

# **Sähköasennusten käyttöönotto- tarkastuksen ja dokumentoinnin kehittäminen**

Jani Peltonen

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2019  
Tekniikan ala  
Insinööri (AMK), Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä Peltonen, Jani	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2019
	Sivumäärä 53 sivua	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Sähköasennusten käyttöönottotarkastuksen ja dokumentoinnin kehittäminen</b>		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaajat Vesa Hytönen, Sirpa Hukari		
Toimeksiantaja Caverion Suomi Oyj		
Tiivistelmä <p>Sähköasennuksille on tehtävä käyttöönottotarkastus ja tarkastukset on dokumentoitava ennen laitteistojen käyttöönottoa. Toimeksiantajalla oli tarve kehittää toimintatapoja tarkastuksissa ja dokumentoinnissa.</p> <p>Opinnäytetyö tehtiin avuksi suuren sairaalan sähköistysprojektin toteutusta avustamaan Jyväskylään.</p> <p>Ensisijaisena tehtävänä oli tutkia tietoperustaa hyödyntäen sähköturvallisuuslain, standardin SFS 6000 sekä sähköasennuksia ohjaavien julkaisujen perusteella kehitystoimenpiteitä sähköasennusten käyttöönottotarkastuksiin. Lisäksi tutkittiin erilaisia mahdollisuuksia dokumentoida käyttöönottotarkastusten tuloksia.</p> <p>Opinnäytetyössä selvitettiin kehitystutkimuksen avulla käyttöönottotarkastusten nykytila, minkä jälkeen selvitettiin vaihtoehtoiset toimintatavat. Erilaisia toimintatavoista valittiin relevanteiksi koetut ja näitä toimia tutkittiin käytännössä. Mittaustapoja ja erilaisia dokumentointitapoja vertailtiin perehtymällä mittalaitteiden ominaisuuksiin ja käytännön kokein.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena tehtiin toimeksiantajan käyttöön mittaussuunnitelma ja tehostus toimenpiteiden avulla saatiin kustannustehokkuutta parannettua.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Sähköasennus, käyttöönottotarkastus, mittaus, dokumentointi,		
Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet)		

Author Peltonen Jani	Type of publication Bachelor's thesis	Date May 2019 Language of publication: Finnish
	Number of pages 53 pages	Permission for web publication: x
Title of publication <b>Developing inspection and documentation of electrical installations</b>		
Degree programme Degree program in Electrical and Automation Technology		
Supervisors Vesa Hytönen, Sirpa Hukari		
Assigned by Caverion Suomi Oy		
Abstract  <p>The subject of the thesis was the development of the inspection and documentation of the installation of electrical installations. The electrical installation must be subject to commissioning checks and documented prior to commissioning. The assignor had a need to develop activities in inspection and documentation.</p> <p>The thesis was made to assist the assignor in the implementation of a large hospital electrification project in Jyväskylä.</p> <p>The first task was to find out the requirements for electrical safety law, SFS 6000 standard and other publications guiding electrical installations and explore development suggestions. In addition, digitalization options for documentation were investigated.</p> <p>The thesis used development research. At first it was examined how the inspection now done and research into development activities. The best actions and tried them out in practice.</p> <p>As a result of the thesis, the employer got a measurement plan and cost-effectiveness improvement.</p>		
Keywords/tags (subjects) Electrical installation, commissioning inspection, measurement, documentation,		
Miscellaneous (Confidential information)		

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>4</b>
1.1	Opinnäytetyön taustat ja tavoitteet.....	4
1.2	Yritysesittelyt.....	7
<b>2</b>	<b>Tutkimusasetelma .....</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Käyttöönottotarkastukset .....</b>	<b>9</b>
3.1	Sähköasennuksia ja tarkastuksia koskevat määräykset.....	11
3.2	Aistinvarainen tarkastus.....	12
3.3	Toiminnan tarkastukset ja mittaukset .....	13
3.4	Jännitteettömänä tehtävät mittaukset .....	14
3.4.1	Suojajohtimen jatkuvuuden varmistaminen .....	14
3.4.2	Eristysresistanssin mittaaminen.....	17
3.4.3	SELV- järjestelmä .....	19
3.4.4	PELV- järjestelmä .....	20
3.4.5	Suojaerotus.....	21
3.4.6	Sähköinen erotus.....	22
3.4.7	Lattia- ja seinäpintojen resistanssi tai impedanssi .....	23
3.4.8	Sähkölämmityskaapeleiden ja -kelmujen mittaukset .....	23
3.4.9	Maadoituselektrodin resistanssin mittaus .....	23
3.5	Jännitteisenä tehtävät mittaukset .....	24
3.5.1	Syötön automaattinen poiskytkentä TN- järjestelmässä .....	24
3.5.2	Syötön automaattinen poiskytkentä TT- järjestelmässä.....	27
3.5.3	Syötön automaattinen poiskytkentä IT- järjestelmässä.....	27
3.5.4	Vikavirtasuojan testaus .....	27
3.5.5	Muut tarkastukset .....	28
3.6	Lääkintätilat .....	28
3.6.1	Lisävaatimukset käyttöönottotarkastukseen lääkintätiloissa .....	30
3.6.2	Lääkintä-IT- järjestelmät.....	30
3.6.3	Eristystason valvonta.....	31

<b>4</b>	<b>Käyttöönottotarkastukset.....</b>	<b>32</b>
4.1	Mittaussuunnitelma .....	32
4.2	Mittalaitteet .....	33
4.3	Käyttöönottotarkastuksien ja dokumentoinnin kehittäminen .....	35
<b>5</b>	<b>Tutkimustulokset.....</b>	<b>40</b>
<b>6</b>	<b>Pohdinta.....</b>	<b>41</b>
	<b>Lähteet .....</b>	<b>43</b>
	<b>Liitteet .....</b>	<b>44</b>
	Liite 1. Mittaussuunnitelma .....	44
	Liite 2. Metrel MI-3321 mittausraportti. ....	51
	Liite 3. Käyttöönottomittauksien kansiorakenteen hahmotelma. ....	52
	Liite 4. Maadoitus- ja suojajohtimien jatkuvuusmittaus pöytäkirjapohja. ....	53

**Kuviot**

Kuvio 1. Keski-Suomen sairaanhoitopiiriin kuuluvat kunnat .....	8
Kuvio 2 Suojajohtimien jatkuvuuden toteamisen lohkokaavio .....	16
Kuvio 3 Eristysresistanssin mittaus .....	18
Kuvio 4 SELV- järjestelmä .....	20
Kuvio 5 PELV- järjestelmä .....	21
Kuvio 6 Suojaerotus.....	22
Kuvio 7 Fluke 1664 muistitila .....	36
Kuvio 8. Metrel MI-3321 Mittauksen tallennus .....	38

**Taulukot**

Taulukko 1. Kupari- ja alumiinijohtimien resistanssiarvoja. ....	15
Taulukko 2. Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot.....	19
Taulukko 3. Johdonsuojakatkaisijoiden toimintavirrat ja vaaditut oikosulkuvirrat.....	26
Taulukko 4. Pienimmät gG- sulakkeiden toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot.....	26

# 1 Johdanto

## 1.1 Opinnäytetyön taustat ja tavoitteet

Jyväskylän Kukkumäkeen Keski-Suomen keskussairaalan alueelle valmistuu uusi sairaala Nova elokuussa vuonna 2020. Sairaalan kokonaispinta-ala on noin 100 000 brm<sup>2</sup>. Rakennustyöt on aloitettu elokuussa 2016. (Keski-Suomen sairaala Nova. N.d.) Keski-Suomen uusi sairaala hanke on Suomen sairaala investoinneista mittavin. Kustannusarvio rakennukselle on 411 miljoonaa euroa. ICT-järjestelmä ja lääkinälliset laitteet nostavat kustannukset noin 500 miljoonaan euroon. (Uuden sairaalan kustannusarvio ja aikataulu pitävät, 2018).

Toimeksiantajalla, joka on myös pitkäaikainen työnantajani, on projektista suuri rakennussähköistysurakka. Projektissa toteutetaan rakennuksen neljän alimman kerroksen rakennussähköistys. Kerrosten pinta-ala on noin 70 000 neliometriä, eli noin 70 % koko hankkeen pinta-alasta. Tutkimus- ja vastaanottohuoneita on 360 kpl, leikkaussaleja 24 kpl ja synnytyssaleja 10 kpl. Sähkönjakeluun liittyviä ryhmäkeskuksia urakka-alueella on noin 350 kpl. Sähköistysurakkaan liittyen toimeksiantajalla oli tarve kehittää käyttöönottotarkastusmenetelmiä suurissa projekteissa.

Sähkölaitteiston käyttöönottotarkastus nykymuodossaan on ollut käytössä noin viisitoista vuotta. Käyttöönottomittaukset on alun haasteiden jälkeen saatu soviteltua osaksi asennustyön rutiineja. Kehitettävää on kuitenkin edelleen runsaasti käyttöönottomittausten suorittamisessa sekä dokumentoinnissa. Sähköurakoitsija todentaa kohteen lopullisen sähköasennusten tason, määräystenmukaisuuden sekä laadun hyvin tehdyllä käyttöönottotarkastuksella. (Kiinteistöjen sähköasennusten käyttöönottotarkastukset, 2015, 5).

Käyttöönottotarkastuksen tavoitteena on sähköurakoitsijan toimesta varmentaa määräystenmukaisuus sekä poistaa inhimillisten erehdyksien aiheuttamat virheet sähköasennuksista. Tarkoitus on taata loppukäyttäjälle kohteen turvallinen käyttö.

Varmennustarkastuksen yhteydessä käyttöönottotarkastusdokumentteja tarkastetaan, jotta voidaan todeta asennusten ja mittauksen suorituksen määräystenmukaisuus. Varmennustarkastus ei kuitenkaan poista sähköurakoitsijan lopullista vastuuta kohteen turvallisuudesta. Sähköurakoitsijan on havaittava omassa työssään tekemänsä inhimillisetkin virheensä viimeistään käyttöönottotarkastuksessa. Muutoin virheet jäävät lopullisiin loppuasiakkaan käyttöön luovutettujen kohteiden sähköasennuksiin, joista urakoitsija vastaa myös takuuajan jälkeenkin. (Kiinteistöjen sähköasennusten käyttöönottotarkastukset 2015, 5.)

Sähköalalla tarvittava tiedon suuri määrä ja jatkuvat muutokset ovat arkipäivää. Käyttöönottotarkastuksissa ei epävarmuutta määräystenmukaisuudesta ja lopullisesta laadusta saa kuitenkaan olla. (Kiinteistöjen sähköasennusten käyttöönottotarkastukset 2015, 5.) Sähkötyöturvallisuusstandardissa SFS 6002:2015 + A1:2018 kohdassa 5.3.3.3.5 määritellään, että tarkastuksia saavat tehdä vain ammattihenkilöt, joilla on kokemusta vastaavien asennusten tarkastamisesta. (SFS 6002, 2015, 21). Henkilöstön osaamisen varmistaminen on siis avainasemassa urakoitsijoilla.

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää toimeksiantajan käyttöönottomittausmenetelmiä. Opinnäytetyössä pureuduttiin erittäin suuren ja erityistiloja sisältävän projektin käyttöönottomittauksen toteutuksen suunnitteluun sekä kehittämiseen. Käyttöönottomittauksen suunnittelu oli avainasemassa kohteen laadukkaan ja kustannustehokkaan tarkastuksen varmistamisessa. Kohde on niin suuri, että tarkastuksia suorittavat useat eri henkilöt. Yhdenmukaiset toimintatavat vaativat yksiselitteisen ohjeistuksen, kuinka tarkastukset suoritetaan. Opinnäytetyössä oli myös tavoitteena tutkia mahdollisuutta käyttää tietoteknisiä ratkaisuja apuna käyttöönottomittausdokumenttien hallinnassa.

Toimeksiantajan aiemmissa kohteissa on käyttöönottotarkastuksia suoritettu yleisohjeistuksen mukaan, jolloin tarkastusta tekevä henkilö on voinut vaikuttaa työjärjestykseen. Suorittamalla tarkastukset yhdenmukaisesti koko kohteessa varmistetaan laatu. Kustannusvaikutukset voidaan minimoida kehittämällä toimintatapoja sekä ohjeistamalla käyttöönottotarkastuksia tekeviä henkilöitä. Toimeksiantaja on uusintu myös mittalaitteitaan, joihin ei kaikkien ole saatavilla suomenkielisiä käyttöohjeita.



Tämän opinnäytetyön oli tarkoitus myös olla oppaana kohteen käyttöönottotarkastuksia tekeville henkilöille.

Opinnäytetyössä tutkittiin myös mahdollisuutta käyttöönottomittausten dokumenttien hallinnan digitalisointiin. Käytössä on ollut jo vuosikausia mittalaittevalmistajien ohjelmistoja, joissa käytetään mittalaitteen muistipaikkoja. Ongelmaksi on muodostunut suurissa kohteissa muistipaikkojen nimeäminen. Muistipaikat nimetään yleensä numeerisesti riippuen mittalaitteesta. Tällöin on pidettävä manuaalisesti paperilla tai muulla tavoin ylhäällä, jotta voidaan tietää mikä mittaustulos on kyseessä. Tuloksia mittalaitteesta siirrettäessä ohjelmistoon on mittaukset nimettävä oikein raportille. Pitkään on ollut käytössä myös mittaustulosten kirjaus suoraan pöytäkirjapohjalle. Kummassakin tavassa joudutaan tekemään kirjauksia useaan kertaan, tulostamaan sekä skannaamaan dokumentteja.

Opinnäytetyössä tutkittiin mahdollisuuksia käyttää toimeksiantajalla käytössä olevaa verkkopohjaista älykästä tiedonhallintaratkaisua. Tiedonhallintaratkaisu on nimeltään M-Files. Ajatuksena oli, että mittauspöytäkirjat olisivat esitetyinä M-Filesissä. Tällöin tarkastuksen suorittaja pystyisi kirjaamaan älylaitteella tulokset suoraan lopulliseen pöytäkirjaan. Projektin dokumentit löytyisivät yhdestä ja samasta paikasta.

Aihetta on tutkittu käyttöönottomittausten osalta aiemmin ainakin yhdessä Savonia ammattikorkeakouluun tehdyssä opinnäytetyössä, joka on vuodelta 2015. Kemin ammattikorkeakouluun on tehty myös vuonna 2014 käyttöönottomittauksiin liittyvä opinnäytetyö. Molemmat opinnäytetyöt keskittyivät lainsäädäntöön, tarkastusten ja tilojen vaatimuksiin, eivät niinkään toimeksiantajan tarkastuskäytäntöjen kehittämiseen.

