



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Eetu Källi

Sähköasennusten käyttöönottotarkastukset

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

30.11.2020

Tekijä Otsikko	Eetu Källi Sähköasennusten käyttöönottotarkastukset
Sivumäärä Aika	23 sivua + 2 liitettä 30.11.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	sähkövoimatekniikka
Ohjaaja	lehtori Eero Kupila tekninen johtaja Jari Salin
<p>Insinööri työ käsittelee rakennusten pienjännitesähköasennusten käyttöönottotarkastuksia ja niiden suorittamista sähköurakointiyrityksen kohteissa. Työn tarkoitus oli selvittää, mitä vaatimuksia ja toimenpiteitä käytännössä standardin SFS 6000 mukaan suoritettu käyttöönottotarkastus sisältää. Työn tavoitteena oli luoda ohjeistus käyttöönottotarkastusten suorittamiseen.</p> <p>Työ tehtiin Laihon Sähkö-konsernille. Laihon Sähkö-konserni koostuu emoyhtiö Laihon Sähkö Oy:stä ja tytäryhtiö Laiho Group Oy:stä. Toimintaa yrityksellä on Helsingin, Salon ja Turun alueilla. Yrityksen tavoitteena oli käyttöönottotarkastusten suoritustavan yhtenäistäminen koko konsernissa.</p> <p>Työssä käydään läpi sähköasennusten käyttöönottotarkastuksia koskevia lakeja, asetuksia ja standardeja. Työssä keskitytään standardin asettamiin vaatimuksiin tarkastusten suorittamiseen sekä näiden vaatimusten suorittamisesta käytännössä. Lähdetietoina käytettiin standardia sekä alan kirjallisuutta.</p> <p>Lisäksi työssä haastateltiin yrityksen projektipäälliköitä sekä asentajia ja käytiin läpi tämänhetkisiä käyttöönottotarkastuksien suorittamiseen liittyviä ongelmia ja kehitysideoita. Kommenttien sekä työn alun teorian pohjalta luotiin ohjeistus asentajien hyödynnettäväksi käyttöönottotarkastuksien suorittamiseen ja pöytäkirjan täyttöön.</p> <p>Käyttöönottotarkastuksiin tulee projektin aikana varata riittävästi aikaa sekä resursseja. Jännitteisenä suoritettavat mittaukset sijoittuvat projektin loppupäähän, mutta käyttöönottotarkastus tulee ottaa kokonaisuutena huomioon aikataulukuksessa alusta lähtien.</p>	
Avainsanat	käyttöönottotarkastus, käyttöönottomittaus

Author Title	Eetu Källi Commissioning Inspections of Electrical Installations
Number of Pages Date	23 pages + 2 appendices 30 November 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Professional Major	Electrical Power Engineering
Instructor	Eero Kupila, Senior Lecturer Jari Salin, Technical Director
<p>This thesis concerns commissioning inspections of low voltage electrical installations and how they are performed in electrical contracting company's projects. The aim for this study was to find out what kind of requirements and measures are completed in commissioning inspection made according to standard SFS 6000.</p> <p>The study was made for Laihon Sähkö-corporation. Laihon Sähkö consists of the parent company Laihon Sähkö Oy and the subsidiary company Laiho Group Oy. The corporation operates in Helsinki, Salo and Turku areas. The goal was to integrate the instructions to commissioning inspections in the whole corporation.</p> <p>This thesis handles laws, decrees and standards that apply to electrical installations and commissioning inspections. The focus of this study is on the requirements that the standard has set and how to fulfill these requirements in practice. Standard SFS 6000 and literature of the electricity field were used as sources.</p> <p>In addition, company's project managers and electricians were interviewed and the current problems and development ideas in performing commissioning inspections were discussed. Based on the project managers comments and the theory, an instruction was made for the electricians to help them in the commissioning inspections and in filling in the report correctly.</p> <p>The result of this thesis work is instructions that were created to help electricians accomplish the commissioning inspections. Live measurements take place at the end of the project, but the commissioning inspection should be considered in the schedule of the project from the beginning. Completing commissioning inspections require plenty of time and resources, and this should be considered when scheduling the project.</p>	
Keywords	commissioning inspection, commissioning measurement

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Sähköasennuksia koskevat vaatimukset	1
3	Käyttöönottotarkastus	2
3.1	Aistinvaraiset tarkastukset	3
3.2	Testaukset	4
3.2.1	Jännitteettömät mittaukset	5
3.2.2	Jännitteiset mittaukset	12
3.2.3	Toimintatestit	15
3.3	Käyttöönottotarkastuspöytäkirja	15
4	Kartoitus konsernin toimintatavoista	16
5	Ohjeistus käyttöönottotarkastuksista	17
5.1	Eristysresistanssimittaukset	18
5.2	Suojajohtimien jatkuvuus	19
5.3	Syötön automaattinen poiskytkentä	20
5.4	Vikavirtasuojan toiminta	20
5.5	Kiertosuunnan tarkistus	21
5.6	Aistinvarainen tarkastus	21
6	Yhteenveto	22
	Lähteet	23
	Liitteet	
	Liite 1. Käyttöönottotarkastuspöytäkirja	
	Liite 2. Mittauspöytäkirja	

Lyhenteet

L1, L2, L3	<i>Line</i> . Vaihejohdin, joka on normaalitilanteessa jännitteinen ja kykenee osallistumaan sähköenergian siirtoon.
FELV	<i>Functional Extra Low Voltage</i> . Toiminnallinen pienenjännite.
N	<i>Neutral</i> . Nollajohdin, järjestelmän nollapisteeseen sähköisesti yhdistetty johdin, joka kykenee osallistumaan sähköenergian siirtoon.
PE	<i>Protective Earth</i> . Suojajohdin, johdin, jota käytetään suojauksen takia.
PELV	<i>Protective Extra Low Voltage</i> . Pienenjännite, suojausmenetelmä, toision voi maadoittaa.
SELV	<i>Safety Extra Low Voltage</i> . Pienenjännite, suojausmenetelmä, maasta erotettu.
TN-S	<i>Terra Neutral Separated</i> . Sähkön jakelujärjestelmä, jossa yksi piste on maadoitettu ja jossa on erillinen nolla- ja suojamaadoitusjohdin koko järjestelmässä.
V	<i>Voltage</i> . Voltti, jännitteen yksikkö

1 Johdanto

Sähkölaitteiston käyttöönottotarkastuksesta on säädetty laissa, ja se tulee suorittaa aina ennen uuden asennuksen käyttöönottoa. Tarkastuksesta vastaa sähkölaitteiston rakentaja ja sen saa suorittaa riittävän ammattitaidon omaava sähköalan ammattihenkilö.

Käyttöönottotarkastus koostuu aistinvaraisista tarkastuksista sekä mittauksista ja testauksista. Aistinvarainen tarkastus tapahtuu koko rakennustyön ajan, kun taas mittaukset ja testaukset sijoittuvat rakennusajan loppupuolelle. Mittaukset voidaan jakaa kahden osaan, ennen ensimmäistä jännitteen kytkentää suoritettaviin jännitteettömiin mittauksiin sekä jänniteisinä suoritettaviin mittauksiin. Mittauksia suoritetaan standardin vaatimukset täyttävillä mittalaitteilla.

Työ tehtiin Laihon Sähkölle. Laihon Sähkö-konserni koostuu emoyhtiö Laihon Sähkö Oy:stä ja tytäryhtiö Laiho Group Oy:stä. Toimintaa yrityksellä on Helsingin, Salon ja Turun alueilla. Yrityksessä on nähty tarpeelliseksi yhtenäistää koko konsernin käyttöönottotarkastusten suoritustavat ja sen dokumentointi.

Työn tavoitteena oli luoda ohjeistus käyttöönottotarkastusten suorittamiseen. Työ on tehty tarkastellen yrityksen yleisimpiä urakointikohteita, joten siinä käsitellään rakennusten pienjännitesähköasennusten käyttöönottotarkastuksia TN-S-järjestelmässä. Työstä on rajattu erikoistilojen vaatimukset pois.

2 Sähköasennuksia koskevat vaatimukset

Sähköturvallisuuslaista (1135/2016) tulee sähköturvallisuutta koskevat olennaiset vaatimukset. Sähkölaitteistojen turvallisuudesta on säädetty lisäksi Valtioneuvoston asetuksessa sähkölaitteistoita (1434/2016). Muita lakia täydentäviä keskeisiä asetuksia ovat Valtioneuvoston asetukset sähkötyöstä ja käyttötyöstä (1435/2016) sekä sähkölaitteiden ja -laitteistojen sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta (1436/2016). Valtioneuvoston asetuksessa sähkölaitteiden turvallisuudesta (1437/2016) on lisäksi säädetty sähkölaitteiden turvallisuudesta. [1, s. 8].

Sähköturvallisuuslaki 6 § määrittelee, että sähkölaitteistot on rakennettava siten, että niistä ei aiheudu vaaraa hengelle, terveydelle tai omaisuudelle, niistä ei aiheudu kohtuutonta häiriötä sähköisesti tai sähkömagneettisesti eikä niiden toiminta häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti [2].

