



Tomi-Valtteri Paavilainen

Sähköurakoinnin laadunvalvonta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

27.4.2023

Tiivistelmä

Tekijä: Tomi-Valtteri Paavilainen
Otsikko: Sähköurakoinnin laadunvalvonta
Sivumäärä: 38 sivua + 2 liitettä
Aika: 27.4.2023

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine: Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat: Lehtori Jarno Nurmio

Insinööriyön aiheena on sähkötöiden laadunvalvonta sähköurakoitsijan roolissa. Laadunvalvonnalla varmistetaan työn valmistuvan ajallaan ja virheettömästi. Aikataulussa valmistunut ja laadukas työ on usein kustannustehokkaampi tapa tehdä töitä.

Tavoitteena oli koota tietoa sähköurakan aikana tehtävistä laadunvalvontaan liittyvistä tarkastuksista ja dokumenteista. Urakan aikana laaditaan useita pöytäkirjoja, joissa todetaan asennusten noudattavan standardeja sekä tilaajan laatuvaatimuksia. Dokumentit ovat tyypillisesti sähköurakoitsijan työnjohdon tai sähköasentajan laatimia pöytäkirjoja mittauksista tai aistinvaraisista tarkastuksista. On tärkeää, että valtaosa tarkastuksista tehdään jo rakennusvaiheen aikana, koska rakenteiden ummistuessa tarkastuksien suorittamisesta tulee haastavaa tai jopa mahdotonta. Dokumentteilla urakoitsija voi todistaa myös jälkikäteen suorittaneensa työt riittävällä tasolla.

Tämä opinnäytetyö on toteutettu hyödyntäen verkosta löytyvää materiaalia sähköalan säädöksistä ja sähköturvallisuuslaista. Työn pohjalta saa selkeämmän käsityksen sähköurakoinnin laadunvalvonnan merkityksestä ja siihen liittyvistä tarkastuksista.

Avainsanat: laadunvalvonta, sähköurakointi, asennustapatarkastukset

Abstract

Author: Tomi-Valtteri Paavilainen
Title: Quality Control in Electrical Contracting
Number of Pages: 38 pages + 2 appendices
Date: 27 April 2023

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Electrical engineering
Professional Major: Electrical and automation engineering
Supervisors: Jarno Nurmio, Senior Lecturer

The topic of the thesis is quality control in electrical contract work. With proper quality control it is possible to make sure that the project is finished on time and without defects. Finishing projects on time and without defects usually ends up being a very cost-effective way of working.

The goal of the thesis work was to collect information about inspections that an electrical contractor must carry out and documents that must be produced before commissioning of a building. During a project there are many documents and inspection reports that need to be created to verify that the installations follow all applicable standards and the quality criteria of the client. The documents and inspection reports are typically created by an electrician or by their supervisor. It is important that most of the inspections are carried out during construction because conducting the inspections after the structures have been closed, it becomes difficult if not impossible to conduct said inspections later. The contractor benefits from the created documents by being able to prove afterwards that the installations have been properly completed.

This thesis is based on information collected from the internet from regulations and laws concerning electrical works. The thesis gives the reader a clearer understanding of the inspections related to quality control during construction and their importance in a project.

Keywords: quality control, electrical contracting, installation inspections

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Laatu ja laadunvarmennus	1
2.1	Laadunhallinnan merkitys ja tavoitteet	1
2.2	Materiaalien ja työsuorituksen hyväksyttäminen	2
3	Työn ajoittaminen ja sähköasennukset	2
3.1	Aikataulu	2
3.2	Johtotiet ja kaapelointireitit	3
3.3	Alakaton yläpuoliset laitteet ja kytkennät	6
3.4	Kalustus- ja valaisinasennukset	6
4	Aistinvaraiset tarkastukset	7
5	Käyttöönottomittaukset ja testaukset	21
5.1	Jännitteettömät mittaukset	21
5.1.1	Suojajohtimen jatkuvuuden mittaus	21
5.1.2	Eristysresistanssimittaus	23
5.1.3	SELV- ja PELV-piirien erotusmittaukset	24
5.1.4	Lämmityskaapeleiden ja -kelmujen mittaukset	26
5.2	Jännitteelliset mittaukset	27
5.2.1	Vikavirtasuojan testaus	27
5.2.2	Ylivirtasuojan testaukset	28
5.2.3	Kiertosuunnan testaus ja napaisuus	31
5.3	Toimintakokeet	31
6	Itselleluovutukset ja tarkastusten dokumentointi	32
7	Käyttöönottotarkastuspöytäkirja	33
8	Huolto- ja luovutusasiakirjat	34
9	Varmennustarkastus	35
10	Takuuaika	36
11	Yhteenveto	37