Opinnäytetyön rajaaminen osoittautui haastavaksi projektin laajuuden vuoksi. Opinnäytetyössä päätettiin keskittyä selvittämään voimassa olevat käyttöönottotarkastuksia velvoittavat lait, asetukset ja standardit. Lisäksi tutkittiin kehityskohteet käyttöönottotarkastusten toimintavoissa ja selvitettiin dokumentoinnin digitalisoinnin mahdollisuuksia.

## 1.2 Yritysesittelyt

### **Toimeksiantaja**

Opinnäytetyön toimeksiantajana on Caverion Suomi Oy (tekstissä toimeksiantaja), joka on osa Caverion Oyj:tä. Caverion suunnittelee, toteuttaa, huoltaa ja ylläpitää käyttäjäystävällisiä ja energiatehokkaita teknisiä ratkaisuja kiinteistöille, teollisuudelle ja infrastruktuurille Pohjois-, Keski- ja Itä-Euroopassa. Caverionin vuoden 2017 liikevaihto oli noin 2,3 miljardia euroa. Caverionilla on noin 1600 työntekijää 11 toimintamaassa. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Vantaalla. Caverionin osake (CAV1V) on listattu Nasdaq Helsingissä. (Caverion, n.d).

Caverion Suomi Oy toimii Uusi sairaala Nova- hankkeessa aliurakoitsijana. Toimeksiantaja on sopimussuhteessa SRV Rakennus Oy:n kanssa. Toimeksiantaja vastaa kolmen sähköurakkakokonaisuuden toteutuksesta ja urakoiden aikataulutuksesta yhdessä tilaajan kanssa.

### **Tilaaja**

Projektissa, jossa toimeksiantajalle tehtiin opinnäytetyö, tilaajana toimi SRV Oy (tekstissä tilaaja). SRV on rakennusalan uudistaja ja kehittäjä. SRV on pörssiyhtiö, joka on perustettu vuonna 1987. SRV toimii merkittävimmissä kasvukeskuksissa Suomessa, Venäjällä ja Virossa. Liikevaihto vuonna 2017 oli yli 1,1 miljardia euroa. Työntekijöitä SRV:llä työskentelee reilu 1000 henkilöä. (srv, n.d)

SRV toimii projektinjohtourakoitsijana (PJU) Uusi Sairaala Nova- hankkeessa. PJU vastaa koko kohteen aikataulutuksesta ja toteutuksesta. SRV on sopimussuhteessa Keski-Suomen Sairaanhoidopiirin kanssa.

### **Loppukäyttäjä**

Keski-Suomen sairaanhoidopiirin (tekstissä KSSH) kuntayhtymän omistaa 21 keski-suomalaista kuntaa (Kuvio 1). Keski-Suomen sairaanhoidopiiri on suurin ei-yliopistollinen sairaanhoidopiiri. Lääketieteen erikoisaloista ovat edustettuina lähes kaikki. Sai-

raanhoitopiisissä työskenteli vuoden 2016 lopussa 3643 työntekijää (vakanssit), lääkäreitä oli 469, hoitohenkilöstöön kuului 2156 ja muuta henkilöstöä 1018 sekä liikelaitosten työntekijöitä oli yhteensä 449. Vuonna 2016 toiminnan menot olivat 349,4 miljoonaa euroa (Sairaanhoitopiiri, 2014).

Keski-Suomen sairaanhoitopiiri toimii rakennuttajana Uusi sairaala Nova- hankkeessa.



Kuvio 1. Keski-Suomen sairaanhoitopiiriin kuuluvat kunnat. (Sairaanhoitopiiri,2014.)

## 2 Tutkimusasetelma

Opinnäytetyön tutkimusotteena käytettiin kehitystutkimusta, sekä osittain toimintatutkimuksen menetelmiä. Kehitystutkimuksessa selvitettiin ensin toimeksiantajan toiminnan nykytila. Seuraavaksi kerättiin aineistoa ja selvitettiin vaihtoehdot tutkimusta varten. Lopulta tutkittiin ja kokeiltiin erilaisia vaihtoehtoja ja valittiin tutkimuksien perusteella parhaiten soveltuvat menetelmät käyttöön.

Opinnäytetyössä haettiin vastauksia seuraaviin kysymyksiin eli tutkimuskysymyksiin;

- Mitkä ovat käyttöönottotarkastuksen vaatimukset käytännössä
- Kuinka käyttöönottomittaukset voidaan tehdä tehokkaimmalla tavalla laadusta tinkimättä?
- Onko käyttöönottomittausten digitalisaatio mahdollista tai kannattavaa toteuttaa?

Tutkimuskysymyksiin oli tarkoitus hakea ratkaisuja tutkimuksen aikana tehtävillä kokeilla ja suunnittelulla. Tutkimuksessa käytettiin apuna lähdeaineiston lisäksi omaa kokemustani aiheesta sekä kollegoiden haastatteluita. Lähdeaineistona käytetyn materiaalin luotettavuus on yleisesti todettu oikeaksi. Mittauksia suoritettiin koeympäristössä, joka vastasi todellista ympäristöä riittävän hyvin. Raportin tulokset osiossa vastataan tutkimuskysymyksiin.

## 3 Käyttöönottotarkastukset

Käyttöönottotarkastukset on tehtävä aina ennen uuden asennuksen tai olemassa olevan asennuksen muutoksen tai lisäyksen käyttöönottoa. Standardin SFS 6000-6 osan 61 mukaisesti tehdyllä käyttöönottotarkastuksella täytyvät valtioneuvoston asetuksen (1437/2016) mukaiset olennaiset turvallisuusvaatimukset. Erikoistiloissa on tehtävä standardinmukaisten tarkastusten lisäksi kyseistä erikoistilaa koskevassa

standardissa mainitut lisätarkastukset. Tällaisia erikoistiloja ovat lääkintä- ja räjähdysvaaralliset tilat. Lääkintätilojen osalta tulee noudattaa standardia SFS 6000-7-710: Lääkintätilat. Räjähdysvaarallisten tiloissa noudatetaan standardia SFS-EN 60079-14: Räjähdysvaaralliset tilat; Osa 14: Sähköasennusten suunnittelu, laitevalinta ja asentaminen, sekä käytönaikaisen kunnossapidon ja tarkastusten osalta standardia SFS 60079-17: Räjähdysvaaralliset tilat; Osa 17: Sähköasennusten tarkastus ja kunnossapito. (Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, 2018, 9.)

Käyttöönottotarkastuksen suorittajan tulee olla riittävän ammattitaitoinen. Käytännössä tarkastajan on oltava sähköalan ammattilainen, joka tuntee työhön liittyvät ohjeet ja määräykset. (Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, 2018, 9.) Sähköistys- ja sähköasennusalan työehtosopimuksessa on määritelty järjestelmien koestamiseen ja käyttöönottoon liittyvien mittausten suorittajan sijoittuvan palkkaryhmään 4 tai 5. Alemmissa palkkaryhmissä käyttöönotto tehtävät ja koestus on poisluettu osamista arvioitaessa. (Sähköistys- ja sähköasennusalan työehtosopimus, 2017-2018, 39). Tarkastuksia suorittavat henkilöt tulisi nimetä jo ennen kohteen sähköasennusten käynnistymistä. Muutoin on vaikea varmistua, että työn alkuvaiheessa tarvittavat aistinvaraiset tarkastukset suoritetaan ja että suorittajan pätevyys on riittävä kyseisiin tarkastuksiin. (Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, 2018, 9.)

Testaukset ja tarkastukset sijoittuvat käytännössä koko rakennusajalle. Tämä johtaa siihen, että testausten hallitseminen ja tietotaito edellytetään käytännössä kaikilta sähköalan todellisilta ammattilaisilta. Tulisi pyrkiä tilanteeseen, jossa asentaja itse näkee, milloin käyttöönottotarkastukseen liittyvät tarkastukset kannattaa tehdä. Tällöin palaute inhimillisistä virheistäkin tulee välittömästi oikeille henkilöille ja oppimista tapahtuu. Puutteiden ja vikojen huomaaminen tarpeeksi aikaisessa vaiheessa myös vaikuttaa korjauskustannuksiin. (Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, 2018, 9).

### 3.1 Sähköasennuksia ja tarkastuksia koskevat määräykset

Sähköasennuksia kuten käyttöönottotarkastuksia ohjaavat lait, standardit sekä asetukset, jotka määrittävät vaatimukset sähköturvallisuudelle. Sähköturvallisuuslain tarkoitus on varmistaa sähkölaitteen ja -laitteiston käytön pitäminen turvallisena ja estää sähkön käytöstä aiheutuvien sähkömagneettisten häiriöiden haitalliset vaikutukset ja turvata sähkölaitteen tai -laitteiston sähkövirran tai magneettikentän välityksellä aiheuttamasta vahingosta kärsineen oikeudet. (STL, 2016, 1§) Standardit sisältävät vaatimuksia, suosituksia ja ohjeita. Standardeita on selkeytetty muilla ohjeilla. Alla sähköasennuksia ohjaavat keskeisimmät julkaisut luetteloituna:

- Sähköturvallisuuslaki 1135/2016
- Valtioneuvostonasetus sähkölaitteistoista 1434/2016
- Valtioneuvoston asetus sähkölaitteistosta 1434/2016
- Valtioneuvoston asetus sähkötyöstä ja käyttötyöstä 1435/2016
- Valtioneuvoston asetus sähkölaitteiden ja -laitteistojen sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta 1436/2016
- Valtioneuvoston asetus sähkölaitteiden turvallisuudesta 1437/2016
- SFS 6000 osat 1-6/2017 ja 7-8/2018 Pienjänniteasennukset
- SFS 6001/2018 Suurjänniteasennukset
- SFS 6002:2015 A1 2018 Sähköturvallisuus
- Sähkölaitteistojen turvallisuutta ja sähköturvallisuutta koskevat standardit, Tukes luettelo S10-2019

Standardeja täydentäviä ohjeita löytyy esimerkiksi ST- kortistosta, sekä lukuisista kirjoista, jotka keskittyvät tiettyihin standardin osioihin.

## 3.2 Aistinvarainen tarkastus

Aistinvarainen tarkastus on käyttöönottotarkastusten laajin osa-alue. Aistinvaraiset tarkastukset liittyvät pääosin dokumenttien, merkintöjen, mekaanisen- ja vettä vastaan tehtyihin suojauksiin sekä palo- ja kosketussuojauksiin. Myös tapauskohtaisesti esiin tulevia vaatimuksia, esimerkiksi tilaajan itse määrittämiä vaatimuksia. (Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, 2018, 10).

Ulkoalueille ja kaikille piiloon myöhemmin jääville asennuksille on tehtävä aistinvaraisia tarkastuksia käytännössä koko asennuksen ajan, koska ne ovat vaikeasti tarkastettavia myöhemmin. Tarkastettavia asioita ovat esimerkiksi kaapelin eheys, mekaaninen suojaus, asennussyvyys, merkinnät, kiinnitys, taivutussäteet, kulku lämpöeristeiden ympäröimänä ja tarvittaessa huollettavuus. (Kiinteistöjen sähköasennusten käyttöönottotarkastukset, 2015, 12-15).

Elementtirakentamisessa, kuten pienempiin osiin pilkotuissa rakennusurakoinnissa, osan sähköasennuksista tekee toinen urakoitsija. Tällaisissa tapauksissa aistinvaraisen tarkastuksen tekeminen on yleensä mahdotonta. Näiden osittain toisten urakoitsijoiden tekemien sähköasennuksien osalta täytyisi pyytää töitä tehneeltä urakoitsijalta tarkastuspöytäkirja ja liittää tämä lopulliseen dokumentaatioon. (Kiinteistöjen sähköasennusten käyttöönottotarkastukset 2015, 15).

Aistinvarainen tarkastus tulee sisältää SFS 6000-6:2017 mukaisesti seuraavat tarkastukset, silloin kun ne ovat tarpeellisia, suluissa standardin kohta, jossa lisätietoa aiheesta:

- a) Sähköiskulta suojaukseen käytetyt menetelmät (SFS 6000-4-41)
- b) Palosuojauksien käyttö ja muut palon leviämisen estämiseksi ja lämpövaiikutuksilta suojaamiseksi tehdyt toimenpiteet (SFS 6000-4-42 ja SFS 6000-5-52 luku 527)
- c) Johtimien valinta kuormitettavuuden ja sallitun jännitteenalenneman kannalta (osa SFS 6000-4-43 ja SFS 6000-5-52 luku 523)
- d) Suoja- ja valvontalaitteiden valinta, asettelu, selektiivisyys ja yhteensopivuus (SFS 6000-5-53)
- e) Sopivien ylijännitesuojien valinta, sijoitus ja asennus, jos näitä on vaadittu (SFS 6000-5-53)

- f) Erotus- ja kytkentälaitteiden valinta, sijoitus ja asennus (SFS 6000-5-53 luku 537)
- g) Sähkölaitteiden ja suojausmenetelmien valinta ulkoisten tekijöiden vaikutuksen mukaan (SFS 6000-4-42 kohta 422, SFS 6000-5-51 kohta 512.2 ja SFS 6000-5-52 kohta 522, SFS 6000-8-804)
- h) Nolla- ja suojajohtimien tunnuksiset (SFS 6000-5-51 kohta 541.3)
- i) Piirustusten, varoituskilpien tai vastaavien tietojen olemassaolo (SFS 6000-5-51 kohta 514.5)
- j) Virtapiirien, varokkeiden, kytkimien, liittimien yms. tunnistettavuus (SFS 6000-5-51 luku 514)
- k) Johtimien ja kaapeleiden päätteiden liitosten sopivuus (SFS 6000-5-54)
- l) Maadoituskytkentöjen, suojajohtimien ja niiden liitosten sopivuus (SFS 6000-5-54)
- m) Sähkölaitteiston käytön, tunnistamisen ja huollon vaatima tila (SFS 6000-5-51 luvut 513 ja 514 sekä SFS 6000-7-729)
- n) Sähkömagneettisilta häiriöiltä suojaavat toimet (SFS 6000-4-44 luku 444)
- o) Jännitteelle alttiiden osien kytkentä maadoitusjärjestelmään (SFS 6000-4-41 kohta 411)
- p) Johtojärjestelmien valinta ja asentaminen (SFS 6000-5-52 luvut 521 ja 522)
- q) Yksivaiheisten kytkinlaitteiden kytkentä äärijohtimiin ja äärijohtimen kytkentä lampunpitimessä kantaosaan (SFS 6000-4-46 ja SFS 6000-5-53)

Tarkastukseen pitää sisältyä kaikki asennusten ja erikoistilojen vaatimukset (SFS 6000-6-4). Mikäli kohteessa on standardin SFS 6000 osien 7 tai 8 mukaisia erikoistiloja taikka räjähdysvaarallisia tiloja on varmistettava niitä koskevien ohjeiden ja määräysten toteutuminen siltä osin kuin aistinvaraisesti on mahdollista. (Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, 2018, 15.)

