

Jesse Honkakoski

SÄHKÖASENNUSTEN KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Maaliskuu 2016**

ABSTRACT

Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Helmikuu 2016	Tekijä/tekijät Jesse Honkakoski
Koulutusohjelma Sähkötekniikka		
Työn nimi SÄHKÖASENNUSTEN KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS		
Työn ohjaaja Jari Halme	Sivumäärä 32+3	
Työelämäohjaaja Jorma Honkakoski		
<p>Sähkölaitteistolle on suoritettava käyttöönottotarkastus ennen sen käyttöönottoa tehtäessä uusia asennuksia tai toteutettaessa laajoja muutostöitä. Sähköasennusten käyttöönottotarkastuksen tarkoituksena on varmistaa laitteiston oikeanlainen asennus ja huolehtia siitä, että laitteisto on turvallinen käyttäjälleen eikä aiheuta materiaalisia vahinkoja omaisuudelle.</p> <p>Sähköasentajat suorittavat aistinvaraista tarkastusta rakennuksen sähköistämisen kaikissa vaiheissa. Käyttöönottomittaukset sen sijaan suoritetaan vasta rakentamisen loppuvaiheessa tai, kun rakennus tai muutostyö on valmis. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia ohjeistus käyttöönottotarkastuksen tekemiseen sähköasentajan käytettäväksi. Työssä tutustutaan syvällisesti käyttöönottotarkastuksen tekemisen syihin ja tapoihin toteuttaa se.</p> <p>Työhön liittyen toteutettiin käyttöönottotarkastus uuteen liikekiinteistöön Oulussa. Työssä on esimerkki toteutetusta käyttöönottotarkastuksesta. Työn lopputuloksena syntyi kattava ohje käyttöönottotarkastuksen suorittamiseen ja tietoa jokaisen mittaustavan ja käytännön takana. Työhön sisältyvät myös kattavat ohjeet Fluke 1653B –asennustesterin käyttöön.</p>		

Asiasanat käyttöönottotarkastus, käyttöönottomittaus
--

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date February 2016	Author Jesse Honkakoski
Degree programme Electrical engineering		
Name of thesis Commissioning inspections of electrical installations		
Instructor Jorma Honkakoski	Pages 32+3	
Supervisor Jari Halme		
<p>Commissioning inspections must be carried out for electrical installations before commissioning new installations or large modifications. The purpose of commissioning inspection of electrical installations is to ensure that the installations are valid and that the equipment is safe for the user and will not cause any material damages for property.</p> <p>Electricians execute sensory inspection at all stages of electrification of a building. Commissioning inspections, in turn, are conducted only at the end of the construction process or when the modification is finished. The aim of this thesis is to form instructions for electricians to carry out a commissioning inspection. In this thesis, the purposes and methods of commissioning inspections are studied in a profound way.</p> <p>As a part of this thesis, commissioning inspection was conducted in a new commercial real estate. The thesis includes an example of an implemented commissioning inspection and background information about each measuring method and practice. The result of the thesis is a comprehensive instruction for performing a commissioning inspection. The thesis also includes a comprehensive guide for using the installation tester Fluke 1653B.</p>		
Key words Commissioning inspections, Commissioning measurements		

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

Suojajohdin (PE)	maadoitukseen käytettävä johdin, jota käytetään vi- kasuojauksessa
Nollajohdin (N)	johdin, joka on yhdistetty nollapisteeseen sähköjär- jestelmässä
Vaihejohdin (L)	johdin, jota pitkin virta kulkee laitteelle
Eristysresistanssi	sähkölaitteen kosketeltavissa olevien ja jännitteellis- ten osien välinen eristys
SELV-piiri	pienoisjännitejärjestelmä, joka on erotettu maasta
PELV-piiri	pienoisjännitejärjestelmä, jonka jotkin osat voivat olla yhdistettynä suojamaajohtimeen
FELV-piiri	eroaa SELV- ja PELV-piireistä siten, että syötössä ei käytetä suojajännitemuuntajaa
Kontaktori	sähköisesti ohjattava sähkömekaaninen kytkin
Oikosulkuvirta	ylivirta, joka aiheutuu piirissä tapahtuneesta viasta

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 SÄHKÖTAPATURMAT SUOMESSA	2
3 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS	4
3.1 Aistinvaraiset tarkastukset	4
3.2 Käyttöönottomittaukset	6
3.2.1 Eristysresistanssin mittaus	6
3.2.2 SELV- ja PELV-piirien eristysresistanssimittaus	7
3.2.3 Suojajohtimien jatkuvuuden mittaus	9
3.2.4 Toiminnan testaus	10
3.2.5 Automaattisen poiskytkennän mittaus	10
3.2.6 Vikavirtasuojan toiminnan tarkastus	11
3.2.7 Seinäpintojen ja lattiapintojen resistanssin mittaus	12
3.2.8 Kiertosuunnan mittaus	12
3.2.9 Käyttöönottotarkastuksen dokumentointi	13
4 MITTAUKSESSA KÄYTETTÄVÄT LAITTEET	15
4.1 Pistorasiatestereitä	15
4.2 Fluke 1653B -asennustesteri	18
4.2.1 Jännitteen ja taajuuden mittaaminen	20
4.2.2 Eristysresistanssin mittaaminen	20
4.2.3 Suojajohtimen jatkuvuuden mittaaminen	21
4.2.4 Oikosulkuvirran ja silmukkaimpedanssin mittaaminen	22
4.2.5 Vikavirtasuojan toiminnan testaaminen	22
4.2.6 Kiertosuunnan mittaaminen	23
5 MITTAUKSET LIIKERAKENNUKSESSA OULUSSA	25
5.1 Mittaukset	26
5.1.1 Aistinvarainen tarkastus	26
5.1.2 Eristysresistanssin mittaus	26
5.1.3 Suojajohtimien jatkuvuusmittaus	27
5.1.4 Oikosulkuvirtojen mittaaminen	27
5.1.5 Vikavirtasuojakytöntien toiminnan testaaminen	28
5.1.6 Toiminnalliset kokeet	29
6 YHTEENVETO	31
LÄHTEET	32
LITTEET	

1 JOHDANTO

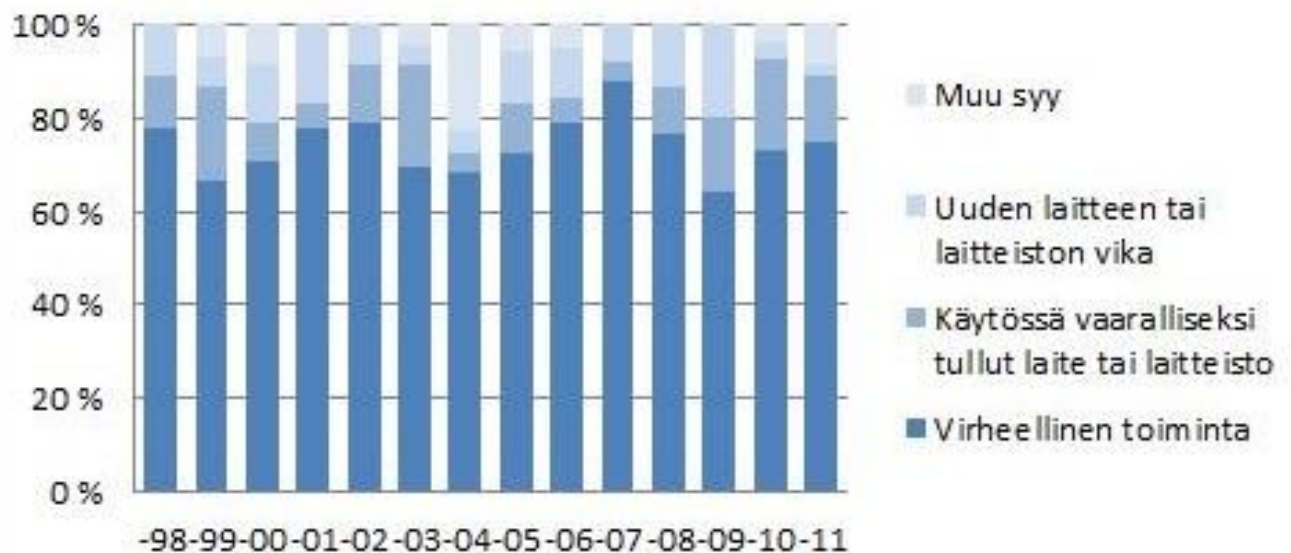
Tässä opinnäytetyössä tutustutaan rakennusten sähköasennuksien käyttöönottotarkastukseen sekä käyttöönottomittauksiin. Työ ei käsittele varmennus- ja määräaikaistarkastuksia. Työssä ei myöskään käsitellä tietoliikenneverkon ja antennilaitteiston käyttöönottotarkastusta. Käyttöönottotarkastus tehdään aina ennen sähkölaitteiston ja sähköasennuksen käyttöönottoa. Sillä varmistetaan sähkölaitteiston oikeanlainen toiminta ja ennen kaikkea sähkölaitteiston käytön turvallisuus.

Työn tavoitteena oli suorittaa käyttöönottotarkastus uudisrakennuskohteessa Oulussa ja laatia sen pohjalta ohje sähköasentajalle käyttöönottotarkastuksen suorittamiseen. Työn tarkoituksena ei ollut suunnitella minkäänlaisia mittauspöytäkirjoja, koska olemassa olevat asiakirjat ovat yksinkertaisia ja hyväksi todettuja. Opinnäytetyö sisältää oleelliset käytännöt mittausten suorittamiseen ja tietoa siitä, miksi käyttöönottotarkastus tehdään. Opinnäytetyö esittelee myös standardeja, joiden mukaan käyttöönottomittaukset tulee suorittaa.

Työhön sisältyvät myös yksityiskohtaiset ohjeet käyttöönottotarkastuksen suorittamisesta Fluke 1653B -asennustesterillä sekä liitteenä esimerkkikohteen mittaustuloksia. Mittaukset on käsitelty yksityiskohtaisesti ja jokaisessa mittauskohdassa on esitetty ohje mittauksen tekemiseen kyseisellä mittarilla.

2 SÄHKÖTAPATURMAT SUOMESSA

Meillä Suomessa sähköturvallisuus on hyvällä tasolla. Vuonna 2015 Suomessa sattui vain kaksi kuolemaan johtanutta sähkötapaturmaa, joista toinen johtui viallisesta sähköasennuksesta, ja toinen henkilön virheellisestä toiminnasta sähkölaitteen kanssa. Vuonna 1996 säädetyllä sähköturvallisuuslailla on ollut suuri vaikutus sähkötapaturmien määrään, koska se esittää sähkölaitteistoille ja sähköasennuksille perusvaatimukset suunnittelusta valmistukseen ja korjaukseen asti. Kun tarkastellaan sähkölaitteiden määrää Suomessa, sähkötapaturmia sattuu todella harvoin suhteutettuna sähkölaitteiden ja sähkökojeistojen määrään. (Tukes, 2016)



KUVIO 1. Sähkötapaturmien syyt vuosina 1998...2011. (Tapaturmatilasto 2016)

Sähkötapaturma johtuu harvoin uuden laitteiston viasta. Myös käytössä vaaralliseksi tulleen laitteen aiheuttamat sähkötapaturmat ovat harvinaisia verrattuna virheellisen toiminnan aiheuttamiin sähkötapaturmiin. Voisi olettaa, että käytössä vaaralliseksi tulleen laitteen aiheuttamien sähkötapaturmien määrä olisi suurempi, mutta KUVIO 1. diagrammissa virheelliseen toimintaan on laskettu myös sähkölaitteen virheellisen käytön vuoksi aiheutuneet viat laitteelle. Näin ollen se pienentää käytössä vaaralliseksi tulleen laitteen aiheuttamien sähkötapaturmien määrää. Sähkötapaturman syy on harvoin sähköammattilaisen tekemä asennusvirhe. Yleisimmin sähkötapaturman aiheuttaakin sähkölaitteiden käyttäjän virheellinen toiminta tai inhimillinen virhe.