Lähteet

Liitteet

Liite 1: Esimerkki muuntamon maadoituskytkennöistä (ST 53.11)

Liite 2: Esimerkki käyttöönottotarkastuspöytäkirjasta (ST 51.21.06)

1 Johdanto

Opinnäytetyö käsittelee sähköurakoinnin laadunvalvontaa. Opinnäytetyössä perehdytään tarkemmin laadunvalvonnan merkitykseen ja sähköalaa sääteleviin säädöksiin, määräyksiin ja lakeihin.

Tavoitteena on selkeyttää sähköurakkaan kuuluvia laadunvalvonnan tarkastuksia ja dokumentteja. Sähköurakan laadunvalvonta sijoittuu koko rakennusprojektin ajalle, joten urakan aikana tehtävät tarkastukset ja niihin liittyvät tarkastusdokumentit on oltava sähköurakoitsijalle etukäteen selkeitä.

2 Laatu ja laadunvarmennus

2.1 Laadunhallinnan merkitys ja tavoitteet

Laatua voi olla hankala määritellä, ja laatu voikin asiayhteydestä riippuen tarkoittaa eri asioita yksilöille sekä organisaatioille. Laatu määräytyy tuotteiden ja palveluiden kyvystä sopeutua käyttötarkoitukseen ja kyvystä täyttää asiakkaiden vaatimukset sekä odotukset erinäisiin käyttötarkoituksiin. Lisäksi asiakkaan kokema arvo ja hyöty palveluille sekä tuotteille on yksi iso osa laatua. Tuotteiden ja palveluiden tulisikin täyttää asiakkaan tarpeet nykyiseen ja tulevaan käyttöön. [1.] Laadunhallinnalla on tarkoitus valvoa prosessia, jotta kehitetyt tuotteet ja palvelut tulevat toteuttamaan tai jopa ylittämään toivotut tulokset. Usein tilaajalla on omia vaatimuksia projektin toteutuksesta, jotka täytyy huomioida hankkeen eri vaiheissa. Erityisvaatimuksia voidaan sopimusasiakirjoissa esittää esimerkiksi käytetyistä materiaaleista, hyväksyttävistä toimittajista, dokumentoinnin tasosta, turvallisuussuunnitelmasta ja aikataulusta. Kaikki sovitut asiat ja niiden toteuma vaikuttavat tilaajan näkemykseen kokonaislaatutasosta. Projektin aikataulussa valmistuminen lukeutuu siis erittäin vahvasti myös työn laatuun, vaikkei sitä valmistuneen projektin lopputuloksessa silmin näekään.

Järjestelmällisellä työn valvonnalla voidaan puuttua projektissa ilmeneviin suunnitelmaristiriitoihin ajoissa ja välttää työn keskeytyminen vajavaisen toteutus suunnittelun yhteensovituksen takia. Myös resursointi ja aikataulutukset sekä lyhyellä että pitkällä aikajaksolla helpottuu, kun työn etenemistä seurataan jatkuvasti. Valvomalla, että työt tehdään oikea-aikaisesti, varmistetaan työn sujuvasta kulusta. Näin ollen työ pidetään myös kustannustehokkaana. Hyvin ja aikataulussa toteutuneet projektit pitävät asiakkaat tyytyväisinä, ja tämä näkyy todennäköisemmin asiakkaan haluna jatkaa yhteistyötä myös jatkossa.