Sähköturvallisuuslain 43 §:ssä mainitaan, että sähkölaitteiston saa ottaa käyttöön vasta, kun on käyttöönottotarkastuksessa riittävässä laajuudessa selvitetty, että laitteistosta ei aiheudu 6 §:ssä tarkoitettua vaaraa tai häiriötä. Laitteiston rakentajan pitää huolehtia käyttöönottotarkastuksesta ja laatia tarkastuksesta pöytäkirja. [2].

Lisäksi sähköturvallisuuslain 43 §:ssä määritetään, että sähkölaitteisto katsotaan käyttönotetuksi siinä vaiheessa, kun siihen kytketään jännite sen varsinaista käyttöä varten. Valvottuja tilanteita, esimerkiksi koekäytöt ja käyttöönottotarkastus, ei lasketa käyttönotoksi. [2].

Toimittuna pienjännitesähköasennuksia koskevan standardin SFS 6000/2017 mukaan, tulee säädösten vaatimukset täytetyiksi [3, s. 3].

3 Käyttöönottotarkastus

Käyttöönottotarkastus on suoritettava aina ennen uuden asennuksen käyttöönottoa. Tarkastuksen suorittaa laitteiston rakentaja. Valtioneuvoston asetuksen (1437/2016) mukaiset olennaiset turvallisuusvaatimukset täytyvät, kun käyttöönottotarkastus suoritetaan standardin SFS 6000 osan 6 mukaisesti. [4, s. 9].

Käyttöönottotarkastusta suorittavan henkilön täytyy olla riittävän ammattitaidon omaava sähköalan ammattihenkilö, joka tuntee riittävässä laajuudessa työhön vaadittavat määräykset ja ohjeet.

Käyttöönottotarkastus koostuu aistinvaraisista tarkastuksista, mittauksista sekä testauksista. Aistinvaraista tarkastusta suoritetaan koko asennustyön ajan aina tavaran vastaanotosta käyttöönottotarkastuspöytäkirjan tekoon asti. Aistinvaraisesti havainnoidaan asioita, joita ei esimerkiksi mittaamalla saada selville. Tarkastukseen sisältyy myös

erilaisia mittauksia. Mittaukset voidaan jakaa kahteen osaan, jännitteettömiin sekä jännitteisiin mittauksiin. Jännitteettömänä suoritettavat mittaukset tulee olla suoritettuina aina ennen ensimmäistä jännitteen kytkentää tarkastettavaan laitteistoon. Jännitteisiä mittauksia suoritetaan vasta, kun on ensin varmistuttu laitteiston turvallisuus aistinvaraisella tarkastuksella sekä jännitteettömillä mittauksilla. Käyttöönototarkastukseen sisältyy lisäksi myös erilaisia toimintatestejä, joilla varmistutaan laitteiston oikeasta toiminnasta ja vaatimusten mukaisuudesta.

3.1 Aistinvaraiset tarkastukset

Nimensä mukaisesti aistinvaraisessa tarkastuksessa laitteistoa tarkastellaan kaikkia aisteja hyödyntäen. Aistinvaraista tarkastusta suoritetaan koko ajan, asennustyöstä aina käyttöönottoon saakka. Aistinvarainen tarkastus tehdään yleensä jännitteettömässä sähkölaitteistossa ennen käyttöönottomittauksia. Mikäli tarkastuksessa havaitaan puutteita, tulee ne korjata työn aikana tai viimeistään ennen käyttöönottoa. [1, s. 343].

Standardi SFS 6000 määrittelee seuraavat kohdat aistinvaraiseen tarkastukseen, silloin kun ne ovat aiheellisia [3, s. 441]:

- sähköiskulta suojaukseen käytetyt menetelmät (SFS 6000-4-41)
- palosuojuksien käyttö ja toimenpiteet lämpövaikutuksilta suojaamiseksi (SFS 6000-4-42) sekä palon leviämisen estämiseksi tehdyt toimenpiteet (SFS 6000-5-52 luku 527)
- johtimien valinta kuormitettavuuden kannalta (SFS 6000-4-43 ja SFS 6000-5-52 luku 523)
- suoja- ja valvontalaitteiden valinta, asettelu, selektiivisyys ja yhteensopivuus (SFS 6000-5-53)
- sopivien ylijännitesuojien valinta, sijoitus ja asennus, silloin kun ne on vaadittu (SFS 6000-5-53 luku 534)
- erotus- ja kytkentälaitteiden valinta, sijoitus ja asennus (SFS 6000-5-53 luku 537)
- 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)
- nolla- ja suojajohtimien oikeat tunnuksat (SFS 6000-5-51 kohta 514.3)
- piirustusten, varoituskilpien tai vastaavien tietojen olemassaolo (SFS 6000-5-51 kohta 514.5)

- virtapiirien, varokkeiden, kytkimien, liittimien yms. tunnistettavuus (SFS 6000-5-51 luku 514)
- kaapelien ja johtimien päätteiden ja liitosten sopivuus (SFS 6000-5-52 luku 526)
- maadoituskytkentöjen, suojajohtimien ja niiden liitosten sopivuus (SFS 6000-5-54)
- sähkölaitteiston käytön, tunnistamisen ja huollon vaatima tila (SFS 6000-5-51 luvut 513 ja 514 ja SFS 6000-7-729)
- sähkömagneettisilta häiriöiltä suojaavat toimenpiteet (SFS 6000-4-44 luku 444)
- jännitteelle alltiiden osien kytkennät maadoitusjärjestelmään (SFS 6000-4-41 kohta 411)
- johtojärjestelmien valinta ja asentaminen (SFS 6000-5-52 luvut 521 ja 522)
- yksivaiheisten kytkinlaitteiden kytkentä äärijohtimiin ja äärijohtimen kytkentä lampunpitimen kantaosaan (SFS 6000-46 ja SFS 6000-5-53).

3.2 Testaukset

Käyttöönottotarkastuksessa suoritetaan aistinvaraisten tarkastusten lisäksi erilaisia mittauksia ja toimintatestejä. Osa mittauksista voidaan korvata laskennallisilla arvoilla, mutta laskelmien lisäksi on hyvä tehdä mittauksia, ainakin pistokoeluntuotoisia tarkistusmittauksia, laskelmavirheiden pois sulkemiseksi.

Testaukset on suoritettava mieluiten siinä järjestyksessä, kuin ne on standardin SFS 6000 kohdassa 6.4.3 esitetty. Testaukset voidaan suorittaa vasta siinä vaiheessa, kun asennuksen myöhemmät vaiheet eivät voi enää vaikuttaa tuloksiin. [1, s 349.]

Mittaukset voidaan jakaa kahteen ryhmään: jännitteettömät ja jännitteiset mittaukset. Mittauksiin tulee käyttää standardin EN 61557 mukaisia mittalaitteita. Standardi määrittää myös muun muassa eri mittauksissa käytettävät virrat ja jännitteet. Standardit eivät aseta vaatimuksia mittalaitteiden kalibroinnille, mutta esimerkiksi työn tilaaja voi vaatia käytettäväksi mittalaitteita, joissa kalibrointi on voimassa. [1, s. 350; 5, s. 89.]

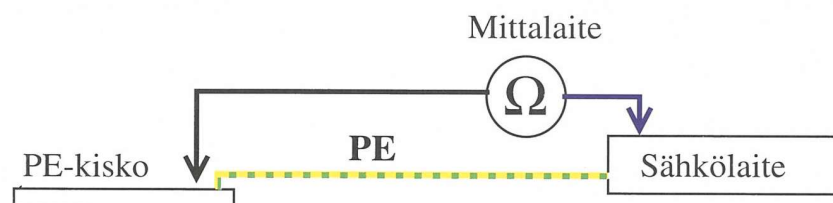
3.2.1 Jännitteettömät mittaukset

Ennen kuin jännite kytketään sähkölaitteistoon ensimmäisen kerran, tulee varmistua sen riittävästä turvallisuudesta. Tämä edellyttää tiettyjen mittausten suorittamista jännitteettömänä, sekä edellä mainittua aistinvaraista tarkastusta.

Suojajohtimien jatkuvuus

Suojajohtimien jatkuvuusmittauksissa mitataan suojajohtimien resistanssia. Mittauksella varmistutaan suojajohtimien eheydestä ja liitoksien kunnosta. Mittaukset suoritetaan suojajohtimista, joiksi luokitellaan maadoitusjohtimet, suojamaadoitusjohtimet ja potentiaalintasausjohtimet sekä jännitteelle alltiista osista. [3, s. 443; 4, s. 19].

Suojajohtimien kytkentää ei mittauksen ajaksi tarvitse irrottaa, mutta TN-S järjestelmässä N- ja PE-johtimien yhdistys tulee avata mittausten ajaksi. Avaamisella varmistutaan, ettei N- ja PE-johtimien kytkennät ole menneet ristiin asennuksissa. Jatkuvuusmittaus tulee suorittaa kattavana jokaisesta laitteesta omana mittauksenaan. Kuvassa 1 on esitetty mittaustapa.