Suomessa sähköturvallisuus perustuu sähköturvallisuuslakiin, jota valvoo Turvallisuus- ja kemikaalivirasto TUKES. TUKES ohjeistaa ja valvoo sähköturvallisuutta. Sen tehtäviin kuuluu myös valvoa sähköurakoitsijoiden toimintaa. Sähköurakoitsijat vastaavasti huolehtivat, että heidän asennuksensa ovat turvallisia asianmukaisesti tarkastettuja. Jos käy ilmi, että sähköasennus on asennettu viallisesti tai puutteellisesti, voidaan ottaa yhteyttä TUKESiin, joka tarvittaessa tarkastaa asentajan tai hänen edustamansa yrityksen pätevyyden ja voimassa olevat luvat kyseisten asennusten suorittamiseen.

3 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS

Aina kun toteutetaan sähköasennusten laajennus-, muutos- tai uudistöitä, on niille tehtävä asianmukainen käyttöönottotarkastus. Tämä käyttöönottotarkastus suoritetaan standardin SFS 6000-6-61 mukaisesti. Se on laissa määrätty toimenpide. Vastuu käyttöönottotarkastuksesta on sähköura-koitsijalla, joka suorittaa tarvittavat mittaukset ja aistinvaraiset tarkastukset ennen, kuin laitteistoon kytketään jännite. (SFS 6000)

Tarkastuksen tekijällä on oltava käytössään standardin SFS 6000-5-51 mukaiset dokumentit eli piirustukset:

- virtapiirien laji ja rakenne
- tiedot, joiden avulla suoja-, kytkin- ja erotuslaitteiden ominaisuudet ja sijainti tiedetään
- johtimien tyypit ja poikkipinnat
- virtapiirien pituudet
- suojalaitteiden lajit ja tyypit
- suojalaitteiden mitoitusvirrat ja/tai asettelut
- prospektiiviset oikosulkuvirrat ja suojalaitteiden katkaisukyvyt (SFS 6000)

Käyttöönottotarkastuksessa suoritetaan kaikki sellaiset testit, joilla varmistetaan, että asennus on tehty standardin SFS 6000-6 mukaan. Käyttöönottotarkastukseen tulee sisältyä myös standardin vaatimusten ja saatujen mittaustulosten välinen vertailu, jolla varmistetaan, että asennus täyttää edellä mainitun standardin kriteerit. Käyttöönottotarkastuksen suorittavan henkilön tulee varmistua siitä, ettei tarkastuksen ja testauksen aikana tule aiheuttaneeksi vaaraa henkilöille. Kyseisen henkilön tulee varmistua myös, ettei aiheuta vahinkoa tarkastuksella asennetuille laitteille tai kojeistolle eikä muullekaan omaisuudelle. (SFS 6000)

3.1 Aistinvaraiset tarkastukset

Aistinvaraiset tarkastukset suorittaa tavallisesti sähköasentaja tehdessään sähköasennuksia. Tarkoituksena on varmistaa, että käytetyt työmenetelmät ovat hyväksytyjä ja että työ suoritetaan noudattamalla oikeanlaisia asennustapoja. Aistinvaraiseen tarkastukseen sisältyy myös kaiken aikaa tapahtuvaa asennusten tarkastelua rakennuskohteessa liikuttaessa. Tällä varmistutaan, ettei

missään ole suojaamattomia paljaita johtimia tai rispaantuneita kaapeleita. Varmistutaan lisäksi, että sähkökojeissa on paikallaan niihin kuuluvat suojakannet. Tarkasteluun kuuluu myös, että katsotaan, ovatko asennukset säilyneet koskemattomina, jottei esimerkiksi mekaanisen vaurion vuoksi jokin suojakansi ole rikkoutunut tai irronnut. (SFS 6000)

Standardi SFS 6000-6-61 edellyttää aistinvaraisia tarkastuksia. Se edellyttää, että sähkölaitteisto on sitä koskevien vaatimusten mukainen niin valmistajan kuin standardinkin puolesta. On myös tarpeellista todeta, ettei asennus ole näkyvällä tavalla vaurioitunut ja näin ollen aiheuta vaaraa kenellekään. SFS 6000 edellyttää, että tarkastuksessa todetaan vähintään:

- sähköiskulta suojaukseen käytetyt menetelmät
- palosuojauksien käyttö ja muut palon leviämisen estämiseksi ja lämpövaikutuksilta suojaamiseksi tehdyt toimenpiteet
- johtimien valinta kuormitettavuuden, sallitun jännitteen aleneman ja häiriösuojauksen kannalta
- suoja- ja valvontalaitteiden valinta ja asettelu
- erotus- ja kytkentälaitteiden valinta ja oikea sijoitus
- sähkölaitteiden ja suojausmenetelmien valinta ulkoisten tekijöiden vaikutuksen mukaan
- nolla- ja suojajohtimien tunnuksiset
- yksivaiheisten kytkinlaitteiden kytkentä äärijohtimiin
- piirustusten, varoituskilpien tai vastaavien tietojen olemassaolo
- virtapiirien, varokkeiden, kytkimien, liittimien yms. tunnistettavuus
- johtimien liitosten sopivuus
- sähkölaitteiston käytön, tunnistamisen ja huollon vaatima tila (SFS 6000)

Aistinvarainen tarkastus suoritetaan yleensä jännitteettömänä ja sitä mukaan, kun asennuksia tehdään. Kun on varmistuttu, että sähkölaitteisto on standardin mukainen tehdään, seuraavaksi käyttöönottomittaukset.

3.2 Käyttöönottomittaukset

Käyttöönottomittauksiin kuuluu joukko erilaisia mittauksia, joilla todetaan laitteiston oikea toiminta ja se, ettei laitteiston kosketeltavissa olevissa osissa ole jännitettä. Mittauksilla todetaan myös sähkölaitteiden suojausjärjestelmien riittävän nopea ja oikeaoppinen toiminta mahdollisten virhekytkentöjen ja vikojen vuoksi.

Käyttöönottomittaukset suoritetaan kahdessa eri vaiheessa. Aluksi suoritetaan jännitteettömät mittaukset, joihin kuuluvat eristysresistanssin mittaus sekä suojajohtimen jatkuvuuden mittaus. Kun nämä mittaukset on suoritettu, jännite kytketään laitteistoon ja suoritetaan muut tarvittavat mittaukset.

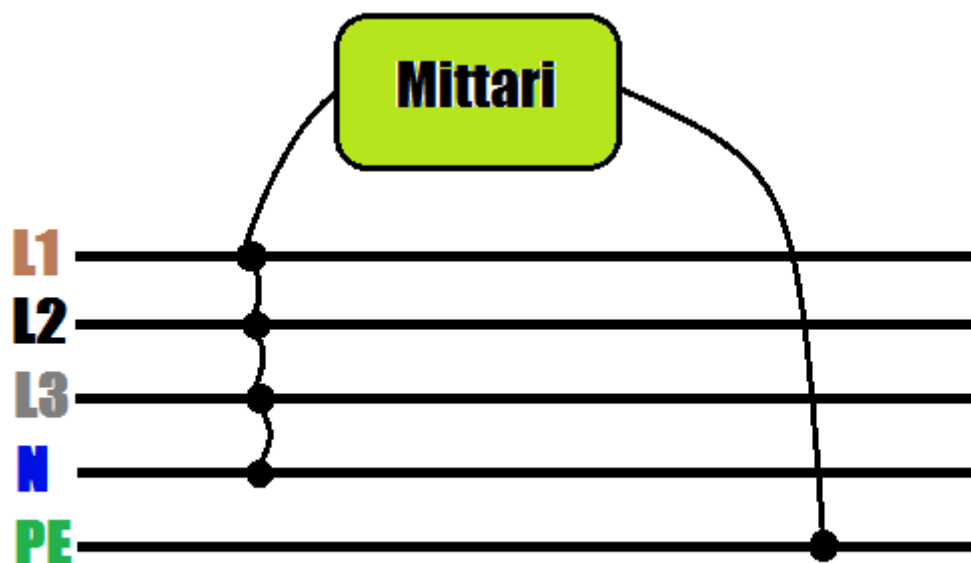
3.2.1 Eristysresistanssin mittaus

Jotta voidaan varmistaa asennusten jännitteisten osien eristys maasta, tulee suorittaa eristysresistanssimittaus. Sillä tarkastetaan, ettei mikään jännitteinen johdin vuoda maahan esimerkiksi kaapelin mekaanisen vian vuoksi tai asennusvirheen takia. Tällä mittauksella varmistetaan myös, ettei nollajohdin (N) ja suojajohdin (PE) ole kytketty yhteen sähkölaitteissa sähkökeskuksen jälkeen ja etteivät SELV-, PELV- tai FELV- piirit ole yhteydessä muihin piireihin. Myös vikavirtasuojakytkimellä varustetut piirit varmistetaan, jotta ne eivät ole yhteydessä muihin piireihin. Eristysresistanssimittaus tehdään aina jännitteettömänä. (Harsia, 2005)

Eristysresistanssimittaus suoritetaan yleensä sähkökeskuksesta, joka syöttää rakennuksen sähkökojeita. Poikkeuksena voidaan mainita esimerkiksi erilaiset lämmityskaapelit, kuten räystäskouru- ja lattialämmityskaapelit sekä kontaktorilähdöt, kuten moottorilähdöt. Mittausta suorittaessa on ryhmien johdonsuojakatkaisijoiden ja vikavirtasuojien oltava ON-asennossa. N ja PE - kiskoja yhdistävä lenkki tulee myös irrottaa ennen mittausta tai vaihtoehtoisesti irroitetaan syöttökaapelin nollajohdin, jotta virtapiiristä saadaan maasta erotettu. Herkät laitteet on myös syytä irrottaa pistorasioista, jos ne voivat rikkoutua mittauksen seurauksena. (Harsia 2005)

TN-C -järjestelmissä eristysresistanssi mitataan vaihejohtimien ja PEN-johtimen väliltä ja TN-S -järjestelmissä vastaavasti äärijohtimien ja PE-johtimen väliltä. Mittaustuloksissa on tärkeää

huomioida, että arvon on oltava vähintään 1 M Ω , SELV- ja PELV-piireissä vähintään 0,5 M Ω . (Harsia, 2005)