2.2 Materiaalien ja työsuorituksen hyväksyttäminen

Käytetyistä materiaaleista ja asennustavoista on hyvä sopia tilaajan kanssa ennen varsinaisten asennusten aloittamista. Sopimalla käytetyistä materiaaleista etukäteen vältetään ikäviltä tilanteilta, missä tuotteet joudutaan työsuorituksen jälkeen vaihtamaan esimerkiksi yhteensopivuusongelmien takia. Usein on myös tarve järjestää malliasennus tehtävistä töistä, etenkin kun kokonaisuuteen liittyy useamman urakoitsijan töitä. Näin voidaan tehdä tarkennuksia asennustapoihin ja käytettäviin tuotteisiin ennen kuin työtä lähdetään suurelle alueelle toistamaan. Tuotehyväksynnöistä on hyvä pitää kirjaa ja malliasennuksista kannattaa laatia malliasennuspöytäkirjat, jotta myöhemminkin tiedetään, mitä on sovittu.

3 Työn ajoittaminen ja sähköasennukset

3.1 Aikataulu

Työaikataulun tavoitteena on luoda yhteisesti sovittu ajallinen yhteensovitus urakoitsijoiden välillä. Aikataulua voidaan käyttää työn etenemisen mittarina sekä omissa että muiden urakoitsijoiden töissä, ja jatkuvan aikataulun seurannan avulla voidaan varmistaa hankkeen oikea-aikainen valmistuminen. Aikataulu toimii myös resurssien ja materiaalihankintojen ajoituksen tukena. [2.]

Aikataulun luonnissa on tyypillisesti hyvä käyttää paikka-aikakaaviota, jossa näkyy tehtävä työvaihe sekä alue, jossa työ suoritetaan. Näin voidaan helpommin yhteensovittaa urakoitsijoiden välisiä työaikatauluja ja varmistaa, että työalueilla ei ole päällekkäisiä työvaiheita.

3.2 Johtotiet ja kaapelointireitit

Johtotieasennuksissa on huomioitava johtoteiden

- sijainti suhteessa muuhun tekniikkaan ja rakenteisiin
- kuormitusvaatimukset, koot ja materiaalin pintakäsittelyt mahdollisten värien kanssa
- kannatusten tiheys valmistajan ohjeiden mukaan
- kannattimien kiinnitystavat
- järjestelmien väliset jaot ja johtoteiden käyttötarkoitus
- mahdolliset potentiaalintasaukset ja osien yhdistäminen galvaanisesti toisiinsa
- läpivientien tekeminen alueiden välillä ja mahdolliset läpivientien pa-loeristeet.

Johtotiet on sijoitettava siten, että ne eivät ole muun tekniikan tiellä ja noudattavat suunnitelmissa annettuja asennuskorkeuksia. Liian korkealle asennetut hyllyt voivat jäädä putkiston tai kanaviston taakse tai olla muuten hankalasti luokse päästävässä kaapelointia varten. Liian matalalle asennettu kaapelihylly voi taas olla esimerkiksi alakattorakenteen tiellä tai johtokouru voi olla työpisteen pöydän alapuolella, kun käyttäjä haluaisi pistorasiat käyttöön pöytätason päälle. Mikäli kaapelihyllyn pystyosuus on altis mekaaniselle rasitukselle, on kaapelihyllylle asennettava suojalevy 1,5 metrin korkeuteen asti. [3, s. 197.]

Johtoteiden sijoituksessa on myös huomioitava materiaalien lämpölaajeneminen. Esimerkiksi teräksisen johtotien lämpölaajeneminen voidaan laskea kaavalla