### 3.3 Toiminnan tarkastukset ja mittaukset

Aistinvaraisten tarkastusten lisäksi käyttöönottotarkastukseen kuuluu mittaukset ja toiminnan tarkastukset. Joskus osa mittauksista voidaan korvata laskennallisesti. Näissäkin tapauksissa on suositeltavaa tehdä kokeellisesti joitakin mittauksia ja verrata tuloksia laskennallisiin arvoihin. Mittaamalla on mahdollista varmistaa suojajohtimen jatkuvuus, eristysresistanssi, silmukkaimpedanssi, oikosulkuvirta ja kierto-suunta sekä vikavirtasuojien toimintavirta ja toiminta-aika (Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, 2018, 18).



### 3.4 Jännitteettömänä tehtävät mittaukset

Ennen laitteiston jännitteen kytkentää on mittauksin varmistettava sähkölaitteiston turvallisuus. Tällaisia jännitteettömänä tehtäviä mittauksia ovat;

- Suojajohtimien jatkuvuusmittaus
- asennusten eristysresistanssimittaukset
- SELV- tai PELV- piirien tai suojaerotettujen piirien erotusmittaukset
- lattia- ja seinäpintojen resistanssimittaukset
- maadoituselektrodin resistanssin mittaukset
- jännitelujuuden mittaukset

#### 3.4.1 Suojajohtimen jatkuvuuden varmistaminen

Maadoitus-, suojamaadoitus-, PEN- sekä potentiaalintasausjohtimet ovat suojajohtimia. Suojajohtimien jatkuvuus on varmistettava laitekohtaisesti, eli jokaisesta pistorasiasta ketjutetussa pistorasiaryhmässä. (Kiinteistöjen sähköasennusten käyttöönottotarkastukset 2015, 21.)

Jatkuvuusmittauksissa ei suojajohtimia tarvitse yleensä irrottaa kytkennöistä. TN-S järjestelmässä on irrotettava nolla- ja suojamaadoituksen yhdistys jatkuvuus- ja eristysresistanssin mittauksien ajaksi. Jos nolla- ja suojamaadoitus ovat yhdessä mittauksia tehtäessä ei ole mahdollista havaita väärin kytkettyjä nolla- ja suojamaadoitusjohtimia. (Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, 2018, 19)

Suojajohtimet ovat pääsääntöisesti kuparia, ja näin resistanssi on suhteellisen pieni (Taulukko 1). Mittaustulokset yleensä vaihtelevat arvoissa 0-2Ω. Vain erityisen pitkillä johdinpituuksilla voi arvo ylittää 2Ω. (Kiinteistöjen sähköasennusten käyttöönottotarkastukset 2015, 22.) Monissa teollisuuskohteissa on lisävaatimus, jonka mukaan on suojajohtimen jatkuvuuden resistanssin oltava alle 1Ω. Suojajohtimien resistanssin mittauksen lohkoaviossa (kuvio 2.) on esitetty mittauksen toimintajärjestys.

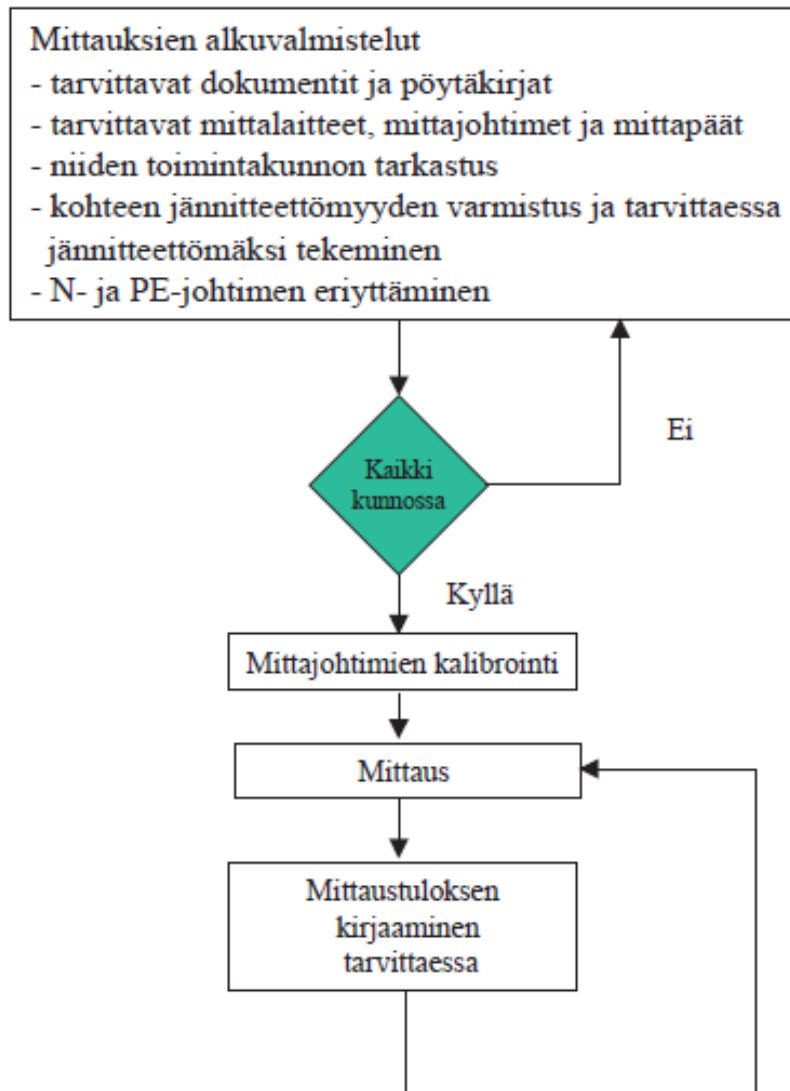
Taulukko 1. Kupari- ja alumiinijohtimien resistanssiarvoja. (Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, 2018, 22.)

Johdin- poikki- pinta-ala mm <sup>2</sup>	Kuparijohdin		Alumiinijohdin	
	Resistanssi metriä kohti Ω	Resistanssi 100 metriä kohti / Ω	Resistanssi metriä kohti Ω	Resistanssi 100 metriä kohti / Ω
1,5	0,0115	1,15	–	–
2,5	0,0069	0,69	–	–
4	0,0043	0,43	–	–
6	0,0029	0,29	–	–
10	0,0017	0,17	–	–
16	0,0011	0,11	0,0018	0,18
21	0,0008	0,08	–	–
25	0,0007	0,07	0,0011	0,11
35	0,0005	0,05	0,0008	0,08
41	0,0004	0,04	–	–
50	0,00035	0,035	0,0006	0,06
57	0,0003	0,03	–	–
70	0,00025	0,025	0,0004	0,04
95	–	–	0,0003	0,03
120	–	–	0,00024	0,024
150	–	–	0,00019	0,019
185	–	–	0,00015	0,015

Erikoistiloissa kuten tilaluokan G2 lääkintätiloissa suojajohtimien ja liitosten resistanssi lisäpotentiaalintasauskiskon ja kulutuslaitteen taikka johtavien osien välillä ei saa ylittää 0,2 Ω. (D1-2017, 2017, 387) Resistanssi on huomattavan pieni, jolloin suunnitteluvaiheessa on kiinnitettävä erityistä huomiota johtoreitteihin, koska sallitut johtojen pituudet ovat lyhyitä. Esimerkiksi poikkipinnaltaan 2,5mm<sup>2</sup> johtimen maksimipituus on taulukon 1 mukaisesti:

$$\frac{100m}{0,69\Omega} * 0,2\Omega = 28,98m$$

Standardissa suositellaan lääkintätiloissa tilaluokkaan G2 kuuluvissa tiloissa käytettäväksi mittausvirtana 10 A:n testivirtaa. (SFS 600-1-2:710X.61, 2017, 120) Mittausvirtana käytettäessä 200 mA:n sijasta 10 A saavutetaan merkittäviä hyötyjä mittausta-kuuteen liittyen, sekä suurella virralla löydetään helpommin mahdolliset löysät liitokset, lisäksi suuremmalla virralla on liitoksia puhdistava vaikutus. Lisää lääkintätilojen vaatimuksista ja tilaluokista on kerrottu luvussa 3.6.



Kuvio 2. Suojajohtimien jatkuvuuden toteamisen lohkokaavio (Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, 2018, 21).

Mittausjohtimien resistanssi kompensoidaan joko mittarissa tai muutoin se on vähennettävä mittaustuloksesta. Ensimmäinen mittaus tulisikin tehdä mittajohdot yhteen kytkettyinä, jolloin voidaan havaita, onko mittajohtimet kompensoitu. (Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, 2018, 19).

Mittausjohtimien, liitospäiden sekä liitosten kuntoon on kiinnitettävä erityistä huomiota, koska niillä on voi olla suuria vaikutuksia mittaustuloksiin.

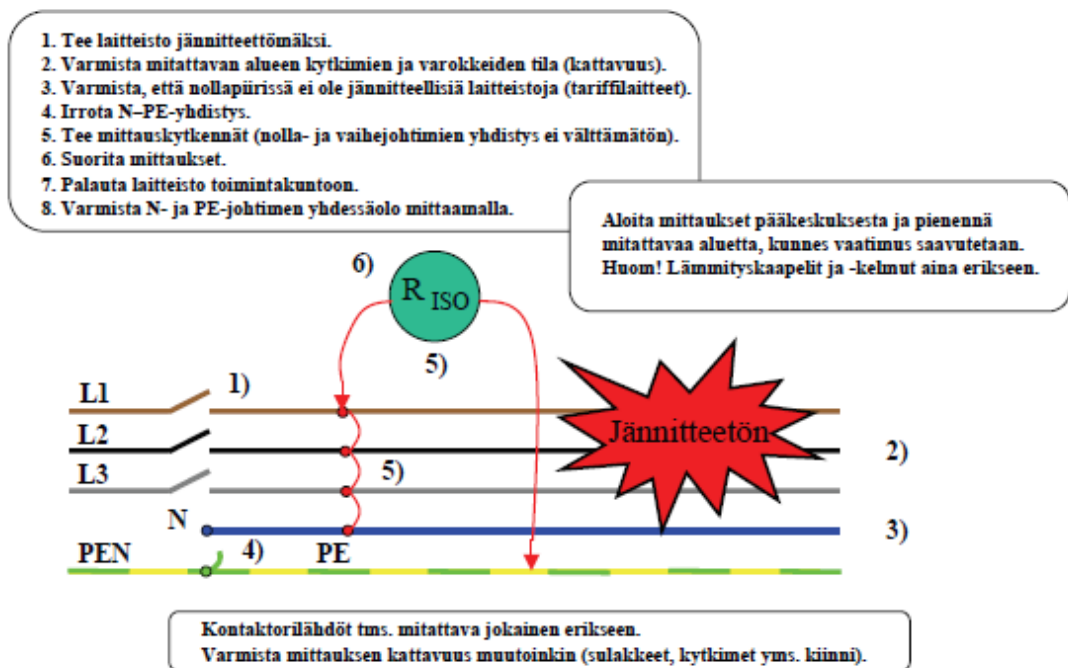
Mittaustuloksista kirjataan ainakin keskuskohtaisesti heikoin arvo eli suurin resistanssi. Mittauspiste on kirjattava siten, että tiedon perusteella voidaan mittaus uusia myöhemmin. Sähköturvallisuuslain (STL 1135/2016 43 §) mukaisesti kaikkien mittausten tulokset on luovutettava laitteiston haltijalle. Ennen mittausten aloitusta on selvitettävä kohteen vaatimukset ja käytännöt. (Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, 2018, 20).

Erikoistiloja sisältävissä kohteissa voidaan vaatia kaikkien mittaustulosten dokumentointia määräaikaistarkastuksia varten, tällöin käytössä tulisi olla mittauspistekaavio. Lääkintä- ja räjähdysvaarallisissa tiloissa yleisesti vaaditaan myös kaikkien tilaluokkien mittausten dokumentointia.

### 3.4.2 Eristysresistanssin mittaaminen

Eristysresistanssin mittaus on SFS 6000 standardissa esitetty tehtäväksi vasta suoja-johtimien jatkuvuusmittausten jälkeen, on järkevää tehdä eristysvastusmittaus ensimmäisenä. Standardissa on mainittu mahdollisuus tähän. (Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, 2018, 23). Tehtäessä eristysvastusmittaus ensimmäisenä on tämä nopein tapa paikallistaa suurin osa asennusvirheistä tai keskeneräisistä asennuksista. (Lintula, 2018, 11.)

Eristysresistanssimittaus tehdään nolla- ja PE-johtimet erillään. Eristysresistanssi mitataan kaikkien jännitteisten johtimien ja maan väliltä (Kuvio 3). TN-S- järjestelmässä nollajohdin katsotaan jännitteiseksi johtimeksi. Mittauksen ajaksi äärijohtimet ja nol-lajohtimet kytketään rinnan. Näin voidaan mitata esimerkiksi kokonaisen ryhmäkeskuksen ja ryhmäjohtojen eristysresistanssi yhdellä mittauksella. (Kiinteistöjen sähköasennusten käyttöönottotarkastukset 2015, 27).



Kuvio 3 Eristysresistanssin mittaus (Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, 2018, 27)

Mitattavien piirien sisältäessä elektronisia komponentteja, ylijännitesuojia, liitäntälaitteita yms. laitteita, jotka todennäköisesti vaikuttavat mittaukseen tai voivat rikkoutua mittauksessa, on nämä erotettava ennen mittauksia. Jos laitteita ei voida kohtuudella erottaa, voidaan koejännitettä pienentää 250V:n tasajännitteeseen, mutta eristysresistanssin on oltava edelleenkin vähintään  $1\text{M}\Omega$ . Meneteltäessä näin on tarkastuspöytäkirjaan kirjattava kyseisestä menettelystä. (Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, 2018, 23) Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot on esitetty taulukossa 2.