Kuva 1. Suojajohtimen jatkuvuuden mittaus [1, s. 351].

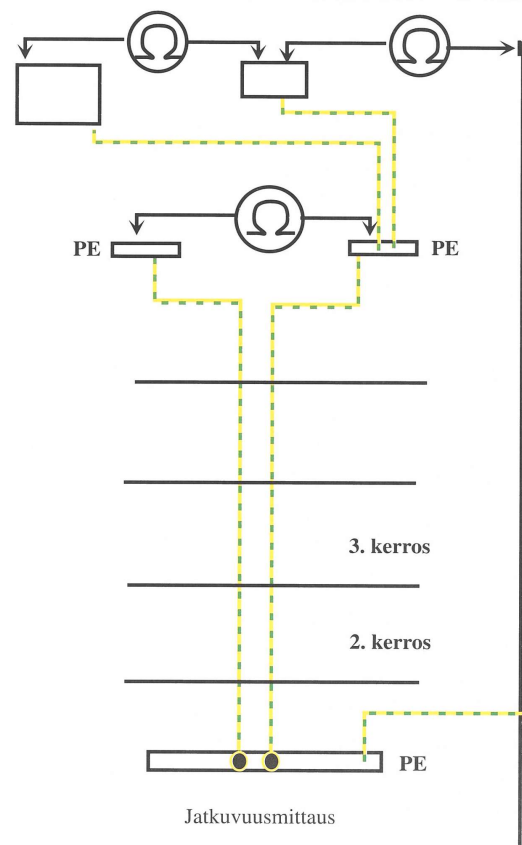
Mittalaitestandardin (EN 61557) mukaan mittauksessa käytettävä kuormittamatonta 4–24 V:n tasa- tai vaihtojännitettä ja minimimittausvirta on 0,2 A [1, s. 350].

Hyväksytylle mittaustulokselle ei ole tarkkaa arvoa. Mitattua arvoa tulee verrata mitatun johtimen poikkipinnan ja pituuden perusteella arvioituun arvoon. Taulukosta 1 voidaan todeta, että hyväksytyt mittaustulokset ovat yleensä luokkaa 0,00–2,00 Ω.

Taulukko 1. Kupari- ja alumiinijohtimien resistanssiarvoja [4, s. 21].

Johdin- poikki- pinta-ala mm ²	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

Mittajohtimien resistanssi täytyy joko kalibroida mittarilla, jos se on mahdollista, tai vähentää sen arvo mittaustuloksesta. Ensimmäinen mittaus tulisi suorittaa yhdistämällä mittajohtimet, jotta varmistetaan niiden eheys sekä kalibroidaan mittajohtimet tai saadaan selville niiden resistanssiarvo, joka vähennetään mittaustuloksesta.



Kuva 2. Mittauksessa voi käyttää apuna toisia suojaohjtimia [1, s 351].

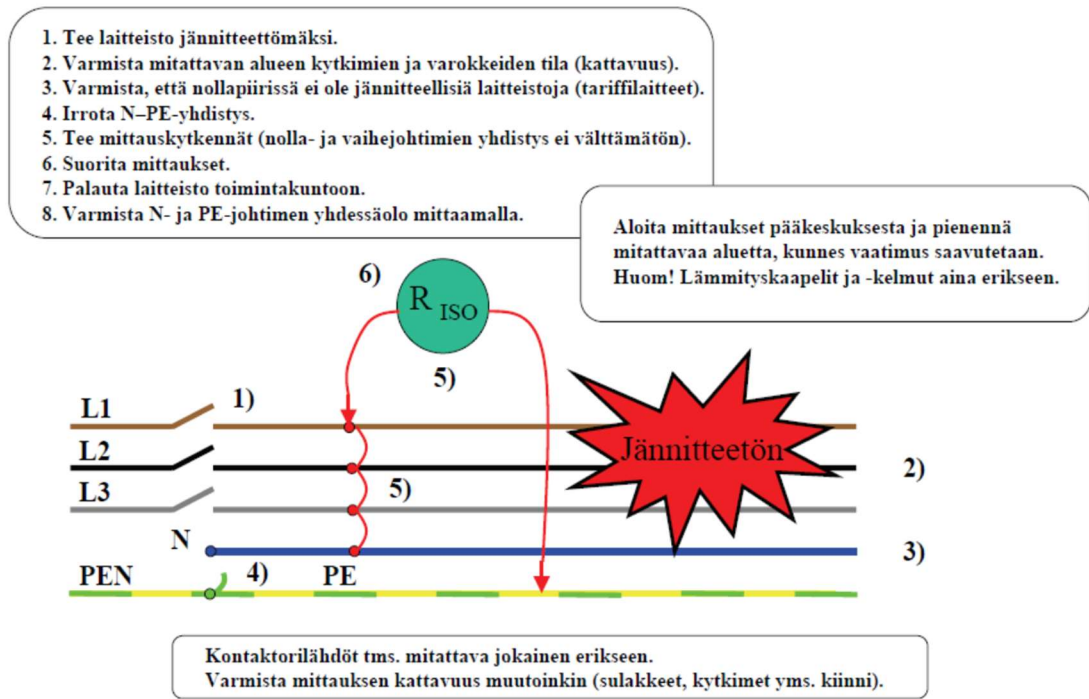
Jatkuvuusmittauksissa, kuten muissakin mittauksissa, on syytä kiinnittää huomiota liitoksiin. Huonot liitokset kasvattavat ylimenovastusta ja voivat vaikuttaa merkittävästi mitaustulokseen. Kuvassa 2 on havainnollistettu apujohtimien käyttöä mittauksissa. Käytettäessä apujohtimia, täytyy myös ne kalibroida mittariin tai niiden arvo vähentää mitaustuloksesta. Aina kun mittajohtimia, apujohtimia tai mittapäitä vaihdetaan, tulee ne ottaa huomioon tuloksissa. [4, s. 20].

Eristysresistanssi

Vaikka standardissa SFS 6000:ssa on mainittu suojaohjtimen jatkuvuuden mittaus ennen eristysresistanssimittauksia, on järkevää ja mahdollista suorittaa eristysresistanssimittaukset tarvittaessa ensimmäisenä [6, s 31].

Eristysresistanssimittauksessa mitataan jännitteisten johtimien välistä sekä jännitteisten johtimien ja maan välistä resistanssia. Mittaustuloksilla varmistutaan jännitteisten osien

riittävä eristys. TN-S-järjestelmässä myös N-johdin lasketaan jännitteiseksi johtimeksi. Eristysresistanssi mitataan jännitteisten johtimien väliltä, kun siitä on erikseen sovittu, esimerkiksi pääjohtojen osalta. [3, s. 443].



Kuva 3. Asennuksen eristysresistanssin mittaaminen [4, s. 26].

TN-S-järjestelmässä N- ja PE-johtimien yhdistys tulee avata mittausten ajaksi. Kuvasta 3 nähdään, että mittaus voidaan suorittaa oikosulkemalla äärijohtimet ja nollajohdin. Mittausjännite on normaalisti 500 V:n tasajännitettä ja hyväksytyt mittaustulokset vähintään 1 MΩ. Mikäli mittauspiiriin sisältyy elektronisia laitteita, ylijännitesuojia tai muita laitteita, jotka voivat vaurioitua tai vaikuttaa mittauksen tuloksiin, täytyy ne erottaa mittauksen ajaksi. Mikäli tällaisten laitteiden erottaminen on kohtuuttoman vaikeaa, voidaan mittausjännitettä laskea 250 V:n tasajännitteeseen. Mittaustulosten tulee olla tällöinkin vähintään 1 MΩ. Taulukossa 2 on esitetty mittaussjännitteet ja vaaditut minimiarvot. [4, s. 23].

Taulukko 2. Eristysresistanssien pienimmät sallitut arvot [3, s. 443].

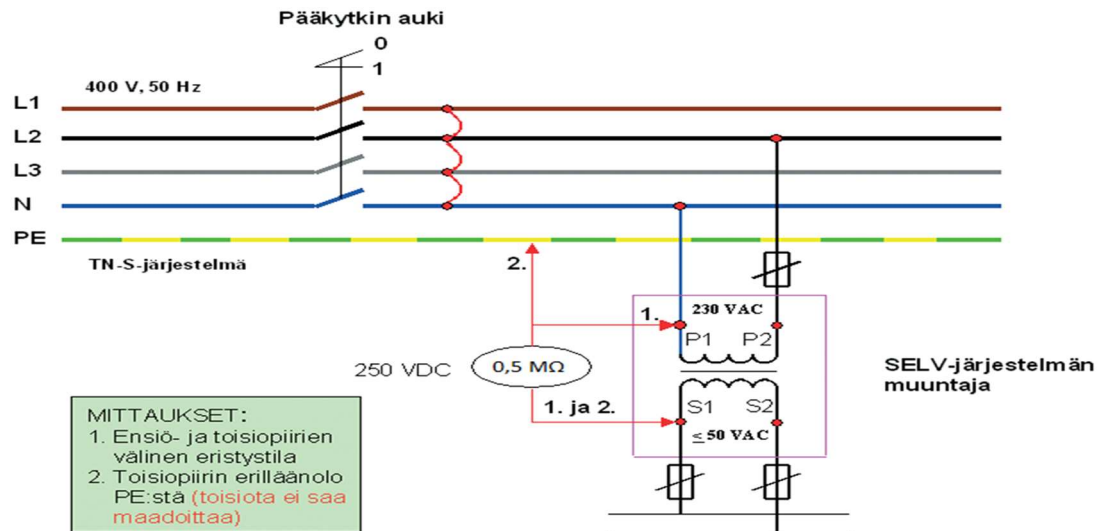
Virtapiirin jännitejärjestelmä tai nimellijännite	Koejännite (tasajännite) V	Eristysresistanssin minimiarvo MΩ
SELV ja PELV	250	0,5
Enintään 500 V FELV mukaan luettuna	500	1,0
Yli 500 V	1000	1,0

FELV-piirien mittaus tulee suorittaa niiden teholähteen syöttöpuolella käytettävän jännitteen mukaisella testijännitteellä [3, s. 443].