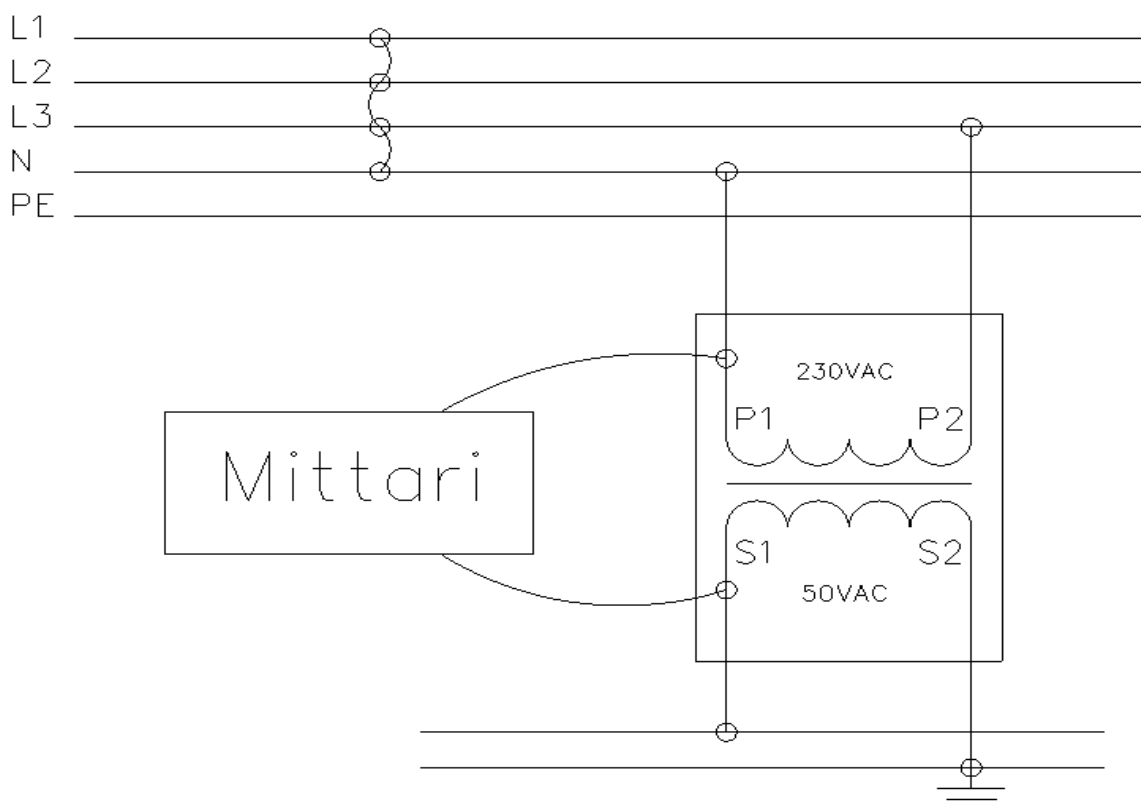
KUVIO 2. Eristysresistanssin mittauksen periaatekuva

Oheisessa kuvassa KUVIO 2. on esitetty eristysresistanssin mittaus TN-S järjestelmässä, jossa eristysresistanssi mitataan äärijohtimien ja PE-johtimen väliltä.

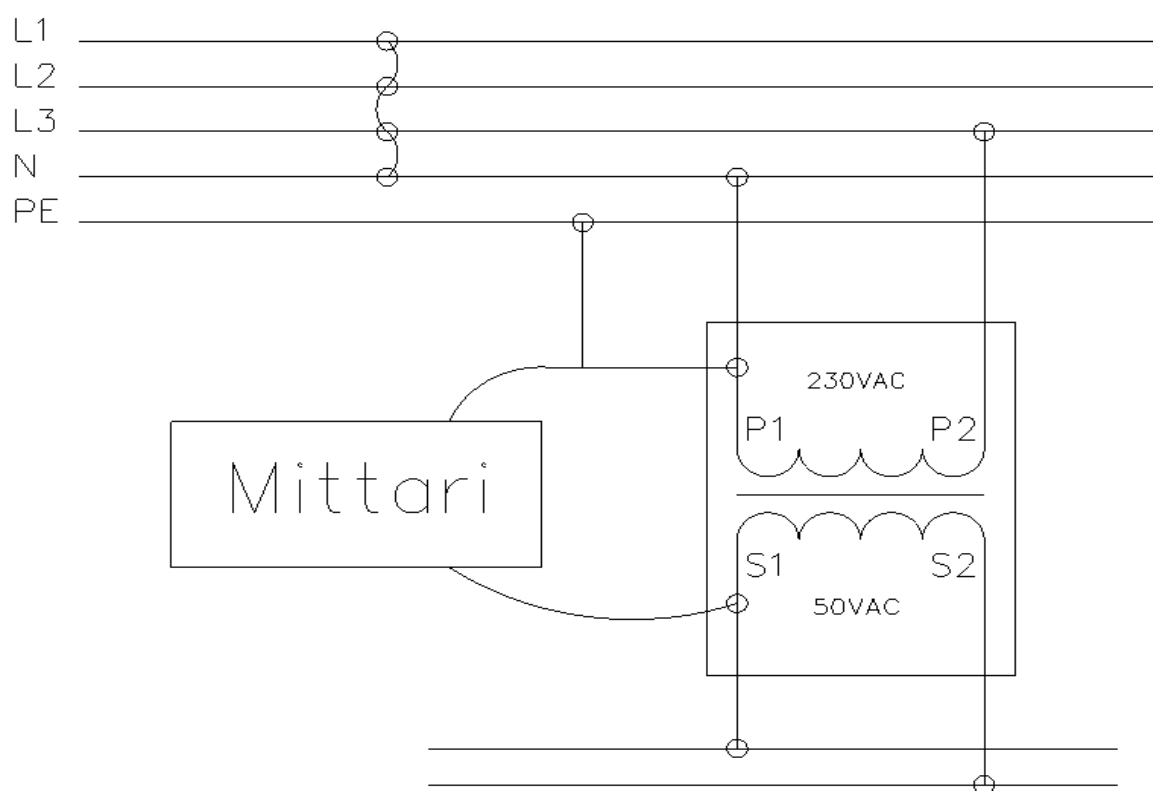
3.2.2 SELV- ja PELV-piirien eristysresistanssimittaus

SELV- ja PELV-piireillä tarkoitetaan pienoisjännitejärjestelmiä, kuten ovikellojärjestelmää. Ne saavat toimia korkeintaan 50 V vaihtojännitteellä tai vaihtoehtoisesti korkeintaan 120 V tasajännitteellä. On tärkeää varmistua, että nämä piirit ovat erillään korkeampijännitteisistä piireistä mittaamalla niiden eristysresistanssi. (Harsia, 2005)

PELV- ja SELV-järjestelmissä eristysresistanssi mitataan muuntajan ensiön ja toision väliltä. SELV-järjestelmässä mitataan lisäksi vielä ettei suojamaa ole yhteydessä toisio piiriin. Nämä mittaukset suoritetaan erikseen eikä samalla mittauksella.



KUVIO 3. PELV-järjestelmän eristysresistanssin mittaus



KUVIO 4. SELV-järjestelmän eristysresistanssin mittaus

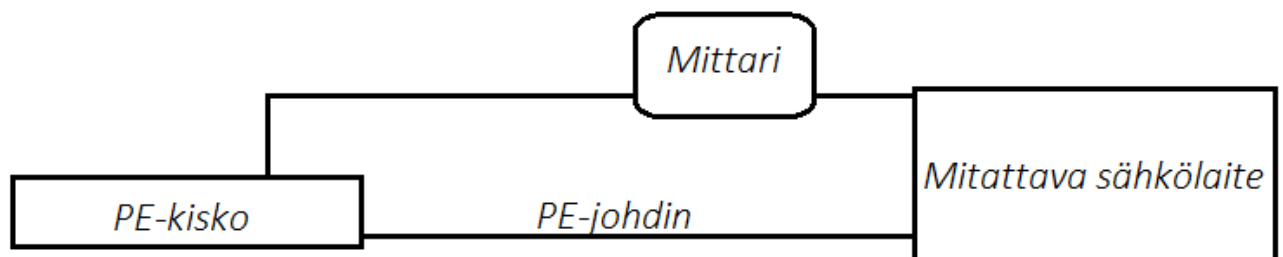
Sähköasennuksissa voi olla myös sähköisesti erotettuja piirejä, joille tehtävillä mittauksilla varmistetaan, etteivät ne ole yhteydessä muihin piireihin tai suojamaahan. (Harsia, 2005)

Eristysresistanssin mittaukseen käytetään mittaria, jonka koestusjännite on 500 VDC ja pienoisjännitejärjestelmissä 250 VDC. Myös järjestelmissä, joissa on helposti vahingoittuvia sähkölaitteita, voidaan käyttää matalampaa koestusjännitettä. (Harsia, 2005)

3.2.3 Suojajohtimien jatkuvuuden mittaus

Sähköturvallisuuden kannalta kaikkein tärkeintä on tarkastaa suojajohtimien jatkuvuus. Jos suojajohtimet ovat vaurioituneet tai liitokset huonoja, voi se ilmetä muun muassa vikasuojauksen toimimattomuutena.

Mittauksella varmistetaan, että kosketusjännitesuojaus toimii vikatilanteessa, jossa on mahdollista koskettaa jännitteelle alttiita osia, esimerkiksi metallikuorisessa sähkölaitteessa, jota ei ole suojaeristetty. Mittauksella myös todennetaan etteivät nollajohdin ja suojajohdin ole vaihtaneet paikkaansa jossakin sähköasennuksen osassa. Tässä mittauksessa nollajohdin ja suojamaajohdin erotetaan toisistaan. Mittaus suoritetaan siihen hyväksytyllä mittarilla, tällöin voidaan käyttää 4-24 V suuruista jännitettä ja 200 mA tasavirtaa. On huomioitava, että kaikki asennuksen suoja- maadoitetut laitteet sekä PE-johtimet tulee tarkistaa. (Harsia, 2005)



KUVIO 5. Suojajohtimen jatkuvuuden mittausperiaate

Suojajohtimien jatkuvuus mitataan laitteen ja PE-kiskon välistä. Koska laitteet sijaitsevat yleensä kaukana toisistaan, voidaan apuelektrodina käyttää esimerkiksi jatkoroikkaa, jonka johdinresistanssi kompensoidaan pois ennen mittausta. Itse mittauksista taltioidaan suurin arvo mittausdokumentteihin. Hyväksyttävä mittausarvo on 0...2Ω. (Fluke, 2014)

On erityisen tärkeää, että mittaus suoritetaan kaikkien rakennuksen sähkökojeiden PE-liittimien ja PE-kiskon väliltä, jotta voidaan varmistua siitä, että kaikki asennetut laitteet ovat yhteydessä PE-kiskoon. Kun jännitteettömänä tehdyt mittaukset on saatu tehtyä, siirrytään jännitteellisiin mittauksiin.