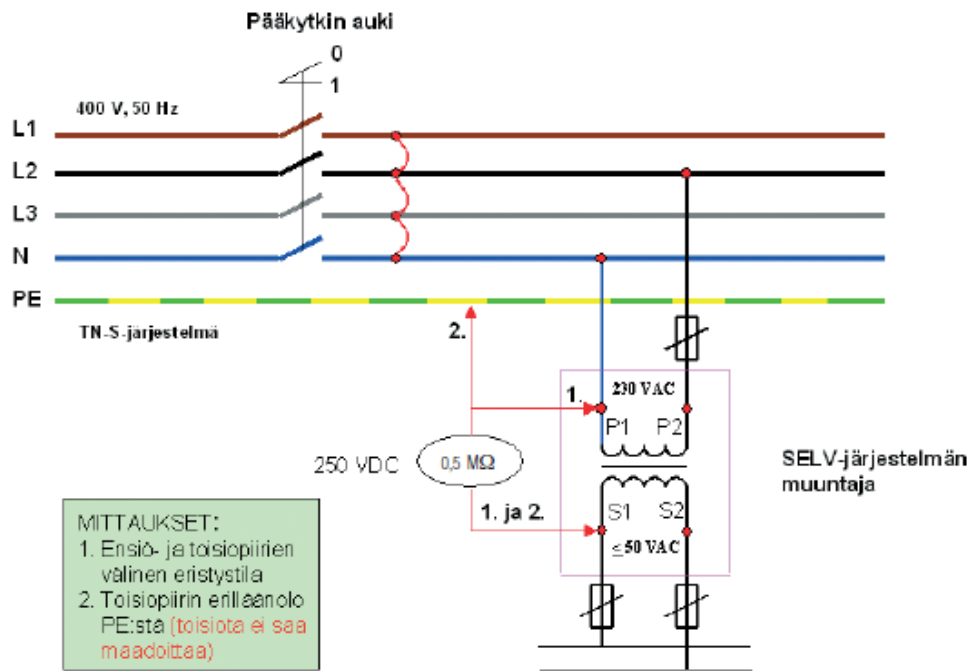
Taulukko 2. Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot. (SFS 6000-6.1, 2017, 443)

Virtapiirin nimellisjännite V	Koejännite (tasajännite) V	Eristysresistanssi MΩ
SELV ja PELV	250	≥ 0,5
Enintään 500 V, edellä olevaa kohtaa lukuun ottamatta	500	≥ 1,0
Yli 500 V	1 000	≥ 1,0

Mittalaitteiden ominaisuuksia vertailtaessa havaittiin ainakin yhden asennustesterin suorittavan eristyksen turvallisuuden esitestin ennen varsinaista eristysresistanssin mittausta. Eristyksen turvallisuuden esitestin tarkoituksena on havaita heikko eristys ja pienentää automaattisesti testijännite virran rajoittamiseksi. Toiminnon on tarkoitus suojata herkkiä laitteita rikkoutumiselta. (Fluke, 2015, 31).

### 3.4.3 SELV- järjestelmä

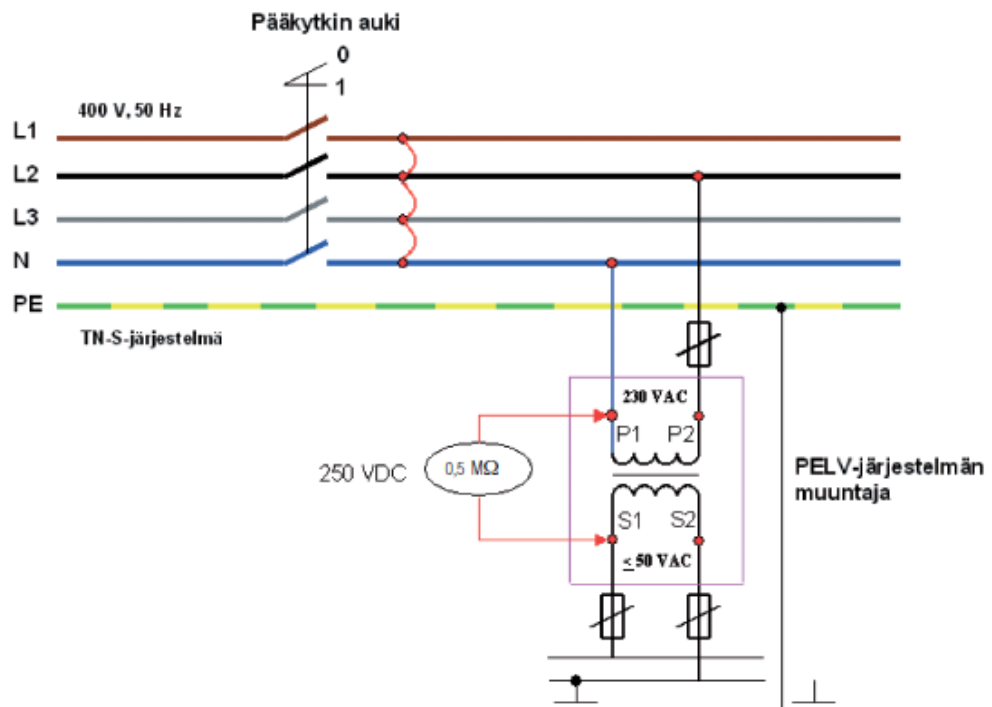
SELV- järjestelmässä (Kuvio 4) käytetään suojaukseen pienisjännitettä ( $U \leq 50 \text{ V AC}$  tai  $\leq 120 \text{ V DC}$ ). Normaalisti sähköverkosta tuotettaessa pienisjännitemuuntajan on täytettävä suojaerotusmuuntajalle vaadittavat ominaisuudet. Mittauksin on varmistettava ensiö- ja toisiopuolen erillään pysyminen sekä suojamaadoituksen ja toisiopiirin erillään olo. Mittausjännitteen ja resistanssin on täytettävä taulukossa 2 esitetyt vaatimukset. (Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, 2018, 27)



Kuvio 4 SELV- järjestelmä (Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, 2018, 27)

#### 3.4.4 PELV- järjestelmä

PELV- järjestelmässä (Kuvio 5) suojauksena käytetään pienoisjännitettä ( $U \leq 50 \text{ V AC}$  tai  $\leq 120 \text{ V DC}$ ). PELV- järjestelmässä toinen toisiopuolen navoista tai jännitteelle alttiit kosketeltavat osat voidaan yhdistää suojamaadoitukseen. Tällaisessa tapauksessa mitataan muuntajan ensio- ja toisiopuolen erillään olo. (Kiinteistöjen sähköasennusten käyttöönottotarkastukset 2015, 31.)

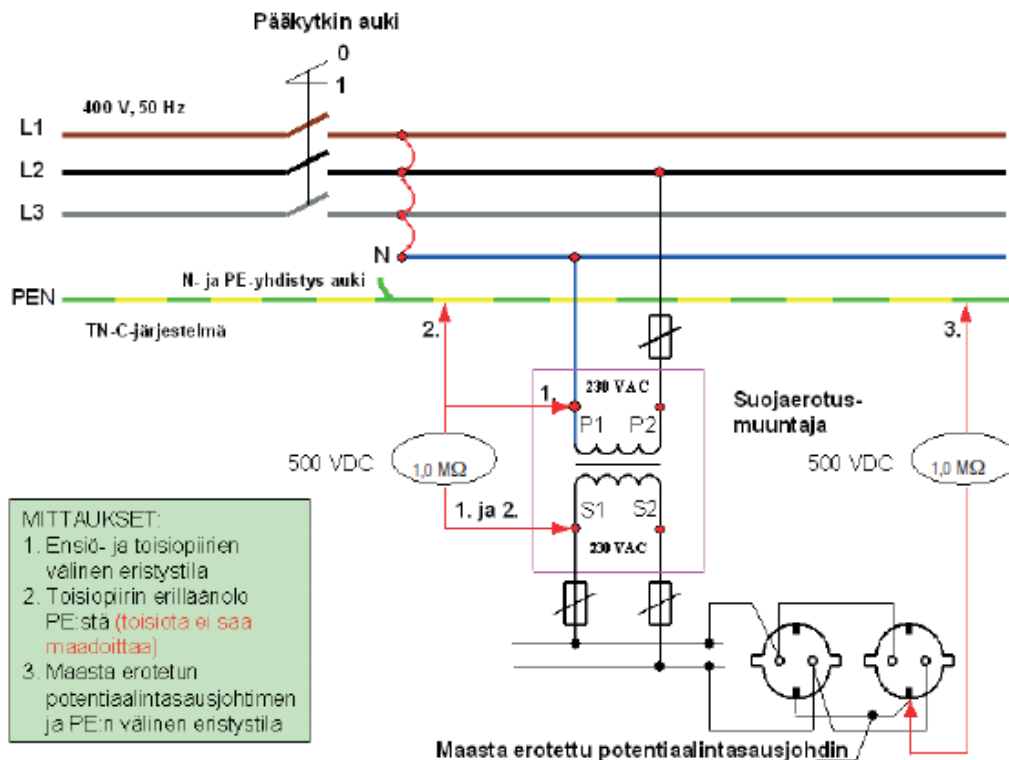


Kuvio 5 PELV- järjestelmä (Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, 2018, 28)

### 3.4.5 Suojaerotus

Suojaerotuksessa (Kuvio 6) käytetään suojaukseen virtapiirien galvaanista erotusta. Jännite on yleensä ensiö- ja toisiopuolilla sama. Mittauksin on varmistettava ensiö- ja toisiopuolien erillään olo, sekä toisiopuolen erillään olo suojamaadoitetuista piireistä. Mittaukset tehdään 500 V:n jännitteellä ja eristysresistanssin tulee olla vähintään 1,0 MΩ. Suojaerotusmuuntajan tulee olla rakenteeltaan kaksoiseristetty tai lisäeristetty. (Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, 2018, 28)





Kuvio 6 Suojaerotus

### 3.4.6 Sähköinen erotus

Suojausmenetelmänä käytettäessä sähköistä erotusta tulee mittauksin varmistua jännitteisten osien erotus muiden virtapiirien jänniteisistä osista ja maasta. Eristysresistanssin tulee saavuttaa taulukossa 2 esitetyt vaatimukset. Toisin kuin suojaerotuksessa sähköisessä erotuksessa muuntajan rakenteessa voidaan käyttää yksinkertaista eristystä ensio- ja toisiopuolien välillä. (Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, 2018, 28)

Käytettäessä sähköisesti erotettua piiriä useammalle kuin yhdelle kulutuslaitteelle, on laskelmin tai mittauksin osoitettava, että kun kaksi oikosulkua sattuu samanaikaisesti eri äärijohtimien ja suojaavien potentiaalintasausjohtimien tai siihen liitettyjen

jännitteelle alttiiden osien välillä, vähintään yksi viallinen piiri kytkeytyy pois. Poiskytkentäajan pitää olla TN- järjestelmän syötön automaattisen poiskytkennän mukainen. (Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, 2018, 29)

#### 3.4.7 Lattia- ja seinäpintojen resistanssi tai impedanssi

Sähköturvallisuuteen liittyen lattia- ja seinäpintojen impedansseja tai resistansseja on tarkistettava vain harvoin. Tällaisia mittauksia voidaan vaatia tehtäviksi esimerkiksi sähkölaboratorio- ja korjaamatiiloissa. (Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, 2018, 29) Lääkintätiloissa, laboratorioissa, räjähdysvaarallisissa tiloissa sekä apteekeissa, joissa on käytössä puolijohtava lattiapinnoite. Mittaukset tehdään vähintään kolmesta kohtaa, ja mittauksista yksi on suoritettava noin 1 metrin päästä tilan johtavista osista. Eristysresistanssiksi riittää 50 k $\Omega$  mittausjännitteen ollessa 500 V. Mittaukset tehdään käyttäen standardin mukaisia elektrodeja. (Kiinteistöjen sähköasennusten käyttöönottotarkastukset 2015, 33.)

#### 3.4.8 Sähkölämmityskaapeleiden ja -kelmujen mittaukset

Lämmityskaapeleille ja -kelmuille tehdään mittauksia myös asennusvaiheessa. Vaadittuja mittauksia ovat silmukkaresistanssimittaus sekä eristysresistanssimittaukset asennuksen jälkeen ennen peittämistä ja mieluiten mahdollisimman nopeasti peiton jälkeen. Silmukkaresistanssi mitataan vaihe- ja nollajohtimien väliltä. Eristysvastus vaihe- ja suojajohtimen sekä nolla- ja suojajohtimen väliltä. (Kiinteistöjen sähköasennusten käyttöönottotarkastukset 2015, 34.)

#### 3.4.9 Maadoituselektrodin resistanssin mittaus

Jos maadoituselektrodille on määrätty jokin arvo, on resistanssi mitattava soveltuvin menetelmin. Standardissa esitetään maadoituselektrodin mittaus sauvamenetelmällä sekä virtapihtiä käyttäen. Kumpikaan mittaustavoista ei kuitenkaan yleensä sovellu taajamissa resistanssin määrittelyyn. Pienjänniteliittymissä ei ole määrätty Suomessa maadoituselektrodin resistanssille arvoa ja siten sitä ei tarvitse pienjänniteliittymän kyseessä ollessa mitata lainkaan. Suurjänniteliittymien osalta muuntamoiden maadoituselektrodille on määritelty minimiarvo laskennallisesti, ja se on mittauksin

alitettava. Taajamissa, joissa on lukuisia muuntopiirejä, ei yksittäisiä muuntamon maadoituselektrodeja tarvitse mitata. Tällöin varmistetaan mittaamalla uuden muuntamon maadoituselektrodin liittyminen aikaisemmin rakennettuun laajaan maadoitusjärjestelmään. Mittaus suoritetaan usein pienohmimittauksella. (Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, 2018, 31)

Teollisuuslaitoksissa on myös usein laaja maadoitusjärjestelmä ja yksittäisiä elektrodeja ei tarvitse mitata, vaan mitataan uusien muuntopiirien liittyminen laajaan maadoitusjärjestelmään. Mittaus suoritetaan usein suurella virralla käyttäen jännitehäviömenetelmää.