Ennen mittausten suorittamista tulee asettaa sulakkeet paikalleen ja kytkeä johdonsuojakatkaisijat, vikavirtasuojat, kytkimet yms. kiinni asentoon. Mikäli mittauspiiri sisältää kontakteja tai releitä, täytyy ne saada suljettua. Mikäli se ei ole mahdollista, tulee niiden jälkeisten piirien mittaukset suorittaa omina mittauksinaan. [1, s. 352].

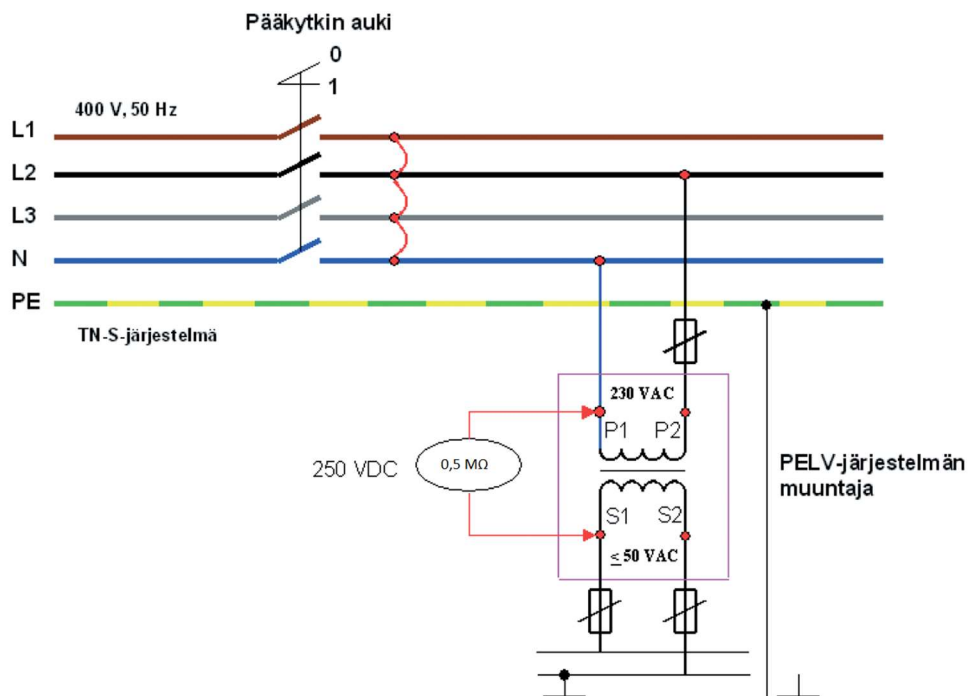
SELV- ja PELV-järjestelmien sekä suoja- ja sähköisesti erotettujen piirien eristysresistanssi

SELV- ja PELV-järjestelmässä mitataan muuntajan ensiö- ja toisiopuolen välinen resistanssi sekä SELV-piiristä mitataan lisäksi toisiopuolen eristysresistanssi maadoituksesta, kuten kuvasta 4 nähdään. Mittauksilla varmistetaan suurempijännitteisten piirien eristys SELV- ja PELV-piireistä. Mittaukset suoritetaan 250 V:n tasajännitteellä ja saatujen mittaustulosten tulee täyttää taulukon 2 vaatimukset. [1, s 354].



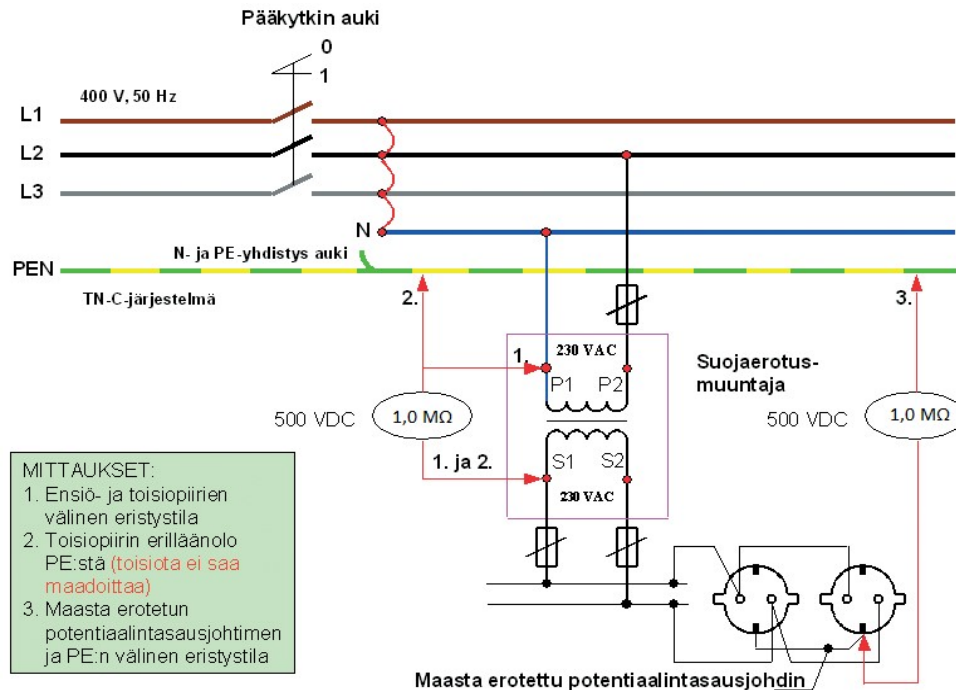
Kuva 4. SELV-järjestelmän eristysresistanssin mittaaminen [4, s. 26].

Kuvassa 5 on esitetty PELV-järjestelmän erityseristanssimittaus. PELV-järjestelmässä toinen toisiopuolen navoista tai jännitteelle alttiit kosketeltavat osat voi olla yhdistettynä suojamaadoitukseen [4, s. 27].



Kuva 5. PELV-järjestelmän eristysresistanssin mittaaminen [4, s. 27].

Suojaerotuksessa (kuva 6) mitataan ensiö- ja toisiopuolen välistä reisistanssia sekä toisiopuolen resistanssia suojamaadoituksesta. Mittaukset suoritetaan 500 V:n tasajännitteellä ja saatujen mittaustulosten tulee täyttää taulukon 2 vaatimukset. [4 s. 27].



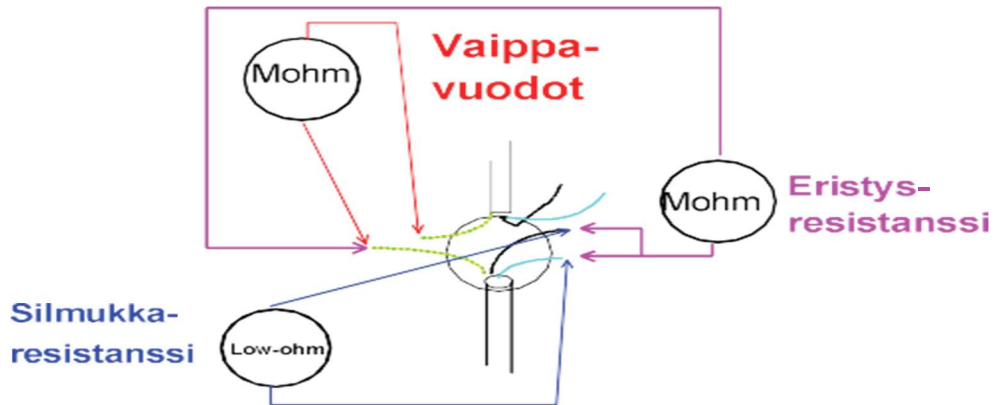
Kuva 6. Suojaerotuksen eristysresistanssin mittaaminen [4 s. 28].