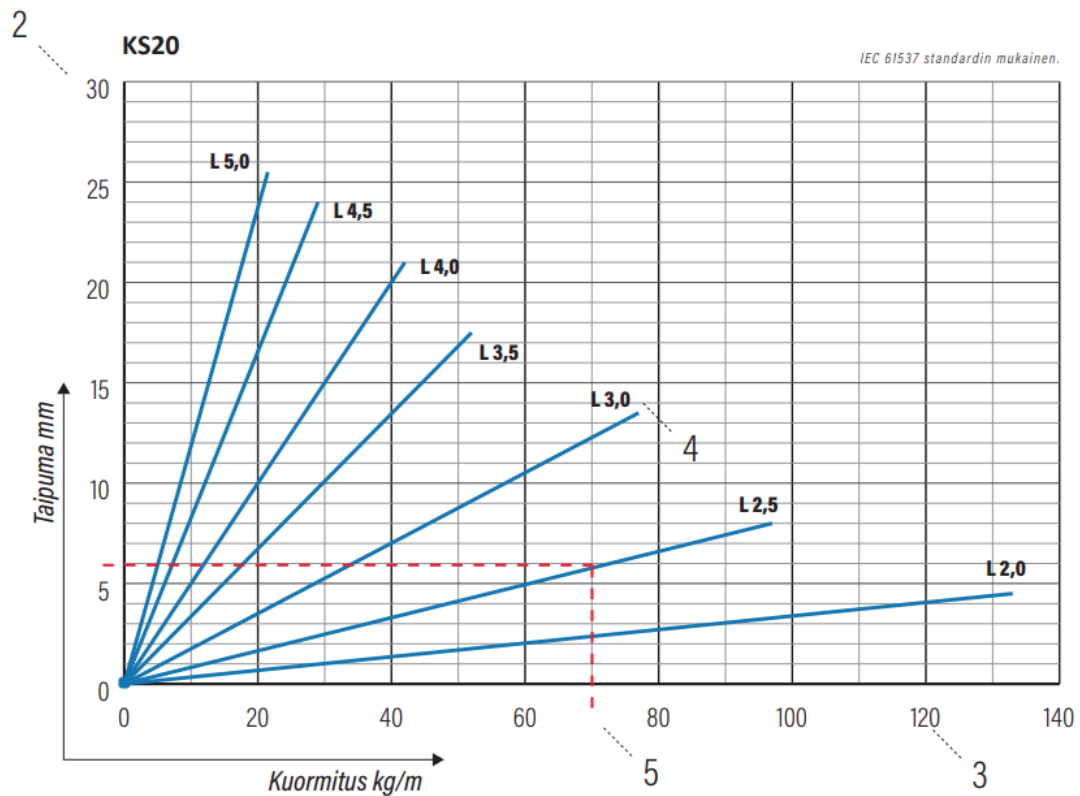
$$\Delta L = \alpha \Delta T L_0,$$

missä L_0 on johtotien alkuperäinen pituus (m), ΔT on lämpötilan muutos ($^{\circ}\text{C}$) ja α on materiaalin lämpölaajenemiskerroin. Teräksen lämpölaajenemiskerroin on $12 \times 10^{-6} / \text{K}$. Jos esimerkiksi teräksinen johtotie on 50 m pitkä ja lämpötilamuutos on 40°C , voidaan pituuden muutos laskea seuraavasti.

$$\Delta L = (12 \times 10^{-6} / \text{K}) \times 40^{\circ}\text{C} \times 50 \text{ m} = 0,024 \text{ m} = 24 \text{ mm}$$

[4; 5, s. 76.]

Hyllyjen ja kiskojen asennukset sekä kuormitukset on toteutettava siten, että taipuma ei ylitä suhdetta 1/200 näkyviltä osin. Piiloon jäävien ja teollisuuden kaapelihyllyt taas eivät saa ylittää taipumaa 1/100. Taipuma esitetään kannakevälin ja johtotien taipumisen suhteena. Tällöin esimerkiksi hylly, joka on taipunut 20 mm:n verran 2,5 m:n kannakevälillä, täyttää vaatimuksen piiloon jääviltä hyllyiltä, mutta ei näkyviin jääviltä hyllyiltä, koska taipuman suhde on suurempi kuin 1/200. Kuvaan 1 on koottu Meka KS20 -kaapelihyllyn taipumat eri kannakeväleillä ja kuormilla. [6.]



Kuva 1. Meka KS20 -kaapelihyllyn taipumaa eri kannakeväleillä ja kuormilla [7, s. 28].