### 3.5 Jännitteisenä tehtävät mittaukset

#### 3.5.1 Syötön automaattinen poiskytkentä TN- järjestelmässä

Vikasuojaukselle asetetut vaatimukset täyttyvät, kun viasta aiheutunut vaarallinen kosketusjännite kytkeytyy automaattisesti pois vaatimuksien edellyttämässä ajassa tai viasta aiheutunut kosketusjännite rajoitetaan vaarattomaan arvoon. Vikasuojauksen tarkastaminen edellyttää syötön automaattisen poiskytkennän toiminnan tarkastuksen. Automaattisen poiskytkennän toiminta varmistetaan yleisesti mittaamalla pienin mahdollinen oikosulkuvirta vaiheen ja suojajohtimen väliltä. (D1-2017, 2018, 356).

Suuremmissa kohteissa täytyisi olla suoritettu verkostolaskelmat, joista käy ilmi oikosulkuvirta eri verkon pisteissä ja maksimi pituudet ryhmäjohtoille. Tällöin syötön automaattista poiskytkentää ei tarvitse todentaa mittaamalla, jos on käytetty suunnitelmien mukaisia poikkipinta-aloja kaapeleissa ja suojalaitteet ovat suunnitelman mukaisia. Hyvän asennustavan mukaista on kuitenkin, että ainakin kaikkien keskuksien sekä pistokoe menetelmin oletetuista heikoimmista pisteistä mitataan oikosulkuvirta ja verrataan tuloksia laskelmiin. (Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, 2018, 31)

Vikavirtapiirin impedanssin on oltava TN-järjestelmässä sellainen, että syötön poiskytkentä täyttää standardissa määritellyssä ajassa. Mittaamalla saatu vikavirtapiirin impedanssi saa olla korkeintaan  $4/5$  laskennallisesta impedanssista, koska mitauksessa ei oteta huomioon oikeassa viassa tapahtuvaa lämpötilan nousua. Mittaamalla saadun oikosulkuvirran arvon (taulukot 4 & 5) täytyy siis olla 1,25-kertainen toimintarajavirtaan verrattuna. (Kiinteistöjen sähköasennusten käyttöönottotarkastukset, 2015, 36).

Standardissa on määritelty suojalaitteiden toiminta-aika-arvoiksi kaksi poiskytkentäaikaa, jotka ovat 0,4 s ja 5 s. Johdonsuojakatkaisijoita käytettäessä aika-arvoilla ei ole sinänsä merkitystä, koska suojalaitteen vaatima oikosulkuvirran arvo on sama molemmille aika-arvoille. Tulppa- ja kahvasulakkeilla on eri tilanne. Jos tulppa- tai kahvasulakkeilla tarvitsee saavuttaa 0,4 sekunnin toiminta-aika on oikosulkuvirran arvo oltava huomattavan paljon suurempi kuin 5 sekunnin toiminta-ajalla. (Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, 2018, 32).

5 sekunnin toiminta-aikaa saadaan käyttää jakokeskuksia syöttävillä johdoilla, sekä lisäksi yli 32 A:n kiinteitä asennuksia syöttävissä johdoissa. Kaikissa pistorasiaryhmissä 63 A:n asti edellytetään 0,4 sekunnin poiskytkentäaikaa. Kaikissa muissa tapauksissa laukaisuaika ei saa ylittää 0,4:ää sekuntia. (Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, 2018, 32).

Taulukko 3. Johdonsuojakatkaisijoiden toimintavirrat ja vaaditut oikosulkuvirrat. (Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, 2018, 33.)

Nimellisvirta	B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	K ja G tyypit 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	D-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A	A	A	A	A
6	30	37,5	60	75	84	105	120	150
10	50	62,5	100	125	140	175	200	250
16	80	100	160	200	224	280	320	400
20	100	125	200	250	280	350	400	500
25	125	156,3	250	312,5	350	437,5	500	625
32	160	200	320	400	448	560	640	800
50	250	312,5	500	625	700	875	1000	1250
63	315	393,8	630	787,5	882	1102,5	1260	1575
80	400	500	800	1000	1120	1400	1600	2000
125	625	781,3	1250	1562,5	1750	2187,5	2500	3125

Taulukko 4. Pienimmät gG- sulakkeiden toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot (Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, 2018, 33.)

Nimellisvirta	gG-sulake 0,4 s	Vaadittu mitattu arvo	gG-sulake 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	85	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35	287	359	165	206,3
40	315	393,8	190	237,5
50	470	587,5	250	312,5
63	550	687,5	320	400
80	840	1050	425	531,3
100	1000	1250	580	725
125	1450	1812,5	715	893,8
160	1600	2000	950	1187,5
200	2100	2625	1250	1562,5
250	2800	3500	1650	2062,5
315	3700	4625	2200	2750
400	4800	6000	2840	3550
500	6400	8000	3800	4750
630	8500	10625	5100	6375

### 3.5.2 Syötön automaattinen poiskytkentä TT- järjestelmässä

TT- järjestelmä on erittäin vähän käytetty Suomessa, mutta Keski-Euroopassa sitä käytetään yleisesti. TT- järjestelmän vikasuojauksen toteuttaminen syötön automaattisen poiskytkennän avulla on erittäin paljon vaikeampaa kuin TN- järjestelmässä, koska vikavirta on yleensä niin pieni, etteivät ylivirtasuojat toimisi riittävän nopeasti. Sallitut toiminta-ajat ovat lyhyempiä kuin TN- järjestelmässä. (D1-2017, 2018, 104.) Vaatimusten mukaisuus tulisi todeta, jos mahdollista mittaamalla jännitteelle alttiiden osien ja maadoituselektrodin  $R_d$  sekä tarkastamalla suojalaitteiden ominaisuudet. (Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, 2018, 30)

### 3.5.3 Syötön automaattinen poiskytkentä IT- järjestelmässä

Ensimmäisen eristysvian sattuessa IT- järjestelmässä vikavirta on niin pieni, ettei vaarallisia kosketusjännitteitä voi esiintyä asennuksissa. Ensimmäisen vian tapauksessa syöttöä ei tarvitse pois kytkeä ja käyttöä voidaan jatkaa. Vika on kuitenkin poistettava niin pian kuin mahdollista. Toisen vian sattuessa yhtäaikaaisesti on syöttö katkaistava. (D1-2017, 2018, 105.)

Vaatimusten mukaisuus on todennettava laskelmin tai mittaamalla ensimmäisen vian aiheuttama vikavirta  $I_d$  ääri- tai nollajohtimesta. Mittaus tarvitsee tehdä vain, jos asiaa ei pystytä selvittämään laskemalla, jos kaikkia muuttujia tunneta. Mittauksen aikana on varmistuttava kaksoisviasta aiheutuvasta vaarasta ja ryhdyttävä varoitimenpiteisiin vaaratilanteiden estämiseksi. (Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, 2018, 31).

### 3.5.4 Vikavirtasuojan testaus

Vikavirtasuojaa koetetaan testipainikkeesta. Vikavirtasuojan toimintavirta on testattava ja todettava ettei nimellistoimintavirta ylity. Mittaus suositellaan suorittavaksi nousevalla vikavirralla. Mittaus suoritetaan yleensä sinimuotoisella vaihtovirralla. (D1-2017, 2018, 357.)

### 3.5.5 Muut tarkastukset

#### **Napaisuus**

Yksinapaisia kytkinlaitteita ei saa kytkeä nollajohtimeen, asian varmistaminen on määritelty standardissa käyttöönottoon liittyväksi toimenpiteeksi. Asia on varmistettava asennuksia tehtäessä. (Kiinteistöjen sähköasennusten käyttöönottotarkastukset, 2015, 44).

#### **Kiertosuunnan tarkastus**

Useita vaiheita sisältävistä piireistä on tarkistettava kiertosuunta. Keskuksista on aina tarkistettava kiertosuunta. 3- vaihe pistorasioiden koestukseen suositellaan valmiita pistotulppa mittapäitä tai testilaitteita. (Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, 2018, 34).

#### **Toimintatestaus**

Asennetuille laitteille on tehtävä toimintatestit laitteistojen oikean toiminnan toteamiseksi. Toiminta testataan esimerkiksi keskuksista, kytkin-, käyttö-, ohjaus-, lukitus- ja eristystilanvalvontalaitteilta. (Kiinteistöjen sähköasennusten käyttöönottotarkastukset 2015, 45).

#### **Jännitteenalenema**

Jännitteenaleneman toteamista ei yleensä vaadita käyttöönottotarkastuksen yhteydessä. Jos kuitenkin erikseen on sovittu, voidaan jännitteenalenema tarkistaa mittamalla piirin impedanssi ja laskemalla. Jännitteenalenema on huomioitava suunniteltaessa nousujohtoja sekä moottorikäyttöjä. (Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, 2018, 35).

## 3.6 Lääkintätilat

Lääkintätiloissa, joissa käytetään sähkökäyttöisiä lääkintälaitteita, on ehdottomasti varmistettava potilaiden turvallisuus. Lääkintätiloissa suoritettavissa toimenpiteissä on otettava huomioon turvallisuutta koskevat erityismääräykset. Turvallisuus on saa-

vutettava varmistamalla sähköasennuksen ja siihen liitetyn lääkintälaitteen turvallinen käyttö sekä kunnossapito. Sähkökäyttöisten lääkintälaitteiden käyttö tehohoidossa oleviin potilaisiin vaatii lääkintätilojen sähköasennuksilta tavanomaista korkeampaa turvallisuus- ja luotettavuustasoa. Erityisvaatimuksien on tarkoitus varmistaa potilaiden ja henkilökunnan turvallisuus. Erityisvaatimukset koskevat sairaaloita, terveysasemia ja terveydenhuoltoon tarkoitettuja tiloja. (SFS-6000-7-710.1:2017, 93)

Lääkintätilaksi luokitellaan tilat, joissa potilaita tutkitaan, hoidetaan ja valvotaan sähkökäyttöisten lääkintälaitteiden avustuksella. Myös kosmeettinen hoitotila luokitellaan lääkintätilaksi, jos käytössä on sähkökäyttöisiä lääkintälaitteita. (ST 51.79, 2018, 2)

Lääkintätilat ryhmitellään käyttötarkoituksen mukaan kolmeen pääryhmään:

### **G0**

Tilaluokkaan G0 kuuluvat tilat, joissa ei ole tarkoitus käyttää mitään lääkintälaitteen liityntäosia, joissa syötön keskeytys ei voi aiheuttaa välitöntä hengenvaaraa. Liityntäosa on sähkökäyttöisen lääkintälaitteenosa, joka normaalikäytössä on fyysisessä yhteydessä potilaan kanssa. Tällaisia tiloja voivat olla käytävät, hissiaulat ja ruokasalit. Vuodeosastoilla G0 ryhmään kuuluvilla tiloilla tarkoitetaan henkilökunnan lepotiloja, kahvitiloja sekä potilaiden suihku- ja WC-tiloja, mikäli niissä ei käytetä sähkökäyttöisiä lääkintälaitteita. (ST 51.79, 2018, 3)

### **G1**

Tilaluokkaan G1 kuuluvat tilat, joissa sähkönsyötön keskeytyminen ei aiheuta välitöntä uhkaa potilaalle. G1 tiloissa sähkökäyttöisiä lääkintälaitteita käytetään ihon ulkopuolisesti sekä ihon sisäisesti mihin tahansa potilaan kehon osaan, kunhan kyseessä ei ole G2 tilaluokan soveltamisalue. (SFS 6000-7-710.3.6, 2017, 95)

### **G2**

Tilaluokkaan G2 kuuluvat tilat, joissa sähkökäyttöisten lääkintälaitteiden liityntäosia käytetään sydämenläheisiin toimintoihin, leikkaussalikäyttöön tai tehohoitoon, joissa



sähkösyötön keskeytys voi aiheuttaa välitöntä vaaraa potilaalle. (SFS 6000-710.3.7, 2017, 95)

### 3.6.1 Lisävaatimukset käyttöönottotarkastukseen lääkintätiloissa

Standardissa (SFS 6000-7-710.61, 2017, 108) on mainittu seuraavat käyttöönottotarkastukset suoritettaviksi yleisten vaatimuksien lisäksi ennen ensimmäistä käyttöönottoa sekä muutoksen tai korjauksen jälkeen ennen uudelleen käyttöönottoa:

- Lääkintä IT-järjestelmän eristystilan valvontalaitteiden, akustisten ja optisten hälytysjärjestelmien sekä ylikuormitusvalvontalaitteiden toimintakoe.
- Lisäpotentiaalintasauksen toiminta mittauksin suojamaadoitusjohdinta, häiriökenttien suojista, johtavien lattioiden metalliverkosta, erotusmuuntajien metallista valmistetusta sähköisestä suojasta. G2 tiloissa suojajohtimien ja liitosten resistanssi lisäpotentiaalintasauskiskon välillä ei saa olla suurempi kuin  $0,2\Omega$ .
- Turvatoimintojen kuten varavoimajärjestelmien toiminta ja kunnossa olo.
- Sähkösyötön selektiivisyyden tarkastus normaaliverkon, turvajärjestelmien ja varavoimajärjestelmien osalta.