Sähköistä erotusta käytettäessä tulee suorittaa eristysresistanssimittaus muiden virtapiirien jännitteisistä osista ja maasta. Sähköisen erotuksen ero suojaerotukseen on se, että sähköisesti erotetussa muuntajassa ensiö- ja toisiopuolien välinen eristys voi olla yksinkertainen, kun suojaerotuksessa muuntaja on kaksois- tai lisäeristetty. Mittaustulosten tulee täyttää taulukon 2 vaatimukset. [4, s 27].

Erityislaitteistot

Mikäli sähkölaite on rakenteen tai asennustavan vuoksi alttiina vahingoittumiselle, tulee sen eristysresistanssi mitata. Lämmityskaapelit ja -kelmut ovat esimerkki tällaisista. Niille silmukka- ja eristysresistanssi mittaukset tulee suorittaa välittömästi asennuksen jälkeen ennen niiden peittämistä sekä mahdollisimman pian peittämisen jälkeen.

Kuvassa 7 on esitetty lämmityskaapelin mittauksia. Silmukkareisistanssi mitataan vaihe- ja nollajohtimen väliltä. Eristysresistanssi mitataan vaihe- ja suojajohtimen sekä nolla- ja suojajohtimen väliltä. Lisäksi suositus on mitata eristysresistanssi lämmityskaapelin suo- japalmikon ja ryhmänjohdon suojajohtimen väliltä. [4, s. 29.]



Kuva 7. Lämmityskaapeli eristysresistanssin mittausta [4, s. 29].

3.2.2 Jännitteiset mittaukset

Hyväksytysti suoritettujen jännitteettömien mittausten jälkeen voi sähkölaitteistoon kyt- keä jännitteen ja suorittaa jännitteiset mittaukset.

Syötön automaattinen poiskytkentä

Syötön automaattisen poiskytkennän toiminta on tarkastettava, jotta varmistetaan vika- suojauksen toimivuudesta. Yleisin tapa tähän on vikavirtapiirin silmukkaimpedanssin mit- taus ja oikosulkuvirran määrittäminen vikatapauksen tuloksen perusteella. Tätä saatua arvoa verrataan suojalaitteiden taulukkoarvoihin. Mittaus suoritetaan L- ja PE-johtimien välillä. [4, s. 30].

Standardin mukaan aina ei ole tarpeellista mitata vikavirtapiirin silmukkaimpedanssia. Näin voi toimia, kun suojajohtimien jatkuvuudet on mitaamalla tarkastettu ja kohteessa on käytettävissä laskelmat oikosulkuvirroista järjestelmän eri pisteistä. Tällöin asennuk- sien täytyy vastata laskelmissa käytettyjä johdinpituuksia, poikkipinta-aloja ja suojalait- teita. [4, s. 30].

Suojajohtimien jatkuvuus tulee olla mitattuna ennen vikavirtapiirin silmukkaimpedanssin mittausta. Impedanssin mittaus suoritetaan kyseisen piirin nimellistaajuudella. Mittauksia ei tarvitse tehdä kattavana, jos sitä ei erikseen vaadita. [4, s. 31].

Lähtökohtaisesti mittaukset suoritetaan jokaisesta keskuksista sekä jokaisen keskuksen epäedullisimmista pisteistä suoritetaan muutama mittaus. Epäedulliset pisteet ovat yleensä niissä ryhmä johdoissa, joissa on pienimmät poikkipinta-alat sekä pisimmät matkat. [4, s. 32].

Käytännössä mittalaitteet mittaavat vikavirtapiirin silmukkaimpedanssin ja ilmoittavat tuloksena suoraan silmukkaimpedanssin sekä oikosulkuvirran. Tuloksena saadussa oikosulkuvirrassa ei ole mukana vikatilanteen lämpötilan noususta johtuvaa resistanssin kasvua. Tästä johtuu, että mittaamalla saatu impedanssiarvo saa olla enintään 4/5 laskennallisesta arvosta. Taulukoissa 3 ja 4 esitetyt suojalaitteiden vaatimat toimintavirta-arvot täytyy kertoa $\frac{5}{4}$:llä. Mittaamalla saadun oikosulkuvirta-arvon täytyy siten olla 1,25-kertainen suojalaitteen toimintarajavirtaan nähden

Taulukko 3. Pienimmät johdinsuojakatkaisijoiden toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot [4, s. 33].

Nimellis- virta A	B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A	K ja G- tyypit 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A	D-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo 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 [4, s. 33].

Nimellisvirta A	gG-sulake 0,4 s A	Vaadittu mitattu arvo A	gG-sulake 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo 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

5 sekunnin laukaisuaikaa saa käyttää keskuksia syöttävillä johdoilla, sekä yli 32 A:n kiinteitä asennuksia syöttävissä ryhmäjohdoissa. SFS 6000:ssa edellytetään pistorasiaryhmissä 63 A:iin saakka 0,4 sekunnin poiskytkentäaika. Muissa tapauksissa laukaisuaika saa olla maksimissaan 0,4 s [4, s. 32].

Virtapiirin silmukkaimpedanssin tai oikosulkuvirran mittaamista ei vaadita, jos vikasuojaus on toteutettu vikavirtasuojalla. Tällöin vikavirtasuojan toiminta tulee tarkastaa [1, s. 357].

Vikavirtasuojan toiminta

Jokaisen vikavirtasuojan toiminta pitää testata ja mitata. Testaus tapahtuu ensin vikavirtasuojan testipainikkeella, jonka jälkeen mittauksella varmistetaan toiminta oikealla toimintavirralla. Käytettäessä mittaukseen AC-tyyppin testivirtaa, tulee vikavirtasuojan toimintavirran suuruus olla yli ½- ja maksimissaan 1-kertainen nimellistoimintavirrastaan.

Mikäli vikavirtasuojaa käytetään vikasuojaukseen ja lisäsuojaukseen, täytyy siitä mitata myös toiminta-aika. [1, s. 357; 4, s. 34].

Vikavirtasuojakytkimien mittaukset voi suorittaa mistä tahansa kohdin virtapiiriä, jota vikavirtasuojakytkin suoja [5, s. 93].

Kierosuunnan tarkistus

Monivaiheisissa piireissä tulee aina tarkistaa kiertosuunta. Vaikka keskuksista ei lähtisi-
kään yhtään kolmivaihe ryhmää, tulee kiertosuunta tarkistaa [4, s. 35].

Napaisuus

Yksinapaisten kytkinlaitteiden asentaminen nollajohtimeen on kielletty. Napaisuuden varmistaminen on määritelty standardissa käyttöönotto tarkastuksen toimenpiteeksi. Käytännössä napaisuutta ei saada selville mittalaitteilla, joten sen tarkastus täytyy tehdä asennusvaiheessa aistinvaraisen tarkastuksen aikana. [4, s. 34].

3.2.3 Toimintatestit

Toimintatesteillä varmistetaan asennettujen laitteiden oikea asennustapa, kiinnitys sekä säätö niille asetettujen vaatimusten mukaan. Testattavia laitteita ovat esimerkiksi keskusten käyttö-, ohjaus- ja lukituslaitteet sekä hätäkytkentä- ja hätäpysäytyslaitteet

Suojalaitteille on myös tehtävä tarpeen mukaan toimintatestejä, jotta ne voidaan todeta oikein asennetuiksi ja säädetyiksi. Toimintatestit voidaan suorittaa, kun asennukset ovat valmiita, joten testit sijoittuvat työn loppuvaiheille. [4 s 35].

3.3 Käyttöönotto tarkastuspöytäkirja

Käyttöönotto tarkastuspöytäkirja on tehtävä jokaisesta uudesta asennuksesta tai olemassa olevan asennuksen laajennuksesta tai muutoksesta. Poikkeuksena ovat valtioneuvoston asetuksessa (1434/2016) mainitut kohteet, joista pöytäkirjaa ei vaadita.

Vaikka pöytäkirjaa ei vaadittaisi, on sähkölaitteiston rakentajan hyvä tehdä pöytäkirja työn edellyttämässä laajuudessa ja riittävän tarkasti rajattuna mahdollista myöhempää selvitystä varten. [6, s. 68].

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjan täytyy sisältää

- tarkastetun laitteiston yksilöintitiedot
- laitteiston rakentajan (urakoitsijan ja sähkötöiden johtajan) yhteystiedot
- selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta
- maininta sovelletuista standardeista
- mahdollisten poikkeamien osalta maininta sähköturvallisuuslain 34 §:n mukaisen selvityksen olemassaolosta
- eristysresistanssimittausten kaikki mittaustulokset
- jatkuvuusmittaukset keskusalueittain (yksittäisiä mittaustuloksia ei tarvitse kirjata, vaan riittää toteamus vaatimusten täyttymisestä)
- syötön automaattisen poiskytkennän toteamiseen tarvittavat mittausten tulokset keskusalueittain epäedullisimmissa pisteissä
- vikavirtasuojien toiminnan testaus kattavasti, tarvittaessa toiminta-ajat
- kiertosuunta keskuskohtaisesti.