Taulukon siniset viivat esittävät kannatuksen väliä Mekan KS20 -kaapelihyllylle. Vaaka-akselilla on esitetty hyllyn kuormitus (kg/m) ja pystyakselilla on hyllyn taipuma. Jos tarkastellaan hyllyä 2,5 metrin kannakevälillä ja kuormituksella 70 kg/m, voidaan taulukon punaisesta viivasta nähdä hyllyn taipuma, joka on 6 mm. Taipuman suhde on siis $\frac{6}{2500} = 0,0024$. Koska taipuma on $<1/100$ ja $<1/200$, voidaan hylly asentaa tällä kuormituksella ja kannakevälillä myös näkyville. [6; 7, s. 28.]

Kaapelihyllyille ei ole Suomessa pakollista lisätä potentiaalintasausta, mutta potentiaalintasaus kannattaa toteuttaa jo senkin vuoksi, että rikkoutunut kaapelin vaippa voi tehdä hyllystä jännitteisen. Kaapelihyllyt ja muut johtotiet kannattaa lisätä potentiaalintasaukseen myös häiriösuojauksen vuoksi. Mikäli

potentiaalintasaus toteutetaan, on palokatkojen kohdalla kiinnitettävä huomiota siihen, että johtoteiden välillä säilyy galvaaninen yhteys. Esimerkiksi hyllyn katketessa palokatkon kohdalla voidaan hyllyjen välille kytkeä potentiaalintasausjohdin. [8.]

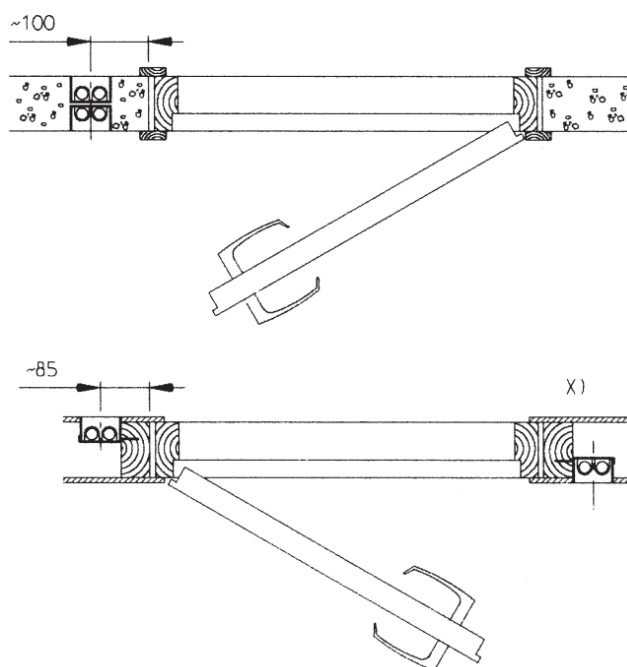
3.3 Alakaton yläpuoliset laitteet ja kytkennät

Alakaton yläpuoliset asennukset ovat toteutettava siten, että kaikkiin huoltoon vaativiin laitteisiin ja kytkentärasioihin on päästävä käsiksi. Kaapelointien vedonpoistot ovat myös toteutettava siten, että huollon aikana kaapelit ja asennusputket eivät pääse liikkumaan eivätkä ne haittaa itse huoltotyön tekemistä. Sähköpiirien merkinnät tulee olla selkeästi nähtävissä kaikilla kytkentärasioilla ja kytkinlaitteilla, jotta asennukset voidaan myös jälkikäteen tarkastaa.

Vain sähköasennuksia varten tarkoitettuja kaapelireittejä käytetään kaapelien kiinnitykseen. Muita järjestelmiä, kuten ilmastointi-, vesi-, ja viemäriputkia, ei käytetä kaapelointireittinä. Tällöin muiden järjestelmien huolto- ja muutostöissä ei tarvitse koskea sähkö- ja tietojärjestelmäasennuksiin. [9, s. 99, 124; 3, s. 15–16.]