### 3.6.2 Lääkintä-IT- järjestelmät

Tilaluokan G2 tiloissa, joissa käytetään elintoimintoja ylläpitäviä lääkintälaitteita, lääkintälaittejärjestelmiä, kirurgiseen käyttöön tarkoitettuja laitteita on käytettävä lääkintä-IT-järjestelmää. Lääkintä-IT-järjestelmässä ei ensimmäisen vian tapauksessa vaadita syötön automaattista poiskytkentää. Tärkein ominaisuus lääkintä-IT-järjestelmän käytössä on syötön jatkuvuuden turvaaminen, laukaisevan ylikuormituksen käyttö on kielletty. IT-muuntajan syötössä on kuitenkin käytettävä laukaisevaa oikosulkusuojausta, kuten sulakkeita. Sulakkeiden mitoituksessa on huomioitava muuntajan kytkennästä aiheutuva kytkentävirtasysäys ja mahdollisesti kytkentävirtasysäyksen aiheuttama estopiirin vikaantuminen. IT-järjestelmässä ei ole nollajohdinta vaan kaksi äärijohdinta, joten kytkinlaitteiden ja johdonsuojakatkaisijoiden on oltava kaksinapaisia. Muuntajan ylikuormitusta ja lämpötilaa on valvottava. (ST 51.79, 2018, 7)

### 3.6.3 Eristystason valvonta

Lääkintä-IT-järjestelmä on varustettava eristystilan valvontalaitteella, joka tulee asentaa mahdollisimman lähelle IT-järjestelmän syöttöpistettä. Eristystilan valvontalaitteeseen voi olla sisäänrakennettuna myös muuntajan ylikuormituksen ja lämpötilanvalvonta. Eristystilan valvontajärjestelmän lisäksi voidaan käyttää paikannusjärjestelmää, jonka avulla voidaan paikantaa eristysviat tarkasti. (ST 51.79, 2018, 7)

Standardissa (SFS 6000-710.411.6.3.101, 2017, 99) sanotaan hälytyslaitteesta seuraavasti:

*Kullekin lääkintä IT-järjestelmälle on oltava kuuluvalla ja näkyvällä hälytyksellä varustettu hälytyslaite, jossa on seuraavat komponentit, sijoitettuna sopivaan paikkaan niin, että hoitohenkilökunta ja tekninen henkilökunta voivat niitä pysyvästi valvoa (näkyvät ja kuuluvat viesti):*

- *vihreä merkkivalo osoittamaan laitteen olevan normaalitoiminnassa*
- *keltainen merkkivalo osoittamaan, kun aseteltu eristysresistanssin minimiarvo on saavutettu. Tämä merkkivalo ei saa olla kuitattavissa eikä poiskytkettävissä.*
- *äänihälytys, joka soi kun aseteltu resistanssin minimiarvo on saavutettu. Äänihälytys voi olla kuitattavissa.*
- *keltaisen merkkivalon on sammuttava, kun vika on poistunut ja normaali-tila on palautunut.*

## 4 Käyttöönottotarkastukset

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia ja kehittää käyttöönottotarkastuksien käytäntöjä toimeksiantajan urakoimassa kohteessa Jyväskylässä. Urakkasopimus tehtiin tammi-kuussa 2019 ja työt kohteessa aloitettiin heti. Ajatukset opinnäytetyön aiheesta kylvettiin jo tuossa vaiheessa. Toimeksiantaja oli toteuttanut kohtuullisen suuria projekteja ja näiden käyttöönottotarkastuksia aiemminkin. Toimeksiantajan kokemuksemme perusteella aiheesta on kehitettävää. Tiedossa oli myös projektin suuresta koosta ja erikoistiloista johtuen haastava tarkastuksien dokumentointi. Ajatukset kehitystutkimuksesta siis olivat jo tuolloin olemassa, ja tutkimukset sekä tiedonhankinta oli alkanut jo heti projektin alkaessa. Aistinvaraiset tarkastukset olivat jo tietenkin alkaneet samalla kuin työt, kuten teoriaosuudessa on kerrottu.

Toimeksiantajan aikaisemmat käyttöönottotarkastukset on tehty perinteisin menetelmin dokumentoimalla tulokset käsin kirjoittamalla. Asennustestereiden muistiominaisuuksia oli käytetty jo vuosituhannen alkupuolella, mutta ongelmaksi tässä tavassa on muodostunut alkeellinen muistipaikan nimeäminen. Tällöin on tarvinnut kuitenkin kirjata muistilapulle muistipaikka ja ryhmänumerot tai muut yksilöintitiedot. Mittausten jälkeen tulokset on purettu mittalaitteen muistista tietokoneelle, johon on kirjattu muistilapulta tarvittavat yksilöintitiedot.

### 4.1 Mittaussuunnitelma

Mittaussuunnitelma olisi erittäin suotavaa tehdä etenkin suuremmissa kohteissa, joissa toimii useita sähköurakoitsijoita. Useasti suurissa kohteissa työt on jaettu usealle toimijalle. Käytännössä parhaaseen lopputulokseen sähköturvallisuuden, tarkastuksien ja laitteistojen toiminnan kannalta olisi, että tilaaja laatisi yhteistyössä sähköurakoitsijoiden kanssa kirjallisen mittaussuunnitelman. Mittaussuunnitelma tulisi tehdä hyvissä ajoin ennen ensimmäisien mittauksien aloittamista. Mittaussuunnitelmassa sovitaan käytännöt mittauksista sekä dokumentointitavoista. Mittaussuunnitelmassa sovitaan rajapinnat, missä eri urakoitsijoiden mittausalueet vaihtuvat sekä määritellään käyttöönottoaikataulu. Mittaussuunnitelma toimii apuna tilaajalle sekä

urakoitsijoille käytännöistä ja mittausalueista. Näin voidaan taata töiden sujuva eteneminen, kun urakoitsijat ja tilaaja tietävät, mitä ja missä tehdään. (Rokkonen, 2014, 30).

Mittaussuunnitelma on myös erittäin pätevä asiakirja varmennustarkastusta suoritettaessa, koska varmennustarkastus tehdään yleensä kerralla koko kiinteistön asennuksista, erottelematta eri urakoita. Tilaaja pystyy esittämään mittaussuunnitelmalla, että koko kiinteistön tarkastukset on tehty tietyn sovitun suunnitelman mukaisesti.

Uusi sairaala Nova-projektissa ei ollut käytössä ainakaan mittausten alkaessa selkeää kirjallista mittaussuunnitelmaa. Käyttöönottoasioista oli käyty urakoitsijoiden, tilaajan sekä loppuasiakkaan kesken palaverieita, joissa oli sovittu asioista suullisesti. Mittaussuunnitelma kirjallisena kuitenkin ratkaisisi useita kysymyksiä, jotka varmasti nousevat pintaan eri osapuolilla.

## 4.2 Mittalaitteet

Urakoitsijalla tai varmennustarkastuksen tekijällä pitää olla käytettävissään laitteet vaadittujen testien suorittamiseksi. Toimintailmoituksessa Turvallisuus- ja kemikaalivirastolle (Tukes) on mainittava käytettävissä olevat mittalaitteet. Täyttöohjeenmukaisia tarvittavia mittalaitteita ovat käsikirja rakennusten sähköasennuksista (D-2017, 2017, 360.) mukaan:

- yleismittari
- eristysresistanssimittari
- pihtiampeerimittari
- vaihejärjestyksen ilmaisim
- suojajohdinpiirin kunnon toteamiseen soveltuva laite
- jännitteenkoetin
- oikosulkuvirran määrittämiseen soveltuva laite

Kiinteistöjen sähköasennuksien käyttöönottoon riittäviä mittalaitteita ovat käytännössä asennustesteri, yleismittari, jännitteenkoetin, yleismittari sekä pistorasiates-teri. Tarpeellisia tarvikkeita ovat myös erilaiset mittajohdot, mittapäät, apujohdinke- lat ja erilaiset apuvälineet, jotka yleensä kehittyvät kohteen ja mittausten mukana.

Toimeksiantajalla oli käytössä ajantasainen mittalaiteluettelo, jonka mukaan mittari- kanta on hyvin laaja, ja vaaditut mittalaitteet ovat luonnollisestikin käytettävissä.

Uusi sairaala Nova-projektissa käytössä ovat pääosin seuraavat mittalaitteet:

- Asennustesterit Fluke 1663 ja 1664 FC
- Konetesteri Metrel MI-3321
- Yleismittarit Fluke 115 ja 117

Konetesteri Metrell MI-3321 toimeksiantajan käytössä uusi mittalaite, joka hankittiin projektia varten. Hankintapäätös tehtiin lääkintätiloihin suositeltujen 10 ampeerin suojajohtimien jatkuvuusmittausten suorittamisen tehostamiseksi. Toimeksiantajan aikaisempi tapa toteuttaa suurivirtaiset resistanssimittaukset perustui jännitehäviö- menetelmään, joka vaatii mittalaitteita ja -johtoja huomattavasti enemmän kuin ko- netesteri. Jännitehäviö- menetelmässä syötetään mittalaitteella, kuten Megger Sver- ker reletesterillä virtaa mitattavaan piiriin ja mitataan apujohtimia käyttäen piirin jännitehäviö ja syötettävä virta. Jännitteen ja virran arvoista voidaan laskea ohminla- kia käyttäen piirin resistanssi. Hankintapäätöstä ennen vertailtiin eri valmistajien lait- teita, kunnes jäljellä oli kaksi vaihtoehtoa. Näistä pyydettiin tarjoukset eri toimitta- jilta. Valittu Metrell MI-3321 oli hankintahinnaltaan jonkin verran kalliimpi kuin kil- pailijan laite, mutta kehittyneemmät toiminnot ratkaisivat valinnan.

Mittalaitteen mukana ei tullut suomenkielistä käyttöohjetta, eikä valmistajan tai maahantuojan internet sivuiltakaan tätä löytynyt. Opiskelin siis laitteen käytön eng- lanninkielisten ohjeiden avulla, ja laadin toimeksiantajan käyttöön suomenkielisen ohjeen laitteen käytöstä. Laitteella suoritettujen kokeiden perusteella havaittiin, että laitetta olisi ehkä kokeiltava myös 200 mA:n suojajohtimien jatkuvuusmittauksiin. Tallennusominaisuudet olivat mittarissa erittäin hyvät verrattuna Fluken asennustes- tereihin.

### 4.3 Käyttöönottotarkastuksien ja dokumentoinnin kehittäminen

Toimeksiantajan toimintatapoja selvitettiin kokemusperusteisesti ja haastatteluin. Haastatteluissa selvisi toiminnoissa olevan tarpeettomia mittaussuoritteita. Nämä puutteet johtuivat pääosin siitä, ettei toimintatapoja ollut opastettu riittävästi ja vaikoitu. Mittaukset olivat pääosin tehty suuremmalla laajuudella kuin standardissa SFS6000-6:2012 vaaditaan. Oikosulkuvirta- ja vikavirtasuojien toimintavirta ja -aika oli mitattu aiemmissa kohteissa tarpeettomasti useista pisteistä. Sähköturvallisuuden kannalta asia on tietenkin ollut erittäin hyvä asia, mutta liiketaloudellisin perustein asia on toisin.

Asian ratkaisuksi päätettiin toteuttaa projektiin mittaussuunnitelma (Liite 1.), jonka avulla koestajat perehdytetään työhön. Näin varmistettiin toimeksiantajan koestajien yhtenäinen toimintatapa. Mittaussuunnitelma läpikäytiin 17.5.2019 loppuasiakkaan sähköasennustenvälvojan kanssa. Mittaussuunnitelma ja käytännön mittauksen katselmuksen toimenpidehuoneissa sovittiin tarkastettavaksi 27.5.2019.

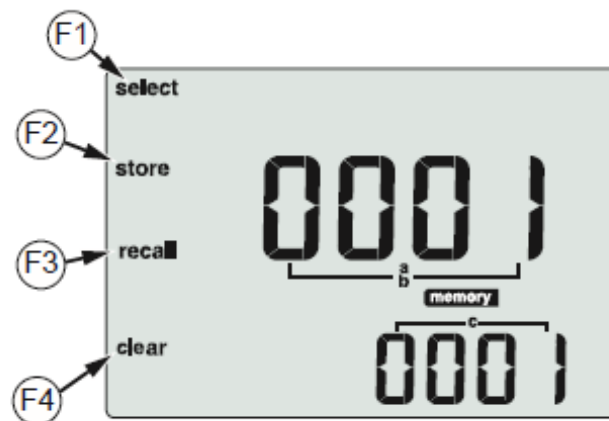
Standardin henki on aistinvaraisten tarkastuksien suhteen, että tarkastusta tehdään jatkuvasti. Asiahan toimii näin tietenkin jokaisen asentajan tehdessä työtään, mutta suuressa kohteessa on useita asentajia, joista jokainen ei kuitenkaan ole suorittamassa itse käyttöönottomittauksia. Käyttöönottotarkastuspöytäkirjan allekirjoittaa tarkastuksen suorittaja, joka ei voi kuitenkaan valvoa jokaista työvaihetta.

Aistinvaraisten tarkastuksien dokumentoinnin varmistamiseksi kehitettiin toimintatapa, jonka mukaisesti asentajat raportoivat työvaiheensa valmistuttua tai tarvittaessa heti työmaan kärkeleille ja projektinjohdolle havaitsemansa epäkohdat. Nopeaan kommunikointiin käytettiin projektille luotua WhatsApp ryhmää, jossa voitiin jakaa kuvia ja tekstiä lähes reaaliajassa koko projektin henkilöstön kesken. Ei niin kiireelliset tapaukset asentajat raportoivat työvaiheen valmistuttua vikalistaa käyttäen projektikonttorille. Puutteet kirjattiin muistioon ja jaettiin sähköpostilla projektin avainhenkilöille. Näin toimien pystyttiin tehokkaasti ohjaamaan tarvittavat korjaustoimenpiteet käytäntöön ja oikeille henkilöille. Nopean kommunikoinnin havainnot

liittyivät suurelta osin toteutukseen vaikuttaviin suunnitelma puutteisiin. Vikalistoilla taas oli usein puutteita liittyen rakenne- tai toteutusongelmiin. Myös johtojen, johtimien ja kojeiden merkitsemiseen liittyvät puutteet raportoitiin vikalistaa käyttäen. Näin pystyttiin varmistamaan tiedonkulku, organisointi ja korjaustoimenpiteiden valvonta.

Dokumentointiin oli toimeksiantajan aiemmissa kohteissa käytetty vaihtelevia menetelmiä. Pääosin dokumentointi oli tehty perinteisesti käsin. Mittalaitteiden muistiominaisuuksia oli kokeiltu ja myös käytetty aiemmissa kohteissa. Mittalaitteiden muistitoimintojen käyttöön on kuitenkin liittynyt epäkohta, joka liittyy mittalaitteiden tallennuspaikkojen nimeämisen alkeellisuuteen.

Asennustesterin Fluke 1664 muistiin voidaan tallentaa 3000 mittausta. Tallennus perustuu numeeriseen osoitteeseen, joka luo rajoitteita mittauspisteiden kohdistamiseen. Numeerinen osoite on jaettu kolmeen osioon (kuvio 7), joissa muistipaikka a on varattu keskusnumerolle, muistipaikka b ryhmänumerolle ja muistipaikka c pistorasialle, fyysiselle laitteelle tai kojeelle. (Fluke, 2015, 63.)



Kuvio 7 Fluke 1664 muistitila (Fluke 2015, 64).

Asennustesterin tallennusominaisuuksia tutkittiin koeympäristössä, koska työmaan asennustilanne ei aluksi mahdollistanut kokeita. Kokeet suoritettiin omakotitalon autotallissa ja teknisessä tilassa. Tilan mittaukset voitiin suorittaa samoin kuin todellisakin ympäristössä, koska tilassa oli kaikkia mittauksia varten sopivat mittapistteet.