Asennuksen käyttöönottotarkastuspöytäkirja pitäisi sisältää lisäksi tieto huolto- ja kunnossapito-ohjelman mahdollisesta tarpeesta ja tieto seuraavan määräaikaistarkastuksen ajankohdasta. Pöytäkirjasta on myös löydyttävä tieto, miten on toimittu EMC-direktiivin mukaisten vaatimusten täyttymiseksi.

Pöytäkirjan allekirjoittavat sen tekijät. Pöytäkirjan ulkoasulle ei ole vaatimuksia, kunhan siitä löytyy tarvittavat tiedot [1, s. 359].

4 Kartoitus konsernin toimintatavoista

Kävin keskustelua Lahon Sähkön eri toimipisteissä työnjohdon ja asentajien kanssa käyttöönottotarkastusten käytännöistä, toimintatavoista ja ilmenneistä kehitysideoista. Keskustelin 29.10.2020 Helsingin toimipisteen sähkötöiden johtajan, kolmen työnjohtajan ja asentajan kanssa, 10.11.2020 Salon toimipisteen työnjohtajan ja asentajan kanssa sekä Turun työnjohtajan ja asentajan kanssa. Keskustelua heräsi etenkin aistinvaraisen

tarkastuksen todentamisesta, käyttöönottomittausten ajoituksesta sekä pöytäkirjan täyttämisestä.

Aistinvaraisen tarkastuksen suorittamiseen kaivattaisiin valmista tarkastuslistaa, johon voisi rasti ruutuun -menetelmällä kirjata tarkastettuja kokonaisuuksia ylös. Tätä pohjaa voitaisiin tarvittaessa muokata työmaan mukaan. Keskuksien kansiin voisi myös tulostaa tarkastuslistan, johon merkitään jokainen suoritettu työvaihe keskukseseen liittyen.

Käyttöönottomittausten suorittamisen ajoitukseen pitäisi kiinnittää enemmän huomiota. Etteivät kaikki tarkastukset ja mittaukset pakkautuisi projektin loppupäähän, olisi ne aloitettava mahdollisuuksien mukaan heti, kun keskusalueen asennuksia saadaan valmiiksi. Mittaukset ovat myös paljon aikaa vaativa työvaihe, joten ne pitää ottaa huomioon jo projektin alussa aikataulua luodessa.

Käyttöönottomittausten suorittamisesta kaivattiin kirjallista ohjeistusta asentajien käyttöön. Koska urakkatyömaat ovat usein pitkiä, eivät asentajat suorita käyttöönottomittauksia välttämättä kovin usein. Ohjeistus olisi hyvä käydä läpi aina ennen mittausten aloitusta sekä niiden aikana. Asentajilla olisi hyvä olla vaadittujen mittaustulosten taulukoita sekä malliksi täytetty mittauspöytäkirja, josta asentaja näkisi, miten mittauspöytäkirja tulisi täyttää ja mitä tietoja siinä vaaditaan.

Mittauspöytäkirjaan ja ohjeistukseen kaivattiin myös tietoja mittauksista, joita standardi ei välttämättä vaadi suoritettavan, mutta joista voidaan todeta asennuksien oikeellisuus ja saada tarvittavia tietoja jatkoa varten. Tällaisia olisivat esimerkiksi jännitteen mittaus ja kirjaus pöytäkirjaan keskuskohtaisesti sekä vaihe- ja nollajohtimen välisen oikosulkuvirran mittaus keskuskohtaisesti.

5 Ohjeistus käyttöönottotarkastuksista

Aina ennen mittauksien aloitusta tulee tarkastaa mittajohtimien kunto. Tämä tapahtuu oikosulkemalla mittapäät ja suorittamalla kalibroitimittauksen. Kun mittari on kalibroinut johtimet, suoritetaan muutama mittaus johtimet edelleen oikosuljettuina. Tuloksen tulee pysyä samana jokaisella mittauksella. Mikäli tulos muuttuu mittauksissa, ovat

mittajohtimet vialliset ja ne tulee vaihtaa. Kun mittajohtimien eheydestä on varmistuttu, voidaan mittaukset aloittaa.

Ohjeistus on tehty uudisrakennuksen sähkölaitteiston käyttöönottomittauksiin. Eristysresistanssimittaukset sekä suojajohtimien jatkuvuusmittaukset tulee suorittaa ennen ensimmäistä jännitteen kytkentää laitteistoon.

Ohjeistus on tehty HT-Italia 420 käyttöönottomittarille.

5.1 Eristysresistanssimittaukset

Eristysresistanssimittaukset suoritetaan jännitteettömänä, ennen ensimmäistä jännitteen kytkentää. Mittarissa käytetään toimintoa $M\Omega$ [7, s. 21].

Jokaisesta keskuksesta mitataan eristysresistanssi sen jälkeen, kun ne on asennettu paikalleen eikä niihin ole vielä kytketty yhtään johtimia. Tällä varmistetaan mahdolliset kuljetuksesta tai asennuksesta syntyneet vauriot. Mittaus suoritetaan vaihejohtimet ja nollajohdin yhdistettynä PE:tä vasten. Mittausjännite on 500 V:n tasajännitettä, mutta mikäli keskuksessa on elektroniasia laitteita, ylijännitesuojia tai muita laitteita, jotka voivat vaurioitua tai vaikuttaa mittauksen tuloksiin, eikä niitä voida kohtuudella erottaa, voidaan mittausjännitettä laskea 250 V:n tasajännitteeseen. Mittaustuloksen tulee olla mitausjännitteestä riippumatta $\geq 1,0 M\Omega$. N- ja PE-yhdistys tulee olla avattuna.

Kaikki nousukaapelit mitataan erikseen ennen kytkentää. Mittaukset suoritetaan vaihejohtimet ja nollajohdin yhdistettynä PE:tä vasten, vaihejohtimet yhdistettynä nollajohdinta vasten, L2 ja L3 yhdistettynä L1:tä vasten sekä L2 L3:a vasten. Mittausjännite on 500 V:n tasajännitettä ja mittaustuloksen tulee olla $\geq 1,0 M\Omega$.

Keskuksista mitataan eristysresistanssi, kun kaikki ryhmät ovat kytkettyinä. Mittaus tapahtuu pääkatkaisija avattuna, sekä N-johdin irrotettuna, mikäli katkaisija on 3-napainen. Mittaus suoritetaan vaihejohtimet ja nollajohdin yhdistettynä PE:tä vasten. Ennen mitausten suorittamista, tulee asettaa sulakkeet paikalleen ja kytkeä johdonsuojakatkaisijat, vikavirtasuojat, kytkimet yms. kiinni asentoon. Mikäli mittauspiiri sisältää kontaktoreja tai releitä, täytyy ne saada suljettua. Mikäli se ei ole mahdollista, tulee niiden jälkeisten

piirien mittaukset suorittaa omina mittauksinaan. Mittausjännite on 500 V:n tasajännitettä, mutta mikäli keskuksessa on elektroniasia laitteita, ylijännitesuojia tai muita laitteita, jotka voivat vaurioitua tai vaikuttaa mittauksen tuloksiin, eikä niitä voida kohtuudella erottaa, voidaan mittausjännitettä laskea 250 V:n tasajännitteeseen. Mittaustuloksen tulee olla mittausjännitteestä riippumatta $\geq 1,0 \text{ M}\Omega$.

SELV-piireistä mitataan ensiö- ja toisiopiirien välinen eristystila sekä toisiopiirin erillään olo PE:stä. PELV-piireistä mitataan ensiö- ja toisiopiirin erillään olo. Suojaerotus piireistä mitataan ensiö- ja toisiopiirien välinen eristystila sekä toisiopiirin erillään olo suojamaadoitetuista piireistä. Mittausjännite on 250 V, ja tuloksen tulee olla $\geq 0,5 \text{ M}\Omega$.

Lämmityskaapeleiden mittaukset tulee suorittaa aina heti asennuksen jälkeen sekä mahdollisen peittämisen jälkeen.

Jokainen piiri tulee mitata ja mittauspöytäkirjaan merkitään jokaisen mittauksen tulos. Pöytäkirjasta tulee selvittää, mikä rele, kytkin tai kontaktori on kulloisessakin mittauksessa ollut suljettuna.

5.2 Suojajohtimien jatkuvuus

Suojajohtimen jatkuvuusmittaukset suoritetaan jännitteettömänä, ennen ensimmäistä jännitteen kytkentää. Mittarissa käytetään toimintoa $\text{LOW}\Omega$ [7, s. 16].

Suojajohtimien jatkuvuus tulee mitata keskusaluettain suojajohtimista, joiksi luokitellaan maadoitusjohtimet, suojamaadoitusjohtimet, ja potentiaalintasausjohtimet sekä jännitteelle alttiista osista. Mittaus suoritetaan jännitteettömänä sekä N- ja PE-yhdistys avattuna tai N-johdin irrotettuna. Jokainen laite mitataan omana mittauksenaan. Mittaustuloksia tulee verrata johtimen poikkipinnan ja pituuden perusteella arvioituun arvoon. Huonoin arvo ja sen esiintymispaikka kirjataan ylös pöytäkirjaan. Mittausjännite on 4–24 V:n tasa- tai vaihtojännitettä ja minimimittausvirta 200 mA. Mikäli mittauksen apuna käytetään apujohdinta, tulee mittari kalibroida ennen mittausta. Suojajohtimen jatkuvuuden vaatimusten täyttymisen kirjaaminen keskusaluettain riittää pöytäkirjaan, yksittäisiä mittaustuloksia ei tarvitse kirjata.

