetä testaukseen tulevien kytkentöjen määrä, mahdolliset toiminnallisuuksien testaukset sekä testaustapa. Esimerkiksi jännitteellinen testaus saattaisi olla joillekin kokoonpanoille hyödyllinen, sillä jännitteellisessä testauksessa mahdolliset yksittäiset komponenttiviivat usein myös ilmenevät. Testauksen määritelmät eivät kuitenkaan kuuluneet tämän opinnäytetyön rajauksiin.

Testausohjelman ja -laitteiston nykyaikaistamisella saatettaisiin saada merkittävää hyötyä laadullisesti. Helposti ja nopeasti päivitettävä testausohjelma mahdollistaisi uudempienkin kokoonpanojen kokonaisvaltaisen testaamisen testerin ja testausohjelmien avulla. Näin välttyttäisiin suurelta osalta pinni- ja yleismittaritestausta, joissa virheiden mahdollisuus on testiohjelmia suurempi. Näin säästettäisiin myös työaika, sillä yksittäisten liittimien ja johdotuksien testaaminen pinnillä tai yleismittarilla vie paljon aikaa.

Tietokanta 2:sta saatujen tietojen perusteella myös sähkötestauksen toimivuus tulisi kokonaisuudessaan tarkastaa. Tietokannassa oli selkeitä havaintoja esimerkiksi puutteellisista kotelokoonpanoista, joista joko puuttui kytkentöjä tai ne olivat selkeästi vääränlaiset. Ehdottomasti tulisi siis tutkia, miksi tällaiset vialliset kytkennät läpäisevät sähkötestauksen, vaikka sähkötestaus tehdään juuri sitä varten, että tällaiset puutteet huomattaisiin. Lisäksi ilmoituksia oli tehty joistain yksittäisistä kaapelikokoonpanoista. Nämä eivät käy läpi sähkötestausta, mutta pohdittava olisi, olisiko mahdollisesti osa yksittäisistä kaapelikokoonpanoistakin testattava. Tällaisia testattavia voisivat mahdollisesti olla sellaiset yksittäiset kaapelikokoonpanot, joiden virheettömyys on tärkeää laitteen toiminnan kannalta. Lisäksi koneessa hankalampiin paikkoihin asennettavat yksittäiset kaapelikokoonpanot olisi mahdollisesti hyvä testata, sillä näiden vianhakuun kuuluu huomattavasti enemmän aikaa ja vaivaa kuin helpommin saavutettavissa olevien kaapelien vianhakuun. Lisäksi tällaisten kaapeleiden vaihtaminen ja korjaaminen on hankalaa ja aikaa vievää, koska niiden asennus ja tarkastus saattaa vaatia isompia purkuoperaatioita itse koneella, ennen kuin kaapelia päästään edes tutkimaan lähempää.

5 POHDINTA

Työn tavoitteina oli luoda sähkö- ja automaatio suunnittelutiimille käsitys uusissa, sähkötestatuissa laitteissa ilmenevistä vioista. Lisäksi työn tavoitteena oli tutkia sähkötestausta, ja sitä, miksi jotkin sähköviat ilmenevät vasta käyttöönoton jälkeen, eivätkä ne jää kiinni itse sähkötestauksessa. Oleellinen osa oli myös selvittää mahdollisia sähkötestauksen kehityskohtia.

Kaikissa näissä kohdissa päästiin tavoitteisiin. Rajauksia jouduttiin tekemään ainoastaan työssä käytettyyn lähdemateriaaliin, ja sähkötestauksen osuudessa keskityttiin ainoastaan hajautetusti kokoonpanoille suoritettavaan sähkötestaukseen. Kokonaiskuvaa poralaitteen sähkötestauksesta ennen toimitusta asiakkaalle ei siis varsinaisesti saatu, mutta jo erilaisten sähkötestauspaikkojen testaustavat auttoivat ymmärtämään testauksen mahdollisia kehityskohtia ja tämänhetkisiä ongelmia.

Vikaselvityksen pohjalta löydettiin muutamia hyvin selkeitä vikatapauksia uusissa laitteissa, mutta suurin osa näistä oli jo huomattu ensimmäistä tietokantaa reaaliajassa tutkittaessa. Tämänkaltaisista vikapoikkeamista tehdään huoltotiedote usein jo hyvin aikaisessa vaiheessa. Tietokannasta selvitetty tilastolliset poikkeamat, esimerkiksi runsaslukuiset samanlaiset ongelmat tietyllä laitetypillä, tutkittiin, ja niiden vikatyypit ja yhtenevät piirteet selvitettiin.

Työ oli omasta mielestäni hyvin onnistunut kokonaisuus, vaikka siihen sidottiinkin kaksi hieman erilaista aihetta. Nämä kuitenkin saatiin sulavasti nivottua yhteen, vaikka niiden lähdemateriaalit poikkesivatkin huomattavasti toisistaan. Sandvikilla koostetut taulukot ovat käyttökelpoisia ja selkeästi laadittu. Tällaisen vika-analyysin pohjalta kyseisiin tietokantoihin voitaisiin yksinkertaisesti luoda vikatyyppejä varten oma sarakkeensa, jolloin tiedot olisi helposti tutkittavissa myöhemminkin. Jo pelkkä luokittelu sähköisiin, mekaanisiin, hydraulisiin ja muihin vastaaviin vikatyyppeihin säästäisi aikaa, jos tietokannan tietoja joskus tämän työn kaltaiseen tyyliin tarvitsisi tutkia.

LÄHTEET

Haastattelu 1. Sandvik Mining and Construction. 4.3.2015. Haastattelija Lintervo Annu.

Kivioja, S. 2010. Standardityöohjeen laatiminen maanalaiselle kallionporauslaitteelle. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Kuosmanen, J. 2013. Testauksen kehitys. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Sandvik Construction kotisivut. 2012. Tuoteosio. Luettu 9.10.2014.
<http://construction.sandvik.com/>

Sandvik intranet. 8/2014.

Tietokanta 1. Sandvik Mining and Construction. Luettu 10.11.2014.

Tietokanta 2. Sandvik Mining and Construction. Luettu 5.3.2015