3.2.4 Toiminnan testaus

Kun laitteistoon on kytketty jännite, voidaan ryhtyä testaamaan kaikkien asennettujen laitteiden oikeanlainen toiminta. Esimerkiksi erilaisten kytkinten toiminta tarkastetaan, että ne toimivat oikein päin ja oikeista painikkeista syttyy oikea valo. Tarkastetaan myös, että yksivaiheiset moottorit, kuten kiertovesipumput ja nosto-ovien moottorit on asennettu ja kytketty oikein, jotta ne eivät väärään suuntaan pyöriessään vaurioittaisi mitään laitteita. Varmistutaan, että kaikki asennetut sähkölaitteet toimivat niille ominaisella tai tarkoitetulla tavalla. (SFS 6000)

3.2.5 Automaattisen poiskytkennän mittaus

Ryhmän syötön automaattisen poiskytkennän tarkoituksena on katkaista jännite ryhmästä mahdollisimman nopeasti vikatilanteen sattuessa. Mittaus tapahtuu siten, että mitataan oikosulkuvirta vaihejohtimen ja suojajohtimen väliltä. Se suoritetaan yleensä ryhmäjohdon kauimmaisesta laitteesta. Ryhmäjohdon pituuden kasvu laskee oikosulkuvirran arvoa, jolloin kauimpana oleva laite on ryhmässä kriittisin paikka.

Automaattiselle poiskytkennälle on asetettu erilaisia minimiaikoja, joilla varmistetaan, että syötön automaattinen poiskytkentä toimii tarpeeksi nopeasti. Erilaisilla johdonsuojakatkaisijoilla ja tulppavarokkeilla on myös erilaiset vaatimukset ja erisuuruiset toimintavirrat ja –ajat.

TAULUKKO 1. Vaatimukset ylivirtasuojien toiminnalle. (ST-kortisto, 2016)

Suojalaitteen nimellisvirta A	Suojalaitteiden toimintarajavirrat ja pienimmät hyväksyttävät mittaustulokset							
	gG-sulake 0,4 s A	Vaadittu mitattu arvo A	gG-sulake 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A	Johdonsuojakatkaisijat			
					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
6	46,5	58,2	28	35	30	37,5	60	75
10	82	102,5	46,5	58,2	50	62,5	100	125
16	110	137,5	65	81,3	80	100	160	200
20	145	181,3	85	106,3	100	125	200	250
25	180	225	110	137,5	125	156,3	250	312,5
32	270	337,5	150	187,5	160	200	320	400
50	470	587,5	250	312,5	250	312,5	500	625
63	550	687,5	320	400	315	393,8	630	787,5
80	840	1050	425	531,3	400	500	800	1000
125	1450	1812,5	715	893,8	625	781,3	1250	1562,5

Oheisessa taulukossa on esitetty sekä tulppasulakkeiden että johdonsuojakatkaisijoiden pienin toimintavirta nimellisvirran mukaan. Taulukosta löytyy myös pienin vaadittu mitattu arvo, jolla suojalaitteen oikeanlaisesta toimivuudesta voidaan varmistua. Jos ryhmä on esimerkiksi suojattu 10 A C-tyypin johdonsuojakatkaisijalla, tulee mitatun oikosulkuvirran olla kauimmaisessa sähköpisteessä vähintään 125A, jotta asennus täyttää ehdot. Pitkillä ryhmä johdoilla joudutaan yleensä suurentamaan johtimien poikkipinta-alaa, jos on syytä epäillä, ettei oikosulkuvirta riitä ylivirtasuojan nopeaan toimintaan. Oikosulkuvirta voidaan myös laskea, jos tiedetään johtimen pituus, poikkipinta-ala ja materiaali.

3.2.6 Vikavirtasuojan toiminnan tarkastus

Vikavirtasuojat ovat suojalaitteita, jotka kytkevät ryhmän irti vikatilanteessa niin nopeasti, ettei ihminen ehdi saada vaarallista sähköiskua. Vikavirtasuojat sijaitsevat yleensä sähkökeskuksessa, kuten sulakkeet, mutta niitä saa myös pistorasian yhteyteen asennettuna. Nykyään ne vaaditaan kosteiden tilojen lisäksi kaikkiin pistorasiaryhmiin. Niiden toiminta perustuu lähtevän ja tulevan virran erotuksen mittaamiseen. Jos virtaa vuotaa maahan, vikavirtasuojaja havaitsee eron tulevan ja menevän virran välillä ja kytkee jännitteen pois ryhmästä. On olemassa myös niin sanottuja yhdistelmäautomaatteja, joissa on sekä johdonsuojakatkaisija, että vikavirtasuojakytkin. (Sähköala, 2008)

Vikavirtasuojat testataan siihen tarkoitetulla testerillä, joka testaa vikavirtasuojakytkimen toiminnan syöttämällä valitun virta-arvon tai portaallisella testauksella, joka kasvattaa vikavirtaa vähitellen. Yleensä käytettävät vikavirtasuojat toimivat 30 mA vikavirralla, mutta niitä löytyy myös suuremmilla toimintavirroilla, kuten 300 mA. Tyypillinen mittaustulos vikavirtasuojia testatessa on 18...27 mA. Arvo ei ylitä vikavirtasuojan nimellisarvoa, eikä ole myöskään liian matala. Liian pienellä virralla laukeava vikavirtasuojaja on liian herkkä ja se voi laukea ilman syytäkin. Tämä johtuu yleensä viallisesta vikavirtasuojasta tai viallisesta kytkennästä, jossa esimerkiksi nollajohdin on huonosti kiinnitetty tai kokonaan irrallaan. Vikavirtasuojalle on myös määrätty tietty toiminta-aika, jonka kuluessa sen kuuluu kytkeytyä pois päältä. Kun vikavirtaa aiheutetaan tarpeeksi vikavirtasuojalle suojattuun ryhmään, tulee vikavirtasuojan kytkeytyä pois päältä enintään 300 ms kuluessa. Esimerkiksi Fluke 1653B -testerillä voidaan mitata vikavirran lisäksi aika, joka pois päältä kytkeytymiseen kuluu.

Vikavirtasuojat ovat todella herkkiä. Vikavirtasuojan liian herkkä poiskytkentä voi johtua esimerkiksi pölyn joutumisesta rakennusvaiheessa vikavirtasuojan sisään. Keskuksat tulisikin suojata työmaalla asennuksen jälkeen jotenkin. Esimerkiksi ryhmäjohdon yhteen johtimeen osuva ruuvi saattaa aiheuttaa myös sen, ettei vikavirtasuojaja tahdo pysyä päällä. Vikavirtasuojaja onkin erittäin tärkeä komponentti vikasuojauksessa ja sähkötapaturmien ehkäisyssä.

3.2.7 Seinäpintojen ja lattiapintojen resistanssin mittaus

Jos tarkastettavassa rakennuskohteessa on käytetty suojamenetelmänä eristävää ympäristöä, tulee käyttöönottotarkastuksen yhteydessä suorittaa myös lattia- ja seinäpintojen resistanssin mittaus. Tyypillinen tilanne on myös, että asennetaan takaa avoin sähkökeskus johtavan tai puolijohtavan materiaalin päälle. Tällöin joudutaan mittaamaan seinä- ja lattiapintojen resistanssi. Mittaus tulee suorittaa vähintään kolmesta eri kohdasta pinnoilta, jotka vaativat mittauksen. (Fluke, 2004)

3.2.8 Kiertosuunnan mittaus

Kolmivaiheisissa asennuksissa tulee tarkastaa kytkentöjen vaihejärjestys eli kiertosuunta. Mittaus tehdään yleensä keskuksella ja kaikissa kolmivaihelaitteissa, jotta voidaan varmistua niiden oikeasta kiertosuunnasta. Esimerkiksi sähkömoottorien akselin kiertosuunta on tärkeää testata, jotta moottori ei riko mitään laitetta pyöriessään takaperin ja ettei moottori itsessään vaurioidu. Jos akselin kiertosuunta osoittautuu vääräksi, se saadaan korjattua vaihtamalla kahden vaiheen

paikkaa asennuksessa. Sähköverkon haltija yleensä ilmoittaa vaihejärjestyksen pääkeskukselle pääkaapelin kytkemistä varten. (SFS 6000)

Kolmivaiheisten moottorien pyörimissuunta testataan yleensä käyttämällä moottoria hetken aikaa. Kolmivaiheisissa pistorasioissa oikea vaihejärjestys voidaan tarkastaa esimerkiksi Fluke 1653B –asennustesterillä tai Fluke T110 –jännitteenkoettimella. Jännitteenkoettimeen syttyy valo R, jos pyörimissuunta on oikealle.

3.2.9 Käyttöönototarkastuksen dokumentointi

Kun kaikki tarvittavat mittaukset on saatu suoritettua, tulee siirtyä käyttöönototarkastuksen dokumentointiin. Kun kyseessä on uudisrakentaminen tai, kun tehdään laajoja muutostöitä olemassa oleviin sähköasennuksiin tai kojeisiin, tulee valmiista asennuksesta laatia käyttöönototarkastuspöytäkirja. Sen tulee sisältää yksityiskohtainen määrittely sähköasennuksesta sekä liitteenä mittaustulokset tarkastuksista ja testauksista. Standardin SFS 6000-6 mukaan käyttöönototarkastuspöytäkirjan tulee sisältää vähintään seuraavat tiedot:

- tarkastetun sähkölaitteiston yksilöintitiedot
- sähkölaitteiston rakentajan eli sähköurakoitsijan yhteystiedot
- tulokset tehdyistä mittauksista
- tieto siitä, täyttäväkö sähköasennus standardin ja sen säädösten vaatimukset
- tiedot testatuista piireistä ja niihin liittyvät mittaustulokset (SFS 6000)

Käyttöönototarkastuksessa havaitut viat ja puutteet tulee korjata ennen, kuin asennuksen tekijä tekee ilmoituksen, että sähköasennukset täyttävät standardin SFS 6000 vaatimukset. Jos kyseessä on muutos- tai lisäystyö vanhaan sähkölaitteistoon, voidaan käyttöönototarkastuspöytäkirjaan lisätä myös mahdollisia parannus- ja korjausehdotuksia käyttöön jäävien vanhojen sähköasennuksien osalta. Liitteissä on esimerkki käyttöönototarkastuspöytäkirjasta (LIITE 1.) ja joistakin siihen liitettävistä mittaustuloksista. (SFS 6000)

Käyttöönototarkastuspöytäkirjan ohessa pitää esittää tarvittaessa seuraavat mittaustulokset:

- eristystilan mittaustulokset: kiinteät asennukset, kytkinlaitteen takaiset asennukset, lämmityskaapeli- ja kelmuasennukset, SELV- ja PELV-järjestelmien asennukset, sähköisen erotuksen asennukset

- jatkuvuusmittaukset keskusalueittain, yksittäisiä mittaustuloksia ei tarvitse kirjata vaan toteamus vaatimusten täyttymisestä riittää tässä tapauksessa (mitataan jokaisesta PE-joh-timeen yhdistetystä laitteesta)
- oikosulkuvirtamittausten tulokset keskuksittain epäedullisimmasta pisteestä katsoen mitattuna (ryhmän kauimmaisesta sähkökojeesta)
- vikavirtasuojien toiminnan testaus kattavasti (laukaisuvirrat, toiminta-ajat)
- vaihejärjestys keskuskohtaisesti (SFS 6000)

Kun mittaukset on dokumentoitu ja kirjattu käyttöönottotarkastuspöytäkirjaan tarkastuksen tekijä allekirjoittaa pöytäkirjan ja näin ollen vahvistaa tarkastuspöytäkirjan tiedot oikeiksi. Tämän kyseisen tarkastuspöytäkirjan tulee kattaa kaikki sähköurakoitsijan toiminta-alueet ja sen pitää sisältää tarvittaessa edellä mainitut mittaustulokset sekä tarvittavat tiedot. Käyttöönottotarkastuspöytäkirja luovutetaan työn tilaajalle.