5.3 Syötön automaattinen poiskytkentä

Syötön automaattisen poiskytkennän toiminnan toteamiseksi mitataan keskuksittain sekä keskusalueittain epäedullisimmista vikavirtasuojaamattomista pisteistä oikosulkuvirrat vaihejohtimen ja suojamaan väliltä. Mittalaite ilmoittaa tuloksena vikapiirin silmukaimpedanssin sekä oikosulkuvirran. Saatua virta-arvoa tulee verrata taulukon arvoihin, jotta sen voidaan todeta olevan riittävän suuri laukaisemaan suojalaitteen vaaditussa ajassa. Alle 32 A:n kiinteissä asennuksissa sekä alle 63 A:n pistorasiaryhmissä laukaisuaika on 0,4 s ja yli 32 A:n kiinteissä asennuksissa sekä yli 63 A:n pistorasiaryhmissä laukaisuaika on 5,0 s. Mikäli mittaustulos on riittävä, kirjataan ylös oikosulkuvirta ja impedanssi.

Mikäli ryhmässä on vikavirtasuojakytkin, ei vikapiirin impedanssia tarvitse mitata. Mikäli oikosulkuvirta halutaan mitata ryhmästä, jossa on vikavirtasuojakytkin, täytyy ottaa huomioon käytössä oleva vikavirtasuojaja. Joidenkin valmistajien vikavirtasuojat ovat taajuusriippuvaisia, minkä vuoksi mittaustaajuus vaikuttaa tulokseen.

Keskuksista mitataan lisäksi jokaisen vaiheen ja nollan välinen oikosulkuvirta ja kirjataan ne pöytäkirjaan. Tällä mittauksella varmistetaan nollajohdon eheys.

Mittarissa käytetään toimintoa LOOP [7, s. 35].

5.4 Vikavirtasuojan toiminta

Jokaisen vikavirtasuojan toiminta tulee testata. Ensin testataan vikavirtasuojan toiminta sen omalla testinapilla. Sen lisäksi, vikavirtasuojan toiminta mitataan nimellistoimintavirralla ja kirjata ylös toimintavirta ja toiminta-aika. Lisäksi mitataan ramppitestinä nousevalla virralla alin toimintavirta sekä aika ja kirjataan ne ylös. Vikavirtasuojan tulee toimia yli $\frac{1}{2}$ - ja maksimissaan 1-kertaisella nimellistoimintavirralla. Mittaukset voi suorittaa keskuksella vikavirtasuojan alapuolelta tai lähtöjen riviliittimiltä. Mittaus suoritetaan AC-tyypin sinimuotoisella vikavirralla. Mittarissa käytetään toimintoa RCD [7, s 25].

5.5 Kiertosuunnan tarkistus

Kiertosuunta tulee tarkastaa jokaisesta keskuksista sekä asennuksien kolmivaihepiireistä. Pöytäkirjaan kuitataan kiertosuunta tarkastetuksi, mikäli se on oikea. Mittarissa käytetään toimintoa 123 [7, s. 48].

5.6 Aistinvarainen tarkastus

Aistinvaraista tarkastusta tulee suorittaa koko asennustyön ajan. Asennusta suorittava asentaja vastaa omalta osaltaan asentamiensa kokonaisuuksien aistinvaraisesta tarkastuksesta. Tarkastuksissa havaitut puutteet tulee korjata välittömästi. Aistinvaraiseen tarkastukseen kuuluu seuraavat kohdat, kun ne ovat aiheellisia:

- sähköiskulta suojaukseen käytetyt menetelmät
- palosuojuksien käyttö ja toimenpiteet lämpövaikutuksilta suojaamiseksi sekä palon leviämisen estämiseksi tehdyt toimenpiteet
- johtimien valinta kuormitettavuuden kannalta
- suoja- ja valvontalaitteiden valinta, asettelu, selektiivisyys ja yhteensopivuus
- sopivien ylijännitesuojien valinta, sijoitus ja asennus, silloin kun ne on vaadittu
- erotus- ja kytkentälaitteiden valinta, sijoitus ja asennus
- sähkölaitteiden ja suojausmenetelmien valinta ulkoisten tekijöiden vaikutuksen mukaan
- nolla- ja suojajohtimien oikeat tunnuksot
- piirustusten, varoituskilpien tai vastaavien tietojen olemassaolo
- virtapiirien, varokkeiden, kytkimien, liittimien yms. tunnistettavuus
- kaapelien ja johtimien päätteiden ja liitosten sopivuus
- maadoituskytkentöjen, suojajohtimien ja niiden liitosten sopivuus
- sähkölaitteiston käytön, tunnistamisen ja huollon vaatima tila
- sähkömagneettisilta häiriöiltä suojaavat toimenpiteet
- jännitteelle alltiiden osien kytkennät maadoitusjärjestelmään
- johtojärjestelmien valinta ja asentaminen
- yksivaiheisten kytkinlaitteiden kytkentä äärijohtimiin ja äärijohtimen kytkentä lampunpitimen kantaosaan.

6 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli luoda ohjeistus käyttöönottotarkastuksien suorittamiseen koko Laihon Sähkö-konsernin käyttöön. Ohjeistuksen laatiminen vaati perehtymistä lakeihin ja asetuksiin sekä alan kirjallisuuden kautta SFS 6000 standardiin.

Ohjeistuksessa on käyty läpi käyttöönottotarkastusten mittaukset sekä aistinvaraiseen tarkastukseen liittyvät asiat. Aina käyttöönottotarkastusta aloitettaessa on ohjeet hyvä käydä läpi ja kerrata suoritustavat. Ohjeistuksessa mittausten perusidea tulee ilmi ja sitä voi tarvittaessa muokata työmaakohtaisemmaksi.

Käyttöönottotarkastusta varten on hyvä tehdä suunnitelma ennen työmaan aloitusta. Tarkastus on syytä ottaa huomioon jo työmaan aikataulua laatiessa ja niille täytyy varata riittävästi aikaa ja resursseja. Etenkin jännitteettömät mittaukset tulisi suorittaa aina välittömästi, ja sitä mukaan, kun keskusalueen asennukset sen mahdollistavat.

Asentajien on hyvä kiinnittää huomiota koko työmaan ajan aistinvaraisen tarkastuksen kohtiin. Aina kun mahdollisia puutteita havaitaan, tulisi niihin reagoida välittömästi ja korjata puutteet. Mikäli puutteen korjaaminen vaatii työnjohdolta toimimista, tulee asiasta kertoa.

Mikäli asennuksissa havaitaan virheitä mittausten aikana ja kytkentöjä tehdään uudelleen, tulee uusintamittauksia suorittaa riittävässä laajuudessa, mikäli kytkennät voivat vaikuttaa jo suoritettuihin mittauksiin. Turvallisuuden tulee aina kiinnittää erityistä huomiota käyttöönottomittauksissa.

Käyttöönottomittaukset ovat tarkastuksen aikaa vievin osuus. Mittaukset tulee suorittaa oikein, oikea-aikaisesti sekä tehokkaasti. Mittaamalla oikein vaaditut mittaukset saadaan tehokkaasti ja taloudellisesti kannattavasti luovutettua turvallinen sähkölaitteisto.

Lähteet

- 1 Tiainen, Esa. 2017. D1–2017. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 2 Sähköturvallisuuslaki. 2016. Verkkoaineisto. Finlex. <<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161135>> Luettu 14.11.2020.
- 3 SFS-käsikirja 600–1–1. 2017. Pienjännitesähköasennukset: Osa 1–1: Yleisvaatimukset (SFS 6000 osat 1–6). Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry
- 4 Kauppila, Jenna; Saarelainen, Kimmo. 2018. ST-käsikirja 33: Rakennusten sähköasennusten tarkastukset. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 5 Tiainen, Esa. 2019. 280 kysymystä ja vastausta sähköasennusstandardien soveltamisesta. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 6 Ylinen, Timo. 2018. Kiinteistöjen sähköasennusten käyttöönottotarkastukset. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 7 HT-Italia. 2007. 400-sarja käyttöohje.