3.4 Kalustus- ja valaisinasennukset

Kalusteiden, laitteiden ja valaisimien asennuskorkeudet tulee varmistaa suunnitelmista tai ne tulee sopia tilaajan kanssa ennen asennuksia. Suunnitelmissa esitetyt korot ovat alimman sähköpisteen keskikohta, ellei suunnitelmissa ole toisin mainittu. Kalusteiden sijoitukset varmistetaan myös siten, että ne eivät jää muiden rakenteiden tai laitteiden tielle tai taakse. Esimerkiksi valaistuskytkimet sijoitetaan oven lähetyvillä siten, että ne eivät jää ovea avattaessa oven taakse piiloon. Esimerkki valaistusten kytkimien sijoittelusta on kuvassa 2. [10.]



X) KOJEET ASENNETAAN TÄLLE PUOLELLE
VASENKÄTISEN OVEN SÄHKÖPIELESSÄ TMS.

Kuva 2. Asennusesimerkki valaistuksen kytkimien sijoittelusta [10].

Asennuksia tehtäessä ja tarkastettaessa pidetään vahvavirtalaitteet ja telelaitteet eri yhdistelmissä, ettei peitekansia avattaessa altistuta tarpeettomasti jännitteisille osille. Myös kaikille jännitteelle alltiille osille on tuotava suojamaadoitus, jotta vikatilanteessa säästytään henkilövahingoilta. Jännitteelle alltiita osia ovat esimerkiksi valaisimen metallinen runko tai pistorasian maadoituskosketin.

4 Aistinvaraiset tarkastukset

Aistinvaraiset tarkastukset ovat laajuudeltaan ehkä suurin tarkastus, mitä sähkölaitteistoille tehdään. Tarkastus asennuksille on tehtävä ennen käyttöönotto-tarkastusta, ja sitä suoritetaan käytännössä koko projektin ajan toisin kuin mittauksia, joita suoritetaan pääsääntöisesti vain projektin loppupuolella, kun sähköasennukset ovat valmistuneet. Aistinvaraiset tarkastukset ovat myös hyvin

olennainen osa urakan itselleluovutuksia, jotka toimivat urakoitsijan oman työn tarkastuksena.

Kustannukset tarkastuksille ja töille voivat nousta tarkastustyön hankaloitumisen takia, jos tarkastuksia ei tehdä oikea-aikaisesti. Hyvillä ja huolellisilla aistinvaraisilla tarkastuksilla pystytään myös havaitsemaan suunnitelmissa esiintyviä puutteita ja epäkohtia, joita on helpompi korjata, kun rakenteet ovat vielä auki asennuksia varten. Mikäli huomataan, ettei nykyisillä suunnitelmilla tulla täyttämään sähköturvallisuusmääräyksiä, työt on lopetettava kesken ja toteutustapaa on muutettava. Peittyvien rakenteiden aistinvaraisia tarkastuksia ei myöskään voida usein enää jälkikäteen tehdä, joten näiden töiden tarkastukset on suoritettava välittömästi työvaiheiden valmistuttua. Peittyviä asennuksia ovat esimerkiksi väliseinien ja rakenteiden sisään jäävät kaapeloinnit ja putkitukset sekä alakattojen yläpuoliset asennukset. [3, s. 11–17.]

Aistinvaraisissa tarkastuksissa tulee tarkastaa

- sähköiskuilta suojaus ja kotelointien eheys
- palosuojaus- ja johtojärjestelmien oikeanmukainen käyttö palon leviämisen ehkäisemiseksi
- johtimien valinnat kuormituksen sekä jännitteenaleneman kannalta
- sähköjärjestelmien suojaukset ja asettelut
- ylijännitesuojien sijoitus, asennus ja asettelu, mikäli vaadittu
- erotus- ja kytkentälaitteiden asennukset
- sähkölaitteiden ja suojamenetelmien valinta ulkoisten tekijöiden vaikutuksen mukaan
- nolla- ja suojajohtimien oikeanmukainen käyttö ja merkinnät (N, PE, PEN)
- piirustusten, varoituskilpien ja muiden dokumentointien olemassaolo
- kytkin- ja suojalaitteiden sekä piirien merkinnät ja tunnistettavuus
- kaapeleiden ja liitosten oikeanmukainen asennus ja sopivuus
- maadoituksen olemassaolo ja kytkentöjen määräysten mukaiset asennukset

- sähkölaitteiston huollon ja käytön vaatimat tilat
- sähkömagneettisten häiriöiden suojaustoimenpiteet
- jännitteelle alttiiden osien maadoitukset
- johtojärjestelmien valinnat ja asennukset
- yksivaiheisten kytkinlaitteiden kytkennän varmistaminen äärijohtimiin ja äärijohtimen kytkentä lampun kantaan lampun pitimissä. [3, s. 11–14.]