(SFS 6000)

4 MITTAUKSESSA KÄYTETTÄVÄT LAITTEET

Mittauslaitteet, joita käytetään tehdessä käyttöönottotarkastusten mittauksia, tulee olla suunniteltu käytettäväksi juuri kyseisissä testauksissa. Mittalaitteiden tulee myös olla vähintään EN-61557-standardisarjan mukaisia. Joskus myös työntilaja saattaa asettaa mittalaitteille omat vaatimuksensa, joita voi olla esimerkiksi vaatimus mittalaitteen säännöllisestä kalibroinnista. (SFS 6000)

Sähköurakoitsijalla, joka toteuttaa käyttöönottotarkastuksia tulee olla käytössään sellaiset mittalaitteet, joilla voidaan suorittaa vaaditut mittaukset asianmukaisesti ja standardien vaatimalla tavalla. Mittalaitteiden tulee myös olla standardien vaatimusten mukaiset. Oheisessa kuvassa on esitelty esimerkkikohteessa käytetyt mittalaitteet.



KUVIO 6. Esimerkkikohteessa käytetyt mittalaitteet.

4.1 Pistorasiatestereitä

Kun pistorasioihin kytketään jännite ensimmäistä kertaa, tulee ryhmän jokainen pistorasia käydä läpi ja tarkastaa, että jokainen on kytketty oikein. Tämä on erityisen tärkeää tehdä heti, koska pistorasiaryhmiä, joihin kytketään jännite, käytetään lähes poikkeuksetta aina työmaasähkön ot-

tamiseen, lukuun ottamatta ryhmiä, jotka on tarkoitettu jollekin tietylle laitteelle. Ennen käyttöönottoa tulee tarvittavat mittaukset suorittaa ensin Fluke 1653B -asennustesterillä. Testavit Schuki –pistorasiatesterillä voidaan myös tarkastaa pistorasian oikea kytkentä.



KUVIO 7. Testavit Schuki-pistorasiatesteri.

Vasemmalla olevasta punaisesta painikkeesta voidaan laukaista vikavirtasuoja. Valot ilmaisevat pistorasian oikeellisen kytkennän, joka kuvassa KUVIO 7. on oikein. Vikavirtasuoja tulee testata myös asian mukaisesti Fluke 1653B -asennustesterillä.

Kolmivaiheisen pistorasian tarkastus käy samalla tavalla kuin yksivaiheisen pistorasiankin tarkastus. Kolmivaiheisia voimapistorasioita varten on olemassa niille suunniteltu tester, joka näyttää kytkennän oikeellisuuden ja vaihejärjestyksen. Kolmivaiheiset pistorasiat tarkastetaan lisäksi Fluke 1653B –asennustesterillä.

Vaihtoehtoisesti sekä yksivaiheiset että kolmivaiheiset pistorasiat voi tarkastaa jännitteenkoettimella, jolla voi tarkastaa sekä kiertosuunnan, että pistorasian oikean kytkennän. Joillain malleilla voi laukaista myös vikavirtasuojakytkimen. Kiertosuuntaa testatessa jännitteenkoettimeen syttyy valo joko oikealle tai vasemmalle osoittavaan nuoleen, joka ilmaisee kiertosuunnan.



KUVIO 8. Jännitteen mittaaminen pistorasiasta.

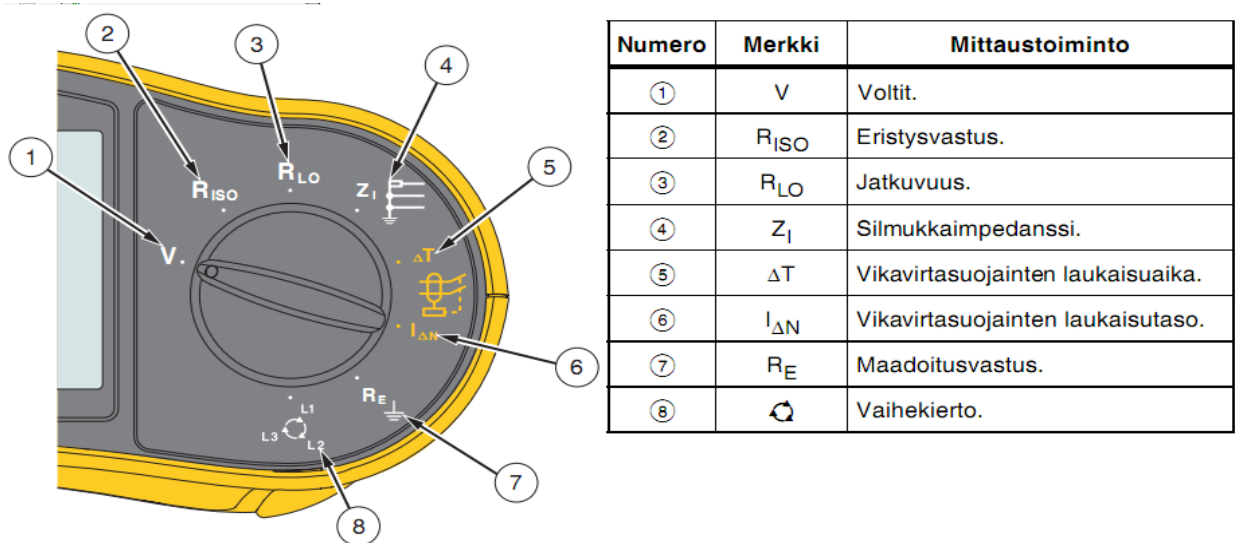


KUVIO 9. Kolmivaiheisen pistorasian mittaaminen.

On tärkeää muistaa, että kyseiset mittaukset tehdään vain, jotta voidaan varmistaa pistorasioiden oikeanlainen kytkentä ja ennen kaikkea kytkentöjen turvallisuus. Käyttöönottotarkastuksessa jokainen pistorasiaryhmä pitää mitata vielä erikseen oikosulkuvirtojen ja vikavirtasuojakytkinten toimivuuden varmistamiseksi.

4.2 Fluke 1653B -asennustesteri

Fluken 1653B on asennustesteri, jolla pystyy suorittamaan kaikki käyttöönottotarkastukseen liittyvät mittaukset.



KUVIO 10. Fluke 1653B:n kiertokytkin ja sitä vastaavat mittaustoiminnot numeroituna (Fluke 1653B -manuaali, 6)

Nro	Painike	Kuvaus
1	ZERO	Nollaa testijohtimen vastuspoikkeaman.
2	F1	<ul style="list-style-type: none"> Valitsee silmukan syötön (L-N, L-PE). Vikavirtasuojainten virran nimellisarvo (10, 30, 100, 300, 500 tai 1000 mA). SELECT (valitse) muisti.
3	MEMORY	<ul style="list-style-type: none"> Käynnistää muistitilan. Aktivoi muistipainikkeiden valinnat (F1, F2, F3 tai F4).
	F2	<ul style="list-style-type: none"> Vikavirtasuojainten virtakerroin (x1/2, x1, x5, AUTO). STORE (tallenna) muistiin.
5	▲▼	<ul style="list-style-type: none"> Selaa muistipaikkoja. Aseta muistipaikkojen koodit. Selaa automaattisia testituloksia.

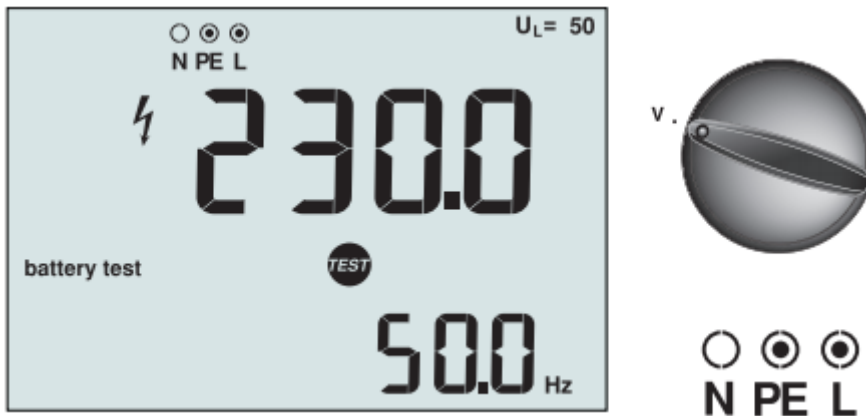
Nro	Painike	Kuvaus	Nro	Painike	Kuvaus
6	F3	<ul style="list-style-type: none"> Vikavirtasuojaimen tyyppi (vaihtovirta, tasavirta, vaihtovirta-S tai tasavirta-S). RECALL (hae) muisti. 	10	TEST	Käynnistää valitun testin. TEST-näppäimen ympärillä on "kosketuslevy". Kosketuslevy mittaa käyttäjän ja testerin PE-päätteen välisen potentiaalin. Jos ylitetään 100 V:n kynnyksen, ⚠-symboli kosketuslevyn yläpuolella palaa.
7	F4	<ul style="list-style-type: none"> Vikavirtasuojaimen testin polaarisuus (0, 180 astetta). Eristystestin jännite (50, 100, 250, 500 tai 1000 V). CLEAR (tyhjennä) muisti. 			
8	⏻	Kytkee testerin päälle ja pois päältä. Testerit kytkeytyy pois päältä automaattisesti, jos siinä ei ole toimintaa 10 minuuttiin.			
9	☀️	Kytkee taustavalon päälle ja pois päältä.			

KUVIO 11. Fluke 1653B:n painikkeet numeroituna ja niitä vastaavat toiminnot (Fluke 1653B -manuaali, 7-8)

Mittauksia tehdessä kaikki tulokset voi tallentaa mittariin, ja siirtää sieltä eteenpäin tietokoneelle. Tämä nopeuttaa erityisesti mittausten dokumentointia, mutta myös itse mittauksia, koska mit-taustuloksia ei tarvitse merkitä itse minnekään mittausta tehtäessä.