Käyttöönottotarkastuspöytäkirja



ST 51.21.05

1 (4)

KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUSPÖYTÄKIRJA

Pöytäkirjan nro _____

Keskuksen nimi ja
tunnus _____

Käyttöönottotarkastus	<input type="checkbox"/>
Muu	<input type="checkbox"/> Mikä? _____

PERUSTIEDOT

Sähkölaitteiston rakentaja	Yritys		
	Katuosoite	Postinumero	Postitoimipaikka
Sähkötöiden johtaja	Nimi		Puhelinnumero
	Sähköpostiosoite		
Yhteyshenkilö	Nimi		Puhelinnumero
	Sähköpostiosoite		
Kohteen tiedot	Työnumero		Nimi
	Kohteen yksilöinti		
	Katuosoite	Postinumero	Postitoimipaikka
Tilaava yritys	Nimi		
	Katuosoite	Postinumero	Postitoimipaikka
Tilaajan yhteyshenkilö	Nimi		Puhelinnumero
	Sähköpostiosoite		

1. AISTINVARAINEN TARKASTUS

a)	Sähköiskulta suojaus	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom!	_____	
b)	Palosuojaus	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom!	_____	
c)	Johtimet ja johtojärjestelmät	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom!	_____	
d)	Suoja- ja valvontalaitteet	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom!	_____	
e)	Ylijännitesuojat	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom!	_____	

ST 51.21.05

2 (4)

f)	Erotus- ja kytkentälaitteet Huom! _____	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
g)	Sähkölaitteiden suojausmenetelmät Huom! _____	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
h)	Nolla- ja suojajohtimien tunnukset Huom! _____	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
i)	Piirustukset, varoituskilvet jne. Huom! _____	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
j)	Tunnistettavuus Huom! _____	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
k)	Päätteet ja liitokset Huom! _____	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
l)	Suoja- ja potentiaalintasausjohtimet Maadoituselektrodin rakenne: Perustusmaadoitus <input type="checkbox"/> Muu, mikä? _____ Perustelut _____	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
m)	Sähkölaitteiston vaatima tila Huom! _____	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
n)	Yksivaiheiset kytkinlaitteet Huom! _____	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
o)	Erikoistilat Kohdetta koskevat erikoistilat: Lääkintätila Liite _____ Räjähdyksivaarallinen tila Liite _____ _____ Liite _____	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>

Lisätietoja: _____

2. SUOJAJOHTIMIEN JATKUVUUS (PE-, PEN-, maadoitus-, pää- ja lisäpotentiaalintasausjohtimet)

Todettu kaikista laitteista ja pistorasioista Suurin resistanssi _____ Ω , ryhmässä _____

Jatkuvuus todettu vaatimusten mukaiseksi

Liitteet: _____

3. ERISTYSRESISTANSSI

Kohde	Ryhmä nro	$R_g/M\Omega$	Huom

Eristysresistanssit todettu vaatimusten mukaisiksi

PE- ja N-johtimien yhdistys on palautettu mittausten jälkeen entiselleen

Erikoistomenpiteet mittausten suorittamisessa: _____

Liitteet: _____

4. SYÖTÖN AUTOMAATTINEN POISKYTKENTÄ

	I_k/A	Z_k/Ω	Suojalaitte	I_n/A (suojalaitteet)
Keskus				
Epäedullisin piste (0,4 s)				
Epäedullisin piste (5,0 s)				

ST 51.21.05

3 (4)

Oikosulkuvirta- ja silmukkaimpedanssiarvot saatu mittaamalla Vikasuojaus on toteutettu vikavirtasuojalla

Oikosulkuvirta- ja silmukkaimpedanssiarvot saatu laskemalla

Saadut arvot ovat standardin vaatimusten mukaiset

Liitteet: _____

Vikavirtasuojat

Tyyppi ja käyttötarkoitus	Ryhmä nro	Nimellisarvo/mitattu arvo		Painike- testaus
		t/ms	I _{Δn} /mA	
				<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>

Toiminnot todettu standardien vaatimusten mukaisiksi Käyttötarkoitus: VS = vikasuojaus, LS = lisäsuojaus, PS = palosuojaus

Liitteet: _____

5. KIERTOSUUNNAN TARKASTUS

Keskus 3-vaihepistorasiat Ei sisälly asennukseen

6. TOIMINTA- JA KÄYTTÖTESTIT

Koneet ja laitteet Toiminnalliset kokonaisuudet Ei sisälly asennukseen

7. JÄNNITTEENALENEMA

Suurin jännitteenalenema _____ %

Saatu mittaamalla Saatu laskemalla

8. EMC-SUOJAUS

Kohteessa on käytetty TN-S -järjestelmää

Maadoitukset ja potentiaalitasaukset on toteutettu EMC-vaatimusten mukaisesti

Kaapeleiden valinta, sijoittelu ja asentaminen on toteutettu EMC-vaatimusten mukaisesti

Laittevalinnoissa on huomioitu asennusympäristön vaatimukset

Asennuksissa on noudatettu laitevalmistajien ohjeita

Muuta, mitä? _____

Liitteet: _____

Sähkölaitteisto täyttää sähköturvallisuuslain 1135/2016 ja valtioneuvoston asetuksen (1436/2016) sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevat vaatimukset

9. HUOLTO- JA KUNNOSSAPITO-OHJELMAN TARVE

Kohteen kunnossapito-ohjelma vaaditaan

ei vaadita

Kohteessa on huolto- ja kunnossapito-ohjelma

Kohteessa on käyttö-, huolto- ja kunnossapito-ohjeet

Kohteessa on poistumisreittivalaistus Kohteessa on poistumisreittivalaistusta koskeva kunnossapito-ohjelma

10. SEURAAVA MÄÄRÄAIKAISTARKASTUS

Tarkastus: vaaditaan määräaikaistarkastuksen ajankohta _____

ei vaadita

Huom!

11. KOHTEEN TOTEUTUKSESSA NOUDATETUT STANDARDIT

Toteutuksessa on noudatettu standardikäsi kirjoja SFS 600-1-1 ja SFS 600-1-2 ja

muuta, mitä? _____

Kohde on todettu edellä mainittujen standardien vaatimusten mukaisesti toteutetuksi

12. PALOVAROITTIMET	
<input type="checkbox"/> Käyttöönottotarkastettaviin asennuksiin ei sisälly palovaroittimia.	
<input type="checkbox"/> Vakuutamme, että asennetut palovaroittimet täyttävät niille säädöksissä ja määräyksissä asetetut vaatimukset (pelastustoimen laitelaki, asetus palovaroittimien teknisistä ominaisuuksista, sähköturvallisuussäädökset jne.) ja että ne on asennettu ao. suunnitelman mukaisesti.	
<input type="checkbox"/> Palovaroittimen käyttö- ja huolto-ohjeet on luovutettu.	
Selvitys kuinka palovaroittimien virran ja varavirran syöttö on toteutettu:	
Lisätietoja:	
<input type="checkbox"/> Palovaroittimien osalta on laadittu erillinen asennustodistus, jossa on mainittu edellä esitetyt asiat ja joka on tämän pöytäkirjan liitteenä.	
13. ECODESIGN ASETUKSEN 2015/1188 VAATIMUSTEN TÄYTTÄMINEN SÄHKÖLLÄ TOIMIVIEN TILALÄMMITTIMIEN OSALTA	
Mikäli käyttöön otettavaan uudisrakentamis-, korjausrakentamis- tai huoltokohteeseen on asennettu ihmisten käyttöön/lämpövihtyvyyteen tarkoitettuja sähköllä toimivia tilalämmittimiä kuten, vastuskaapeleilla toteutettuja lattialämmityksiä, kattolämmityksiä tai vastaavia rakenteeseen integroituja lämmittimiä, sähköpattereita, säteilylämmittimiä tai massavaraajia asetuksen 2015/1188 vaatimusten täyttäminen on osoitettava erillisellä pöytäkirjalla (ST 55.05.01).	
<input type="checkbox"/> Käyttöönottotarkastettaviin asennuksiin ei sisälly asetuksen 2015/1188 piiriin kuuluvia sähkölämmittimiä	
<input type="checkbox"/> Käyttöönottotarkastettaviin asennuksiin sisältyy asetuksen 2015/1188 piiriin kuuluvia sähkölämmittimiä, joiden vaatimustenmukaisuuden osoittamiseksi on laadittu erillinen pöytäkirja (ST 55.05.01), joka on tämän pöytäkirjan liitteenä.	
14. TARKASTUKSEN TEKIJÄ(T)	
Päiväys	Päiväys
Allekirjoitus ja nimen selvennys	Allekirjoitus ja nimen selvennys
Mittauksissa käytetyt mittalaitteet:	
15. LUOVUTUSMERKINTÄ	
a) Ilmoitus kohteen valmistumisesta tehty: Verkkoyhtiö <input type="checkbox"/> Verkkoyhtiön nimi _____	
b) Käytön opastus <input type="checkbox"/> Sovittu pidettäväksi pvm _____	
c) Käyttöönottotarkastuspöytäkirja luovutettu liitteineen <input type="checkbox"/> Liitteet: _____	
d) Piirustukset ja muut dokumentit luovutettu <input type="checkbox"/>	
Luettelo piirustuksista ja dokumenteista:	
Lisätietoja:	
Päiväys	Allekirjoitus ja nimen selvennys
16. TILAAJAN TAI HÄNEN EDUSTAJANSA KUITTAUS	
Olen vastaanottanut kohdassa 15, Luovutusmerkintä, ilmoitetut suoritukset. Pöytäkirja säilytettävä ja tarvittaessa esitettävä koko sähkölaitteiston käyttöiän ajan.	
Päiväys	Allekirjoitus ja nimen selvennys