Mittauksia tehtiin asennustesterillä kymmeniä ja tulokset tallennettiin laitteen muistiin. Eri keskuksia simuloitiin mittaamalla kaksi kertaa sama keskus ja mittauspisteet tallentaen mittaukset eri keskuksen muistipaikalle. Mittaustulokset purettiin tietokoneelle laitteen valmistajan ohjelmistoon. Tietokoneella oli vielä suoritettava mittauksien kohdistaminen todellisille keskuksien tunnuksille.

Mittaukset suoritettiin vertailun vuoksi perinteisesti käsin kirjaamalla esitäytetyille pöytäkirjapohjille. Mittauspöytäkirjojen ollessa esitäytettyjä, mittauksien dokumentoinnin koettiin olevan nopeampaa kuin tallentamalla suoritettua. Mittauspöytäkirjojen esitäyttö tietokoneella, tulostaminen ja muuttaminen sähköiseen muotoon vie kuitenkin myös aikaa, jolloin tallennusominaisuus olisikin nopeampaa. Tutkimusten perusteella voitiin todeta, että käytettyä työaikaa kului lähes saman verran molemmissa toimintatavoissa. Tallennusominaisuuksien käyttöä on tutkittava vielä todellisissa kohteissa lisää. Käyttöönottoa jäätettiin vielä harkitsemaan projektissa.

Asennustesteriin tallennettuja tietoja pystyy siirtämään myös tabletissa tai älypuhelimessa toimivaan sovellukseen. Toimintoa ei tutkittu enempää, koska mittaustulokset olisivat siirretty vain yhdelle laitteelle lisää. Toiminnon hyötyä ei tunnistettu dokumentoinnin tehostamisessa.

Konetesterin käyttöä tutkiessani havaitsin koneessa selkeitä etuja verrattuna asennustesterin tallennusominaisuuksiin. Konetesteriin pystyi luomaan ja tallentamaan käyttäjän, projektin ja käytännössä kaikki valmiiseen mittauspöytäkirjaan tarvittavat tiedot. (Kuvio 8.) Konetesterin tallennusominaisuudet olivat siis ylivoimaiset verrattuna asennustesteriin. Mittaustulosten analysointiin tarvitaan tietokoneelle laitevalmistajan ohjelmiston, joka oli hieman sekava ja erittäin raskas. Ohjelmaa asentaessa huomasin ohjelman asentavan jonkinlaista suurta tietokantaa tietokoneelle. Yhteyden muodostaminen laitteen ja PC:n välille oli aluksi hankalaa, koska ohjelmisto ei tunnistanut laitetta. Yhteyden sai muodostettua, kun tiedonsiirtoasetukset saatiin määritettyä ja ohjelmalle kerrottiin laitteen olevan jokin toinen saman valmistajan laite. Mittaustulokset (Liite 2.) olivat suoraan ymmärrettävässä ja asiakkaalle luovutettavassa kunnossa.





Kuvio 8. Metrel MI-3321 Mittauksen tallennus (Metrel, 2010, 71).

Konetesterissä oli lukuisia toimintoja, joihin ei ehditty käytettävissä olevan ajan puitteissa paneutua. Konetesteri oli hankittu lähinnä vain suojajohtimien 10 A:n mittauksen suorittamista varten, mutta jo koekäytössä havaittiin testerin soveltuvan erittäin hyvin kaikkiin suojajohtimien jatkuvuuden mittauksiin. Konetesteriin voitiin tallentaa valmiita tekstitietoisia mittaustuloksia ja testerin autotest toiminto osoittautui erittäin hyväksi toiminnoksi. Konetesteriin voitiin asetella suojajohtimen suurin sallittu resistanssi ja kompensoida mittajohtimet, jolloin mittaustulos oli automaattisesti joko hylätty tai hyväksyty. Myös todelliset mittaustulokset tallentuvat muistiin. Autotest toiminnolla voitiin suorittaa useita peräkkäisiä mittauksia painamatta mittauksen välillä kertaakaan ainoatakaan painiketta. Autotest toiminto toimii niin, että kun mittajohdin liitetään mitattavaan kohteeseen testeri havaitsee pienellä virralla yhteyden löytyvän, suorittaa oikean mittauksen ja tallentaa tuloksen. Konetesterin haittana verrattuna asennustesteriin mainittakoon, että konetesteri tarvitsee toimiakseen 230 VAC sähkön ja on fyysisesti huomattavasti kookkaampi sekä painavampi. Uusi sairaala Nova projektissa mittauksia on kuitenkin niin suuri määrä, että laitteen käyttö on tietyissä tapauksissa kannattavaa suojajohtimien jatkuvuusmittauksissa. Mainittakoon vielä, että laitteeseen saisi liitettyä suoraan tulostimen, viivakooditar-

ratulostimen ja viivakoodinlukijan. Mittauspisteisiin voisi tällöin tulostaa ensimmäisellä kerralla viivakoodin, ja tällöin määräaikaismittauksia suoritettaessa voi lukea koodin, josta mittapisteen tiedot siirtyvät uudelle mittaukselle ja mittausraporteille.

Toimenpidehuoneessa 17.5.2019 suoritettun suojajohtimien mittauskokeen perusteella kuitenkin havaittiin nopeimmaksi tavaksi mittausten suorittaminen kahden hengen työryhmänä. Mittauspisteitä on huoneessa noin 70 kpl ja jokaisella on oma positio. Tallennusominaisuuksien kankeuden vuoksi selvintä oli, että toinen työryhmästä lukee mittauspistekaaviota ja ilmoittaa mittaajana toimivalle henkilölle mittauspisteen. Mittaaja ilmoittaa tuloksen, joka kirjataan käsin mittauspöytäkirjaan.

Dokumentoinnin kehitys työssä oli myös tarkoitus tutkia mahdollisuutta käyttää toimeksiantajan tietokantatyökalua dokumentoinnissa. M-Filesin dokumentinhallinta perustuu metatietoihin, joilla dokumentit tallennetaan järjestelmään. Järjestelmä pystyy hakemaan esimerkiksi xlsx- muotoisiin tiedostoihin tietoja muista tietokannoista kuten SAP:sta, sille määritellyjä polkuja pitkin. Silloin järjestelmään luotuun projektiin olisi lisätty käyttöönottodokumentit kansioon, sellainen kansiorakenne (liite 1.), joka tukee projektia. Kansioihin olisi tallennettu keskuskohtaisesti mittauspöytäkirjapohjat xlsx- muodossa, joihin ohjelma olisi hakenut automaattisesti SAP:n tietokannasta projektitiedot. Koestajille olisi hankittu soveltuvia älylaitteita, joihin olisi asennettu M-Files käyttöoikeudet. Mittaustulokset olisi kirjattu suoraan M-Filesiin ja pöytäkirjat olisivat olleet suoraan kaikkien asianosaisten käytettävissä. Mittauspöytäkirjat olisi ollut erittäin helppo siirtää asiakkaan tietokantoihin ja tulostaa mistä ja milloin tahansa. Mekaaninen paperien käsittely olisi jäänyt kokonaan menneisyyteen ja ajansäästö olisi ollut merkittävä.

Tietokantapohjaista dokumentointia tutkittiin, mutta ajankäytön rajallisuudesta johtuen työ jäi kesken. Tutkimus osoitti kuitenkin tämän olevan suurin yksittäinen kehitysskaskel, joita dokumentoinnissa voitaisiin kehittää. Aiheesta pidettiin Lync kokous, johon osallistui allekirjoittaneen lisäksi projektipäällikkö Mika Pitkänen ja kehityspäällikkö Juha Peltonen. Kokouksen aiheena oli luoda kokeellisesti M-Filesiin muutamia tarpeellisia kansioita projektikansioon sekä mittauspöytäkirjapohjat näihin kansio-

oihin. Koekansiot ja mittauspöytäkirjapohjat saatiin luotua ja pienehköjä kokeita suoritettua, mutta projektin suuren koon vuoksi nopeasti havaittiin työn olevan suuri käytettävissä oleviin resursseihin nähden. Kokouksessa sovittiin kuitenkin, että kehitystyötä tullaan jatkamaan.

## 5 Tutkimustulokset

Sähköasennusten käyttöönottotarkastusten kehittämiseen ja tehostamiseen keskusteluin, tutkimuksin ja kokeilujen myötä löydetty tärkeimmät käyttöön otetut toimenpiteet olivat turhien toimenpiteiden karsiminen, dokumentoinnin tehostaminen käytämällä soveltuvien osin mittalaitteen tallennusominaisuuksia ja esitetyt mittauspöytäkirjat. Tutkimustulosten perusteella onnistuttiin karsimaan suuri määrä aiemmissa kohteissa tehtyjä mittaustoimenpiteitä sekä saatiin aistinvaraisten tarkastusten dokumentointia kehitettyä.

Tutkimuksissa havaittiin puutteita mittalaitteiden tallennusominaisuuksissa, jotka osaltaan ovat estäneet tallennusominaisuuksien käyttöönottoa. Mittaustulosten kirjaaminen käsin koettiin edelleen relevantiksi tavaksi dokumentoida mittaustuloksia. Asennustesterin tallennusominaisuuksia voitaneen hyödyntää pienehköissä kohteissa, joissa mittaukset ja dokumentoinnin suorittaa kokonaisuudessa yksi ja sama henkilö.

Dokumentoinnin digitalisoinnin tutkimus ja kehitys jäi valitettavasti kesken opinnäytetyön raportin valmistuessa. Dokumentoinnin digitalisoinnin kehitystä tullaan kuitenkin jatkamaan.

Tutkimuksessa saatiin raportoitua voimassa olevat vaatimukset ja sovellettua tietoa käytännössä. Käyttöönottotarkastuksien toteutukseen löydettiin kehitystoimia ja teh-

tiin mittaussuunnitelma. Toimenpiteiden ansioista voidaan tarkastukset tehdä tehokkaasti laadun pysyessä korkeana. Käyttöönottomittausten dokumentoinnin digitalisoinnin mahdollisuudet ja kannattavuus tunnistettiin. Digitalisoinnin mahdollisuuksia pidettiin havaintojen perusteella ehkä suurimpana taloudellisena kehitystoimenpiteenä liittyen käyttöönottotarkastuksiin.

## 6 Pohdinta

Opinnäytetyötä tehtiin käytännössä projektin alusta lähtien, eli vuoden 2018 tammi-kuun alusta. Tietoperustan hankinta ja tietysti aistinvaraiset sekä lämmityskaapeleiden mittaukset alkoivat jo tuossa vaiheessa. Opinnäytetyön raportointi tehtiin pääosin keväällä 2019. Pitkä tutkimusaika johtui osin siitä, että työskentelin kohteessa kokopäiväisesti ja tehtäviini kuului myös muita velvoitteita toimeksiantajaa kohtaan. Käyttöönottotarkastusten kehitystä ja tutkimusta tein päätoimien ohella ja raportoinnin kokonaisuudessaan vapaa-ajalla. Tutkimuksen pituuden ollessa pitkä havaitsin etuina, että havainnointia ja erilaisia kokeiluita liittyen tutkimukseen tuli erittäin paljon. Kehitystoimenpiteistä ja tutkimustuloksista keskusteltiin laajasti eri tahojen kanssa, jolloin erilaiset näkökannat tulivat hyvin esille. Haittoina mainittakoon tutkimuksen helposti laajenevan erittäin suureksi, jolloin raportoitessa joudutaan tekemään kompromisseja. Tietoperusta on myös kasvanut suureksi, jolloin jouduin suodattamaan ja valitsemaan vain tärkeimmän ja parhaaksi katsomani tiedon opinnäytetyöhön. Opinnäytetyön valmistuessa käytännön mittaukset ovat juuri toukokuussa 2019 kunnolla alkamassa, jolloin voidaan todeta raportin valmistumisen ajoituksen onnistuneen.

Pohdittaessa aiheen rajausta näin jälkeenpäin, voisin todeta yhdenkin tutkimuskysymyksen olevan riittävän laaja kehitystutkimukselle. Etenkään käyttöönottotarkastusten digitalisaatio kysymyksen en olettanut olevan niin suuri työltään kuin tutkimus osoitti. Pintaraapaisu tutkimuksessa kyllä osoitti, että digitalisointia kannattaa kehittää tulevaisuudessa. Digitalisaatio kuitenkin vaatii suuremmat taloudelliset resurssit ja kehitystyöryhmän.

Mittaus suunnitelman tärkeyttä ei ennen tutkimusta osattu arvostaa tarpeeksi korkealle. Tutkimuksen ja projektin edetessä mittaus suunnitelman tarve koettiin välttämättömäksi suurissa kohteissa. Tulevaisuudessa olisi toivottavaa suurempien kohteiden rakennuttajien ja urakoitsijoiden vaativan mittaus suunnitelman laatimista.

Sairaalaympäristössä, varsinkin näin suuressa projektissa kun rakennettiin kokonaan uutta sairaalaa, erityispiirteitä olivat sähköasennuksien haasteellisuus sekä yhteensovittaminen muiden töiden kanssa. Haasteita asettivat potilasturvallisuuden takaavat erilaiset sähkönjakelujärjestelmät. Käytännössä kaikissa tiloissa sähkönjakelu oli järjestetty kolmella eri järjestelmällä, joita olivat normaaliverkon-, varavoima- ja UPS-järjestelmät. Lisäksi G2-tiloissa käytettiin lääkintä-IT-järjestelmää. Lisäpotentiaalintasausjärjestelmä oli huomattavan suuri. Mittauspisteitä toimeksiantajan urakka-alueella oli pelkästään suojajohtimien ja lisäpotentiaalintasauksen osalta arviolta 70000 kpl.

Mittalaitteiden valmistajat eivät ole selvästikään nähneet mittalaitteiden muistiominaisuuksien kehityksestä tarpeen vaatimalla tavalla. Muistiominaisuudet ovat olleet pitkään kehityksestä jäljessä ja voitaisiinkin todeta laitevalmistajilla olevan asiassa selvä kehityskohde.

Käyttöönottotarkastuksiin liittyvissä keskusteluissa eri tahojen kanssa havaittiin koulutustarvetta kaikissa henkilöstöryhmissä. Suosittelisinkin etenkin toimeksiantajan järjestämään käyttöönottotarkastuksiin liittyvää koulutusta säännöllisesti. Sopiva aikajänne koulutuksille olisi varmasti aina SFS 6000 standardin uusiutuessa, jolloin muutokset vaatimuksissa saataisiin laajasti koko henkilöstön tietoisuuteen.