4.2.1 Jännitteen ja taajuuden mittaaminen

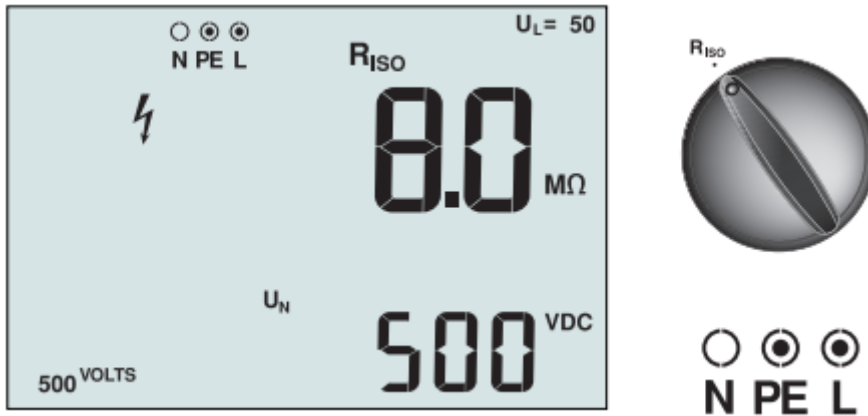
Asennustesterin kiertokytkin käännetään asentoon V ja kytketään verkkojohto pistotulppaliitännällä pistorasiaan tai vastaavasti testijohtimet mitattavan kojeen vaihejohtimen (L) ja nollajohtimen (N) väliin. Mittarin näytöllä näkyy ylempänä vaihtojännite sekä alempana taajuus. Mittauksessa testijohtimet kytketään asennustesterin PE- ja L-liittimiin. (Fluke 1653B -manuaali, 20)



KUVIO 12. Jännite- ja taajuusmittaus Fluke 1653B –asennustesterillä (Fluke 1653B -manuaali, 20)

4.2.2 Eristysresistanssin mittaaminen

Eristysresistanssin mittauksessa kiertokytkin käännetään asentoon R_{ISO} ja kytketään testijohtimet mittarin PE- ja L-liittimiin. Ennen mittauksen suorittamista tulee valita koestusjännite, joka on yleensä 500 V, mutta herkemmissä piireissä, jotka saattavat vahingoittaa mittauksesta voidaan käyttää myös matalampaa jännitettä. Kun jännite on asetettu ja testijohtimet kytketty mitattavaan kaapeliin painetaan TEST-painiketta, kunnes testeri piippaa, jonka jälkeen näytön yläreunaan ilmaantuu eristysresistanssin arvo ja alapuolella näkyy koestusjännitteen arvo. Jos mittari havaitsee vaihtovirtajännitteen mitattavassa piirissä, se estää mittauksen, koska eristysresistanssimittaus tulee suorittaa aina jännitteettömänä. (Fluke 1653B -manuaali, 21)



KUVIO 13. Eristysresistanssin mittaaminen Fluke 1653B -asennustesterillä (Fluke 1653B -manuaali, 20)

4.2.3 Suojajohtimen jatkuvuuden mittaaminen

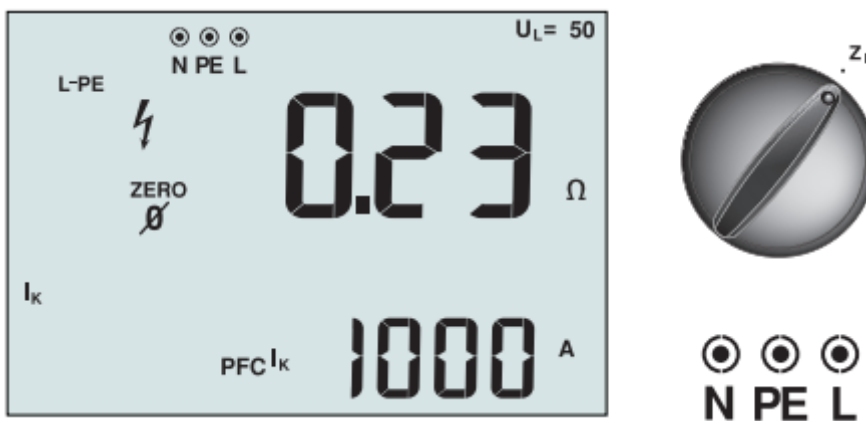
Ennen mittausta tulee ottaa huomioon, että suojajohtimen jatkuvuusmittaus tulee suorittaa jännitteettömässä piirissä. Ennen mittauksen suorittamista tulee myös kompensoida mittajohtimien resistanssi pois mittaustuloksista. Tämä onnistuu oikosulkemalla mittajohtimien päät ja painamalla nollaus (ZERO) painiketta, kunnes näytölle ilmestyy teksti ZERO. Kun on varmistuttu piirin jännitteettömyydestä käännetään kiertokytkin asentoon R_{LO} ja kytketään testijohtimet PE- ja L-liittimiin mittarissa. Kun testijohtimet ovat kiinni mitattavassa kojeessa, painetaan TEST-painiketta, kunnes näytölle ilmestyy resistanssiarvo. Mittari estää mittauksen suorittamisen, jos se havaitsee piirissä vaihtojännitteen. (Fluke 1653B -manuaali, 22-23)



KUVIO 14. Suojajohtimen jatkuvuuden mittaaminen Fluke 1653B -asennustesterillä. (Fluke 1653B -manuaali, 22)

4.2.4 Oikosulkuvirran ja silmukkaimpedanssin mittaaminen

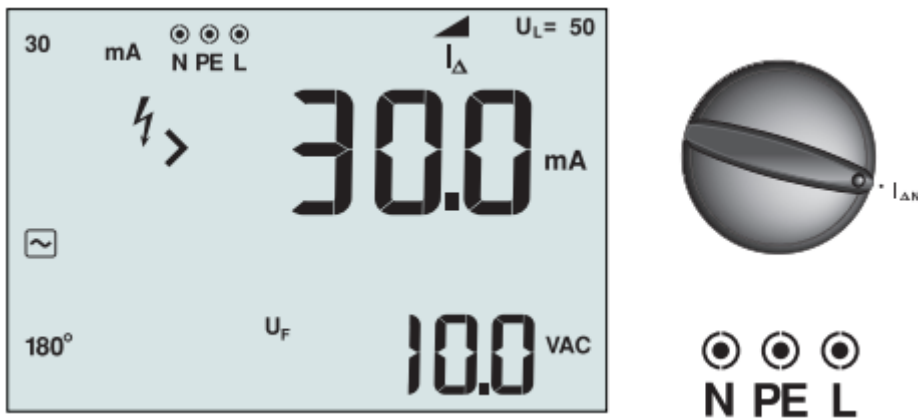
Mittarilla voidaan mitata samalla mittauksella linjaimpedanssi sekä oikosulkuvirta. Mittariin kytetään kiinni verkkojohto L-, N- ja PE-liittimiin ja käännetään kierokytkin Z_I -asentoon. Mittauksen suorittamiseksi työnnetään verkkojohto ryhmän kauimmaiseen pistorasiaan. Jos pistotulppa on väärin päin ja nolla- ja vaihejohdin väärillä puolilla mittari kääntää ne sisäisesti automaattisesti toisinpäin. Testi suoritetaan painamalla TEST-painiketta, jonka jälkeen näytön yläreunaan ilmestyy silmukkaimpedanssin vastusarvo sekä alareunaan mahdollinen oikosulkuvirran arvo I_K . (Fluke 1653B -manuaali, 24-25)



KUVIO 15. Oikosulkuvirran ja silmukkaimpedanssin mittaus Fluke 1653B -asennustesterillä (Fluke 1653B -manuaali, 24)

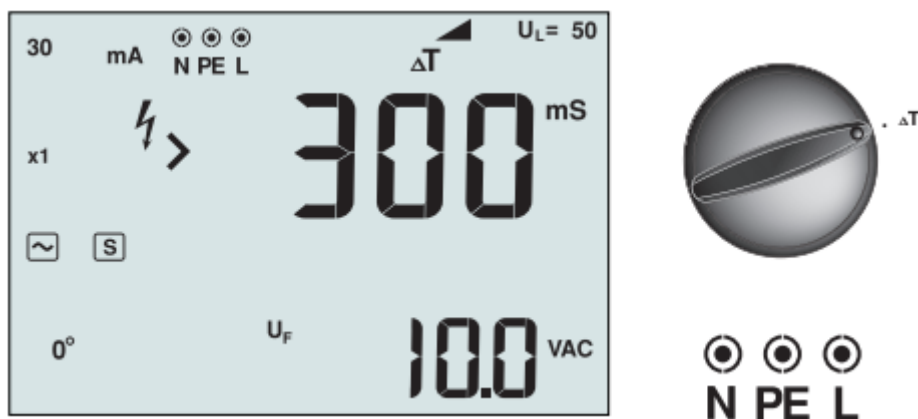
4.2.5 Vikavirtasuojan toiminnan testaaminen

Fluke 1653B -asennustesterillä voidaan mitata vikavirtasuojan laukaisujan lisäksi myös vikavirtasuojan toiminta virta. Mittarin kiertokytkin käännetään asentoon $I_{\Delta N}$ ja mittarin verkkojohto kytetään kiinni. Verkkojohdon toinen pää asetetaan vikavirtasuojakytkimellä suojattuun pistorasiaan. Ennen kuin testi voidaan suorittaa, valitaan mittarista testattavan vikavirtasuojan nimellisvirta-arvo, jonka jälkeen testi suoritetaan painamalla TEST-painiketta. Näyttöön ilmestyy hetken kuluttua vikavirtasuojan laukaisuvirta. Mittari suorittaa testin siten, että se kasvattaa vikavirtaa vähitellen, kunnes vikavirtasuoja reagoi vikavirtaan ja kytkeytyy pois päältä. (Fluke 1653B -manuaali, 29-32)



KUVIO 16. Vikavirtasuojakytkimen laukaisuvirran mittaaminen Fluke 1653B –asennustesterillä. (Fluke 1653B -manuaali, 29)

Vikavirtasuojan laukaisuaika mitataan kuten laukaisuvirtakin, mutta kiertokytkin asetetaan kohtaan ΔT . Verkkojohto liitetään pistorasiaan ja painetaan TEST-painiketta, jolloin mittari syöttää piiriin vikavirtaa ja laskee ajan, joka kuluu vikavirtasuojan toimintaan. (Fluke 1653B -manuaali, 33)

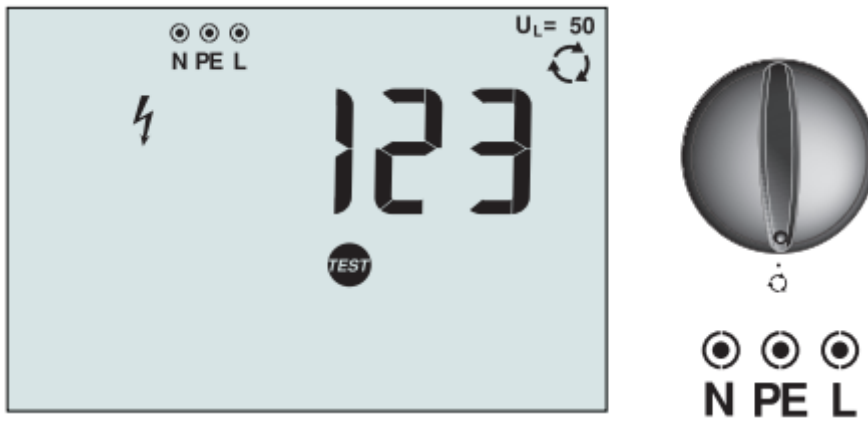


KUVIO 17. Vikavirtasuojan laukaisuaian mittaaminen Fluke 1653B –asennustesterillä. (Fluke 1653B -manuaali, 33)