Tutkimuksen tuloksia tullaan hyödyntämään kehityskohteena olevassa projektissa, tulevilla projekteilla sekä koulutuksessa. Jatkotoimenpiteinä voitaisiin kehittää tutkimuksen pohjalta esimerkiksi lyhyempi helposti esitettävä materiaali koulutustilaisuuksiin.

## Lähteet

D1-2017 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 2017. Sähköinfo. 26. painos, Espoo: Sähköinfo Oy

Fluke 1662/1663/1664 FC Electrical Installation Tester. 2016. Käyttöohje. Rev. 1, 4/2016. [fi/tuote/sahkotestaus/asennustesterit/fluke-1664-fc#](http://fi/tuote/sahkotestaus/asennustesterit/fluke-1664-fc#). Viitattu 9.5.2019.

Keski-Suomen sairaala Nova. N.d. Rakennustyömaan infosivu . SRV. <https://old.srv.fi/tyomaa/nova/yleista> , Viitattu 7.2.2019.

Kiinteistöjen sähköasennusten käyttöönottotarkastukset. 2015. 8. painos. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. Espoo: Sähköinfo Oy.

Lintula, R. 2018. Lääkintätilojen sähköasennukset ja niiden mittaukset eilen, tänään ja huomenna. RTL-Palvelut Oy. Koulutusmateriaali.

Metrel MultiservicerXA MI3321. 2010. User Manual. Ver. 1.6 no.20 751 513. Viitattu 9.5.2019. <https://www.sahkonumerot.fi/6770791/doc/operatinginstructions/>.

Rakennusten sähköasennusten tarkastukset. 2018. 4. uudistettu painos. Espoo: Sähkötieto ry.

Rokkonen, M. 2014. Sähköasennusten käyttöönottomittaukset. Opinnäytetyö, AMK. Lapin ammattikorkeakoulu, tekniikka, sähkötekniikan koulutusohjelma.

Sähköistys- ja sähköasennusalan työehtosopimus 2017-2018, Helsinki: Painokurki Oy

Sairaanhoidopiiri, 10.3.2014, Keski-Suomen sairaanhoidopiiri, internet sivusto. <https://www.ksshp.fi/fi-FI/Sairaanhoidopiiri>, Viitattu 6.2.2019.

SFS-Käsikirja 600-1-1. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 1-1, Yleisvaatimukset SFS 6000 osat 1-6. 1. painos. Helsinki: SFS ry

SFS-Käsikirja 600-1-2. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 1-2, Erikoistilojen ja täydentävät vaatimukset SFS 6000 osat 7-8. 1. painos. Helsinki: SFS ry

ST 51.79. Ohje lääkintätilojen sähköasennuksiin. 2018. Sähköinfo Oy. Sähkötieto ry.

Uuden sairaalan kustannusarvio ja aikataulu pitävät. 2018. Pääkirjoitus. Keskisuomalainen. Pääkirjoitus, 22.5.2018. <https://www.ksml.fi/paakirjoitus/Uuden-sairaalan-kustannusarvio-ja-aikataulu-pit%C3%A4v%C3%A4t/1201694>, Viitattu 7.2.2019.

## **Liitteet**

Liite 1. Mittaussuunnitelma

## **Caverion**

### **Mittaussuunnitelma**

KSSH 125710105.A.EL

**Sisällysluettelo**

1	Aistinvarainen tarkastus .....	1
2	Suojajohtimien jatkuvuus .....	1
3	Eristysresistanssin mittaus .....	2
4	Keskuksen kytkeminen jännitteiseksi .....	3
5	Syötön automaattisen poiskytkennän varmistaminen .....	3
6	Vikavirtasuojien toiminnan testaus .....	5
7	Kiertosuunnantarkastukset .....	5
8	Lattiapintojen resistanssin mittaukset .....	5
9	Dokumentointi .....	5

© 2019 Caverion Suomi Oy  
Salmisaarenaukio 2, 00180 Helsinki  
PL 222, 00621 Helsinki



## 1 Aistinvarainen tarkastus

Tarkastetaan työvaiheiden edetessä asennusten vaatimusten mukaisuus. Raportointi havaituista puutteista kirkkimiehille ja työnjohtolle. Kaapelointivaiheen jälkeen tehdään alueen vikalista, josta selviää tila ja havaitut puutteet. Keskuskytkentöjen jälkeen keskuskohtainen asennuskortti, jossa maininta puutteista. Kalustus- ja valaisinasennusten jälkeen keskusaluekohtainen vikalista havaituista puutteista. Aistinvaraiseen tarkastukseen kuuluu:

- Sähköiskulta suojaus, kotelot, kannet, kiinnitys ja eheys, kotelointiluokkien täyttyminen.
- Palosuojaus yleisesti, palokatkot tilaajan urakassa.
- Johtojen ja johtimien valinta suunnitelmien mukaisesti
- Suojalaitteiden kuten sulakkeiden valinta suunnitelmien mukaisesti
- Erotus- ja kytkinlaitteiden sijoittelu
- Suojausmenetelmät ulkoisilta tekijöiltä, kuten vesi ja mekaaniset tekijät
- Johtimien tunnuksot ja standardin mukaisten värijärjestelmien oikea käyttö
- Johtimien ja kaapeleiden liitosten oikea toteutus ja sopivat liitos menetelmät
- Lisäpotentiaalintasausjohtimien kytkennät, olemassaolo ja sopivuus
- Käytön, tunnistamisen ja huollon vaatimat tilat
- EMC- suojauksien toteutuminen
- Jännitteelle alltiiden osien kytkentä maadoitusjärjestelmään
- Johtojärjestelmien suunnitelmien mukainen valinta ja asennus ohjeiden mukaisesti, omat kaapelit oikeiden järjestelmien hyllyillä yms.
- Yksivaiheisten kytkimien kytkentä äärijohtimiin
- Lääkintätilojen erikoisvaatimukset huomioitava

## 2 Suojajohtimien jatkuvuus

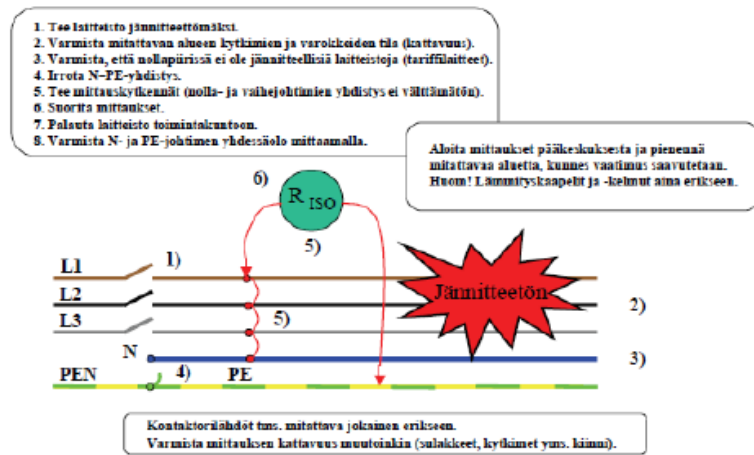
Tarkistetaan suojajohtimien jatkuvuus mittauspistekuvan mukaisesti noudattaen keskusalueen rajoja. Huoneissa mittaukset aloitetaan ovesta sisään astuttaessa myötöpäivään. Sisäänkäyntejä ollessa useita valitaan luonnollisin sisäänkäynti ja merkitään kuvaan mittausten aloituspiste. Mitattavien pisteiden ollessa päällekkäin pienempi positio sijaitsee ylimmäisenä ja näin mittaus etenee ylhäältä alas. Suojajohtimien jatkuvuutta mitattaessa on PE- ja nollakiskojen oltava erillään. Kohteen keskuksot ovat varustettu nelinapaisilla kytkimillä, jolloin riittää varmistus siitä, että kytkin on auki. Suojajohtimien jatkuvuuden tulisi olla alle  $2\Omega$  tilaluokissa G0 ja G1. Tilaluokassa G2 sallitaan enintään  $0,2\Omega$ :n resistanssi suojajohtimien jatkuvuudeksi.

Johdm- poikki- pinta-ala mm <sup>2</sup>	Kuparijohdin		Alumiinjohdin	
	Resistanssi metriä kohti Ω	Resistanssi 100 metriä kohti / Ω	Resistanssi metriä kohti Ω	Resistanssi 100 metriä kohti / Ω
1,5	0,0115	1,15	–	–
2,5	0,0069	0,69	–	–
4	0,0043	0,43	–	–
6	0,0029	0,29	–	–
10	0,0017	0,17	–	–
16	0,0011	0,11	0,0018	0,18
21	0,0008	0,08	–	–
25	0,0007	0,07	0,0011	0,11
35	0,0005	0,05	0,0008	0,08
41	0,0004	0,04	–	–
50	0,00035	0,035	0,0006	0,06
57	0,0003	0,03	–	–
70	0,00025	0,025	0,0004	0,04
95	–	–	0,0003	0,03
120	–	–	0,00024	0,024
150	–	–	0,00019	0,019
185	–	–	0,00015	0,015

Kuvio 1 CU- ja AL-johdinten resistanssiarvoja.

### 3 Eristysresistanssin mittaus

Eristysresistanssi mitataan erikseen etukojeiden jälkeisistä ryhmistä yhdellä mittauksella. Eristysresistanssimittaus tehdään nolla- ja PE- johtimet erillään. Eristysresistanssi mitataan kaikkien jännitteisten johtimien ja maan väliltä (Kuvio 1). TN-S- järjestelmässä nollajohdin katsotaan jännitteiseksi johtimeksi. Mittauksen ajaksi äänijohtimet ja nollajohtimet kytketään rinnan. Näin voidaan mitata esimerkiksi kokonaisen ryhmäkeskuksen ja ryhmäjohtojen eristysresistanssi yhdellä mittauksella.



Kuvio 2 Eristysresistanssin mittausta

#### 4 Keskuksen kytkeminen jännitteiseksi

Ennen jännitteen kytkentää on varmistettava keskusalueen kenttäpään töiden valmiudesta ja mahdollista kesken eräisistä töistä. Ennen jännitteen kytkemistä etukojeet ja johdonsuoja-automaatit, joita ei voida kytkeä jännitteiseksi on lukittava. Jännitettä ei saa kytkeä kenttiin, joihin emme ole kytkeneet ryhmäjohtoja. Ilmoitus SRV:lle jännitteen kytkennästä. Keskukseen asetetaan JÄNNITE KYTKETTY! Kyltti, johon merkitään kytkentäaika ja asettaja yhteystietoineen.

#### 5 Syötön automaattisen poiskytkennän varmistaminen

Varmistetaan syötön automaattinen poiskytkentä mittaamalla oikosulkuvirta ja impedanssi jokaiselta keskukselta. Oikosulkuvirran arvosta voidaan päätellä tarvitseeko, mittauksia jatkaa muista pisteistä. Tarvittaessa mittaamme keskusalueen oletetusta heikoimmasta pisteestä oikosulkuvirran ja impedanssin.

Nimellisvirta	B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	K ja G tyypit 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	D-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A	A	A	A	A
6	30	37,5	60	75	84	105	120	150
10	50	62,5	100	125	140	175	200	250
18	80	100	160	200	224	280	320	400
20	100	125	200	250	280	350	400	500
25	125	156,3	250	312,5	350	437,5	500	625
32	160	200	320	400	448	560	640	800
50	250	312,5	500	625	700	875	1000	1250
63	315	393,8	630	787,5	882	1102,5	1280	1575
80	400	500	800	1000	1120	1400	1600	2000
125	625	781,3	1250	1562,5	1750	2187,5	2500	3125

Kuvio 3. Johdonsuoja- automaattien vaaditut oikosulkuvirrat.

Nimellisvirta	gG-sulake 0,4 s	Vaadittu mitattu arvo	gG-sulake 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	85	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35	287	359	165	206,3
40	315	393,8	190	237,5
50	470	587,5	250	312,5
63	550	687,5	320	400
80	840	1050	425	531,3
100	1000	1250	580	725
125	1450	1812,5	715	893,8
160	1600	2000	950	1187,5
200	2100	2625	1250	1562,5
250	2800	3500	1650	2062,5
315	3700	4625	2200	2750
400	4800	6000	2840	3550
500	6400	8000	3800	4750
630	8500	10625	5100	6375

Kuvio 4. gG- sulakkeiden vaaditut oikosulkuvirta-arvot

## 6 Vikavirtasuojien toiminnan testaus

Vikavirtasuojakytkimet koestetaan testipainikkeesta. Toimintarajavirta mitataan suoraan keskukselta jokaisen vikavirtasuojan läheisyydestä, toiminta-aika mitataan pistokoeluntestisesti.

## 7 Kiertosuunnantarkastukset

Keskuksien kiertosuuntien tarkastus ei kuulu tähän urakkaan. Kiertosuunnat tarkastetaan kaikilta kolmivaiheisilta pistorasioilta ensisijaisesti Testboy kiertosuunnanimmaisinta käyttäen tai vaihtoehtoisesti asennustesterillä.

## 8 Lattiapintojen resistanssin mittaukset

Lääkintätiloissa, laboratorioissa, räjähdysvaarallisissa tiloissa sekä apteekeissa, joissa on käytössä puolijohtava lattiapinnoite. Mittaukset tehdään vähintään kolmesta kohtaa, ja mittauksista yksi on suoritettava noin 1 metrin päästä tilan johtavista osista. Eristysresistanssiksi riittää 50 k $\Omega$  mittausjännitteen ollessa 500 V. Mittaukset tehdään käyttäen standardin mukaisia elektrodeja.

## 9 Dokumentointi

Dokumentointi hoidetaan projektille luoduille mittauspöytäkirjapohjille, joista selviää mitattava keskus, tila, tilaluokka ja tarpeelliset mittapisteen yksilöintitiedot. Käyttöönottotarkastusten lopullinen luovutettava dokumentointi sisältää yhden ST-kortin mukaisen ST 51.21.05 mukaisen Käyttöönottotarkastuspöytäkirjan koskien urakoita SU3, SU4 ja SU5 ja tarvittavat mittaus tulokset liitteenä.



Liite 3. Käyttöönottomittausten kansiorakenteen hahmotelma.