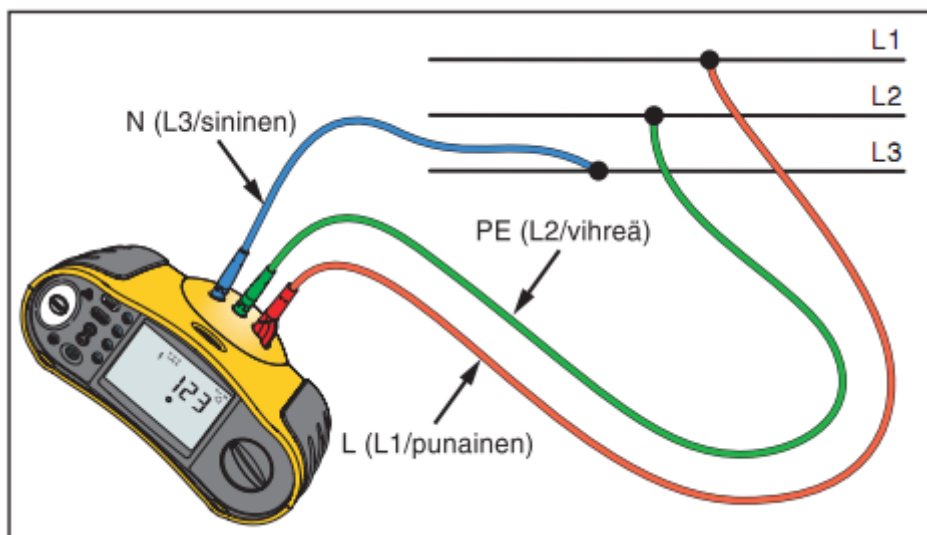
4.2.6 Kiertosuunnan mittaaminen

Vaihejärjestystä tarkistettaessa kiertokytkin käännetään asentoon \circ ja kytketään mittajohtimet L-, N- ja PE-liittämiin mittarissa. Mittajohtojen toiset päät yhdistetään vaihejohtimiin mitattavassa

kojeessa. Jos näyttöön tulevat numerot 123, on vaihejärjestys oikea. Numerot 321 taas ilmoittavat käänteisestä vaihejärjestyksestä. (Fluke 1653B -manuaali, 36)



KUVIO 18. Kiertosuunnan mittaus Fluke 1653B –asennustesterillä. (Fluke 1653B -manuaali, 36)



KUVIO 19. Kiertosuunnan mittaamisessa käytettävä kytkentä (Fluke 1653B -manuaali, 36)

5 MITTAUKSET LIIKERAKENNUKSESSA OULUSSA



KUVIO 20. Liikerakennus kuvattuna illalla julkisivuvalaistus kytkettynä päälle.

Opinnäytetyön mittauskohteena oli noin 3000 m² kokoinen uudisrakennus Oulun Ritaharjussa. Liikerakennukseen tulivat tilat kahdelle yritykselle. Mittausten aikaan rakennus oli vielä hieman keskeneräinen rakennustöiden osalta, mutta sähkötyöt olivat edenneet jo siihen vaiheeseen, että sähkölaitteisto pystyttiin tarkastamaan ja ottamaan käyttöön. Rakennuksessa on kaksi suurta liiketilaa, joissa molemmissa on oma varastonsa ja sosiaalitalansa. Tekninen tila ja IV-konehuone sijaitsevat rakennuksen toisessa kerroksessa. Olin työskennellyt rakennustyömaalla jo aiemminkin ennen mittausten suorittamista, joten se helpotti osaltaan tarkastusta. Tiesin missä eri laitteet sijaitsevat rakennuksessa.

5.1 Mittaukset

Kohteen käyttöönottotarkastuksessa käytettiin pääasiassa vain Fluken 1653B -asennustesteriä, jos ei oteta huomioon antenniverkon ja ATK-verkon käyttöönottomittauksia. Ennen käyttöönottotarkastusta kojeet, joihin oli kytketty jännite jo aiemmin, oli tarkastettu Fluke 1653B -asennustesterillä sekä Testavit Schuki -pistorasiatesterillä ja Fluke T110 –jännitteenkoettimella.

5.1.1 Aistinvarainen tarkastus

Ennen varsinaisia käyttöönottomittauksia suoritettiin aistinvarainen tarkastus ja katsottiin, että kaikissa sähkökojeissa on niihin kuuluvat suojakannet paikoillaan, ja että missään ei esimerkiksi roikkunut kaapeleita, joita ei ollut kytketty mihinkään. Aistinvaraista tarkastusta oli myös suoritettu koko rakennuksen sähköistämisen ajan sähkökojeiden asentamisen yhteydessä.

5.1.2 Eristysresistanssin mittaus

Eristysresistanssin mittaus suoritettiin siten, että jokainen ryhmäkeskus mitattiin kerrallaan. Ryhmäkeskuksen nousujohtojen mittauksen yhteydessä suoritettiin samalla jokaisen keskuksen ryhmäjohtojen eristysresistanssimittaus. Keskuksia oli yhteensä kuusi kappaletta, joista jokainen mitattiin erikseen.

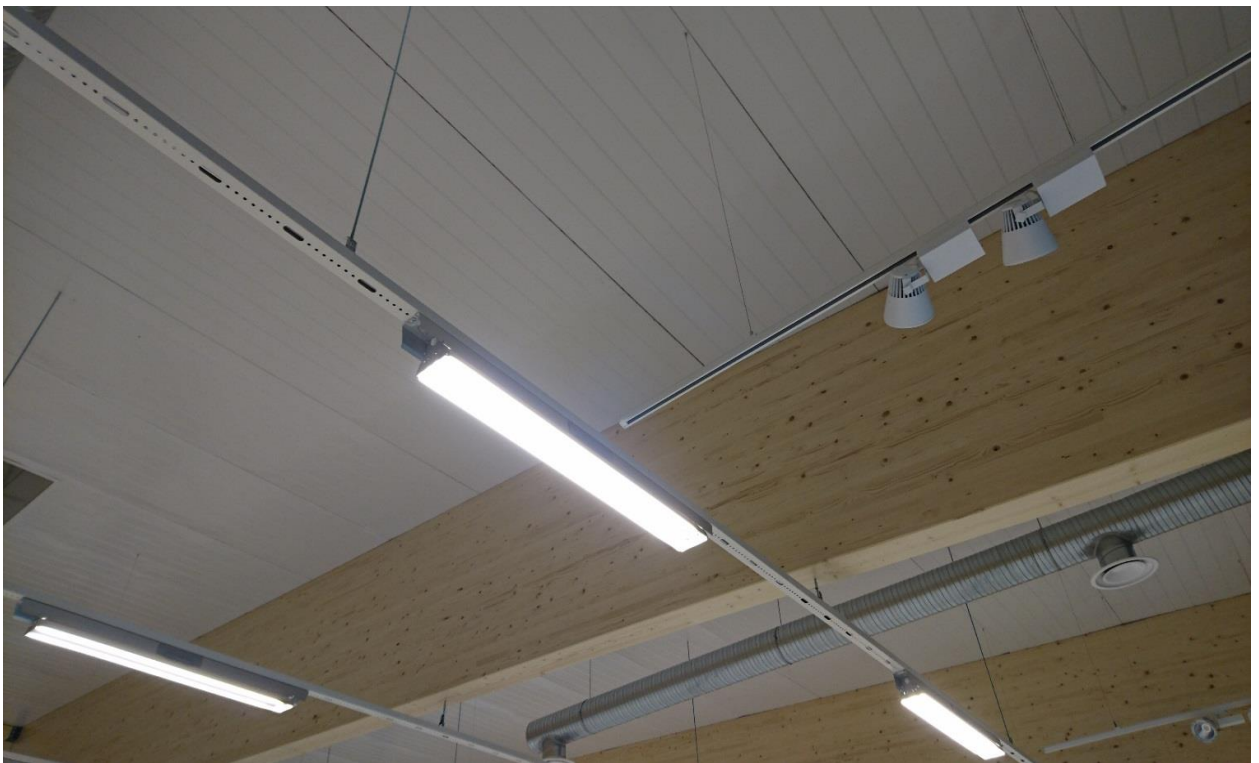
Ennen mittausta nousujohtojen nollajohdin ja suojamaajohdin erotettiin toisistaan. Tämän jälkeen kaikki pääkytkimet, johdonsuoja-automaatit ja vikavirtasuojakytkimet käännettiin päälle. Kun tämä oli saatu tehtyä, suoritettiin eristysresistanssimittaukset vaihejohtimien välillä sekä vaihejohtimien ja nollajohtimen sekä vaihejohtimien ja suojamaajohtimien väliltä. Kaikki saadut mittauservot olivat arvoltaan yli vaaditun. Vaadittu arvo on vähintään 1 M Ω .

Mittauksen päätteeksi kaikki irrotetut kaapelit kiinnitettiin takaisin paikoilleen ja pääkytkimet sekä johdonsuoja-automaatit kytkettiin pois päältä. Ennen keskuksien kannen sulkemista varmistettiin myös, että kaikki johtimet kytkettiin takaisin oikein.

5.1.3 Suojajohtimien jatkuvuusmittaus

Suojajohtimien jatkuvuus mitattiin käsittäen koko rakennuksen kaikki suojamaadoitetut laitteet. Ennen mittausten aloittamista mittarille tehtiin tarvittavat mittajohdinten kompensoinnit, jonka jälkeen mittaukset päästiin aloittamaan. Mittaukset suoritettiin jokaiselle ryhmälle kerrallaan ja tulokset kirjattiin mittarin muistiin.

Mittauksessa saadut arvot olivat $0 \dots 2 \Omega$ mikä täyttää vaatimusten kriteerit. Mittauksessa ilmeni myös, ettei yhdenkään kojeen suojamaadoitusjohdin ollut jäänyt irti, eikä ollut kytketty väärään liittimeen, mikä säästi paljon aikaa myöhemmiltä toimenpiteiltä, koska ei tarvinnut ryhtyä korjaamaan vikoja.



KUVIO 21. Liiketilan 2 valaisimia, valaisinripustuskiskoja sekä kosketinkiskoja.

5.1.4 Oikosulkuvirtojen mittaaminen

Ryhdyttäessä mittaamaan oikosulkuvirtoja kytkettiin ryhmäjohtoihin keskukselta jännite, minkä jälkeen siirryttiin mittaamaan oikosulkuvirtoja. Mittauksen edetessä kävi ilmi, että erään ryhmän kauimmaisessa pistorasiassa mitattu oikosulkuvirta ei riittänyt vaadittuun arvoon. Mittaustulos

kirjattiin muistiin ja tarkastelemalla johdonsuojakatkaisinten vaadittuja oikosulkuvirta-arvoja todettiin, että vaihtamalla kyseisen ryhmän C16 –johdonsuojakatkaisijan tilalle B16 –käyrän johdonsuojakatkaisija, on mitattu oikosulkuvirta yli vaaditun arvon.



KUVIO 22. Jokainen pistorasia merkittiin ryhmänumerolla ja keskustunnuksella tunnistamisen helpottamiseksi.

5.1.5 Vikavirtasuojakytkinten toiminnan testaaminen

Jokaisen ryhmän vikavirtasuojat testattiin asennustesterillä laukaisemalla. Mittarilla mitattiin Vikavirtasuojan laukaisuaika ja laukaisuvirta. Mittauksessa kävi ilmi, että yksi vikavirtasuojat oli viallinen sen toimiessa liian pienellä virralla. Viallinen ryhmä kirjattiin ylös, jotta vika muistettiin korjata myöhemmin korvaamalla vikavirtasuojat uudella. Kaikki muut vikavirtasuojat toimivat alle niiden nimellisvirta-arvon sekä vähintään vaaditussa ajassa.

Mittausta tehdessä kävi myös ilmi, että mittaus nopeuttaa huomattavasti, jos on kaveri, jonka kanssa suorittaa vikavirtasuojien mittaukset. Kun vikavirtasuojat laukaistaan, se pitää käydä nostamassa takaisin ON-asentoon, jotta mittaus voidaan suorittaa taas seuraavasta ryhmästä, koska yhden kolmivaiheisen vikavirtasuojakytkimen takana voi olla esimerkiksi kuusikin johdonsuojakatkaisijaa ja näin ollen kuusi eri ryhmää.



KUVIO 23. Ryhmäkeskuksen JK22 vikavirtasuojia.

5.1.6 Toiminnalliset kokeet

Kun jännite oli kytketty sähkölaitteistoihin, täytyi myös tehdä erilaisia toiminnallisia kokeita. Esimerkiksi kaikki valaisinpainikkeet täytyi tarkastaa toimivatko ne niin kuin pitääkin. Rakennuksessa oli myös monia sähkömoottoreita ja puhaltimia, joiden oikea pyörimissuunta ja toiminta täytyi tarkastaa. Kiertosuunta tarkistettiin myös kaikista kolmivaiheisista pistorasioista. Suuri osa valaistuksesta ja ilmanvaihdosta oli taloautomaation ohjaamaa, joten niiden toiminnan testaaminen kuului osin rakennusautomaatiourakoitsijalle.



KUVIO 24. IV-koneen tulo- ja poistoilmapuhaltimien taajuusmuuttajat, joita ohjataan taloautomaatiolla.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä ohjeistus käyttöönottotarkastukseen sähköasentajan muistin tueksi ja virkistämiseen. Työhön sisältyi käyttöönottotarkastus esimerkkikohteessa toisen sähköasentajan avustuksella ja valvonnassa. Ohjeessa pyrittiin tiivistämään kaikki tieto, jonka sähköasentaja tarvitsee mittauksia suorittaessaan. Työssä esitellään myös tietoa siitä, miksi kyseiset mittaukset suoritetaan, miten suoritetaan ja kuinka mittauksissa esiintyviä ongelmia tulkitaan ja, kuinka ne ratkaistaan.

Työssä pyrittiin kertomaan kaikki oleellinen tieto käyttöönottotarkastuksesta ja säännöksistä, jotka säätelevät käyttöönottomittauksia ja niiden tarkoituksellisuutta. Mielenkiintoisen työstä teki työskentely rakennuksessa sähköistämisvaiheessa ja se, että pääsin lopulta näkemään valmiin rakennuksen ja suorittamaan sinne käyttöönottotarkastusta. Omasta mielestäni työn tavoitteet saavutettiin hyvin. Oma osaaminen ja tuntemus käyttöönottomittauksista sekä sähkölaitteistoista kehittyi valtavasti.

LÄHTEET

Fluke 1653B manuaali. 2004. Saatavissa: http://assets.fluke.com/manuals/165x____um-fin0100.pdf. Viitattu: 14.3.2016.

Fluke. 2004. Sähköasennustarkastusten perusteet. Saatavissa: <https://fluke.syncforce.com/efulfillment/10641-fin>. Viitattu: 1.3.2016.

Harsia, P. 2011. Sähkölaitteiston tarkastukset. Saatavissa: <http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030503/1134129294081.html>. Viitattu: 14.3.2016.

SFS 6000. Pienjännitesähköasennukset ja sähköturvallisuus. 2007. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

ST-kortisto. Sähköasennuksen käyttöönottotarkastuspöytäkirja. 2016. Kortti ST 51.21.05

Tapaturmatilasto. 2016. Sähkötyöturvallisuus. Saatavissa: <http://www.tut.fi/sahkotyoturvallisuus/tietosivusto/tapaturmatilastotietoa.html>. Viitattu: 5.3.2016.

Tukes. 2015. Kuolemaan johtaneet sähkötapaturmat 1980-2015. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Rekisterit/sahko-ja-hissit-rekisterit/sahkotapaturmat/> Viitattu: 24.2.2016.

Vikavirtasuojaus tuli pakolliseksi vuonna 2008. Artikkelisähköalan sivulla. Saatavissa: http://www.sahkoala.fi/koti/sahkoturvallisuus/fi_FI/vikavirtasuojaus_pakolliseksi/. Viitattu: 14.3.2016.

LIITTEET

LIITE 1. Tarkastuspöytäkirja malli

1. Työkohde	Asiakas				
	Osoite	Puhelin			
2. Sähköurakoitsija	Nimi				
	Osoite	Puhelin			
3. Jakeluverkon haltija					
4. Nimellisjännite		5. Oikosulkuvirta liittymän luona (pienin/suurin)			
6. Tarkastuksen peruste	<input type="checkbox"/> Uudisasennus	<input type="checkbox"/> Muutos- tai laajennustyö	<input type="checkbox"/> Korjaustyö	<input type="checkbox"/> Uusintatarkastus	
	<input type="checkbox"/> Muu:	Työ:			
7. Silmämääräinen tarkastus	a. Liittymisjohto				
	<input type="checkbox"/> pääte	<input type="checkbox"/> suojaus	Laji:	Poikkipinta:	
	<input type="checkbox"/> Läpivihti	c. Päävarokkeet			
	Sulake / varoke		x	A / x	A
	d. Pääpotentiaalintasaus				
	<input type="checkbox"/> PE- tai PEN-kisko betoniraudotus	<input type="checkbox"/> maadoitusjohdin antenniraudotus	<input type="checkbox"/> vesiputkistot puhelinmaadoitus	<input type="checkbox"/> ilmanvaihtokanavat ukkossuojaus	
	e. Pääkeskus				
	<input type="checkbox"/> sijoitus asennus	<input type="checkbox"/> rakenne	<input type="checkbox"/> erotusmahdollisuus	<input type="checkbox"/> merkinnät	
	f. Ryhmäkeskukset				
	<input type="checkbox"/> sijoitus	<input type="checkbox"/> rakenne	<input type="checkbox"/> merkinnät	<input type="checkbox"/> asennus	
	g. Ryhmäjohdot				
	<input type="checkbox"/> liittämisen keskukseen	<input type="checkbox"/> poikkipinnat	<input type="checkbox"/> merkinnät	<input type="checkbox"/> asennus	
	h. Pistorasiat				
	<input type="checkbox"/> sijoitus	<input type="checkbox"/> rakenne	<input type="checkbox"/> johtimien liitokset		
	i. Valaisimet				
<input type="checkbox"/> sijoitus	<input type="checkbox"/> rakenne				
j. Lämmityslaitteet					
<input type="checkbox"/> pattereiden sijoitus ja asennus	<input type="checkbox"/> kiukaan sijoitus ja asennus	<input type="checkbox"/> lämmityskelmujen asennus	<input type="checkbox"/> lämmityskaapeleiden asennus		
k. Muut kojeet					
<input type="checkbox"/> liesi					
l. Muut asennukset					
<input type="checkbox"/> puhelinasennukset	<input type="checkbox"/> antenniasennukset	<input type="checkbox"/> muut teletekniset asennukset			
m. Loppupiirustukset					
<input type="checkbox"/> keskuskaaviot	<input type="checkbox"/> johdotuskuvat	<input type="checkbox"/> käyttöohjeet ja käytönopastus			
8. Keskuskohtaiset mittaukset	a. Suojajohtimien ja potentiaalintasausjohtimien jatkuvuus		b. Eristysresistanssi		
	<input type="checkbox"/> Jatkuvuus todettu mittaamalla		Koko keskuksen eristysresistanssi		
	Erikseen mitattavat ryhmäjohdot		M1		
	Ryhmä nro	Eristysresistanssi	Ryhmä nro	Eristysresistanssi	
	c. Sytön automaattisen poiskytkennän vaatimusten toteutuminen				
	<input type="checkbox"/> Todettu mittaamalla <input type="checkbox"/> Todettu suunnitelmista				
	Pienin oikosulkuvirta erikseen mitatuista ryhmistä				
	Ryhmä nro	Ikmin / A	Onko OK	Ryhmä nro	Ikmin / A
Liite					
d. Vikavirtasuojajytkimien toimintavirrat					
Tunniste	Nimellisarvot In / IΔn	Mitattu IΔ	Tunniste	Nimellisarvot In / IΔn	Mitattu IΔ
Liite					
f. Käytetyt mittalaitteet					
Laite		Valmistaja		Tyyppi	
9. Tarkastuksen tulos	TUKESin ohjeessa S10 vahvistettujen standardien tai standardeihin rinnastettavien julkaisujen mukainen turvallisuustaso		<input type="checkbox"/> saavutettu	<input type="checkbox"/> ei saavutettu (puutteet liitteenä)	
10. Tarkastuksen tekijä	Nimi				
	Aika ja paikka	Alekrius			

LIITE 2. Vikavirtasuojakytkinten toimintavirta

Keskustunnus	Ryhmänumero	Toimintavirta (mA)
JK 11	2	18
JK 11	4	18
JK 21	35	21
JK 21	36	18
JK 21	40	21
JK 21	42	21
JK 21	43	18
JK 21	53	21
JK 22	31	18
JK 22	32	18
JK 22	38	24
JK 22	39	24
JK 22	41	24
JK 22	45	18
JK 22	47	18
JK 22	49	21
JK 22	50	21
JK 22	52	21
JK 22	55	15
JK 22	56	21
JK 23	31	21
JK 23	32	18
JK 23	33	21
JK 23	38	21
JK 23	39	21
JK 23	41	24
JK 23	45	21
JK 23	47	18
JK 23	48	21
JK 23	50	21
JK 23	52	21
JK 23	56	21
JK 23	60	18
JK 23	64	18
JK 24	16	24
JK 24	17	18

LIITE 3. Ryhmien oikosulkuvirta

Keskustunnus	Ryhmännumero	Oikosulkuvirta (A)
JK 11	2	487
JK 11	4	331
JK 21	35	348
JK 21	36	554
JK 21	40	556
JK 21	42	649
JK 21	43	652
JK 21	53	274
JK 22	31	270
JK 22	32	277
JK 22	38	152
JK 22	39	230
JK 22	41	238
JK 22	45	279
JK 22	47	279
JK 22	48	276
JK 22	49	244
JK 22	50	257
JK 22	52	279
JK 22	55	283
JK 22	56	264
JK 22	62	163
JK 22	70	186
JK 22	71	192
JK 23	31	170
JK 23	32	178
JK 23	33	287
JK 23	38	138
JK 23	39	184
JK 23	41	168
JK 23	45	145
JK 23	47	193
JK 23	48	216
JK 23	50	167
JK 23	52	181
JK 23	56	167
JK 23	60	108
JK 23	64	104
JK 23	70	115
JK 23	71	200
JK 24	16	618
JK 24	17	602