Sähköiskuilta suojaus ja kotelointien eheys

Sähköiskuilta suojauksessa noudatetaan standardia SFS 6000 4–41 [14]. Tarkistetaan asennusten perussuojaus. Perussuojaus on toteutettava siten, että jännitteiset osat eivät ole tahattomasti kosketeltavissa. Suojaus voidaan toteuttaa joko yksittäisillä koteloilla, joilla estetään jännitteisiin osiin koskeminen tai esimerkiksi rajaamalla aluetta verkkoaidalla, ettei varoetäisyyden sisäpuolelle päästä kulkemaan. Koteloiden täytyy olla siten kiinnitetty ja suljettu, ettei niitä voida avata ilman työkaluja tai jännitteen kytkeminen onnistuu vasta, kun kotelo on asennettu takaisin paikoilleen.

Palosuojaus- ja johtojärjestelmien oikeanmukainen käyttö palon leviämisen ehkäisemiseksi

Palosuojaus- ja johtojärjestelmissä noudatetaan standardeja SFS 6000 4–42 ja 5–52 [11; 21]. Johtojärjestelmät ja laitteet täytyy valita sekä asentaa siten, ettei niiden käyttö vikatilanteessa aiheuta palovaaraa eivätkä asennukset heikennä rakennuksen yleistä rakenteellista kestävyyttä ja paloturvallisuutta. Asennuskaapelit ovat tyypillisesti vähintään Eca-paloluokan kaapeleita, jotka eivät yksitään asennettuna edistä paloa.

Johtimien valinnat kuormituksen sekä jännitteenaleneman kannalta

Todetaan, että johtimilla on ylikuormitus- ja oikosulkusuojat. Varmistetaan, että suojaukset on oikeaoppisesti sijoitettu ja asennettu. Kiinnitetään huomiota suunnitelmista poikkeaviin johdinpituuksiin ja varmistetaan poikkipintojen riittävyys jännitteenaleneman kannalta.

Jännitteenalenema voi pitkällä vedolla ilmetä ongelmalliseksi, ja sitä voidaan kompensoida kasvattamalla johtimen poikkipinta-alaa. Yleensä jännitteenalene-
mia kuitenkin pyritään arvioimaan jo ennen asennuksia, jotta vältetään jo tehty-
jen kaapelointien uusimiselta. Standardissa SFS 6000 5-52:2017 [11] sanotaan
seuraavasti.

Jännitteenalenema liittymispisteen ja minkään kuormituspisteen vä-
lillä ei pitäisi olla suurempi kuin taulukon G.52.1 arvot verrattuna
asennuksen nimellisjännitteeseen [11].

Taulukossa 1 on esitetty suurimmat sallitut jännitteenalenemat suhteessa koh-
teen nimellisjännitteeseen standardin SFS 6000-5-52 mukaisesti [11].

Taulukko 1. Sallittu jännitteenalenema suhteessa kohteen nimellisjännitteeseen [11].

Asennuksen tyyppi	Valaistus-käyttö %	Muu käyttö %
A – Pienjänniteasennus, joka on syötetty suoraan yleisestä jakeluverkosta	3	5
B – Pienjänniteasennus, joka on syötetty yksityisestä teholähteestä ^a	6	8
<p>^a Suositellaan, että niin pitkälle kuin mahdollista ryhmäjohtojen jännitteenalenema ei ylitä asennustyyppille A annettuna arvoja.</p> <p>Kun asennuksen pääjohdot ovat pitempiä kuin 100 metriä, näitä jännitteenalenemia voidaan kasvattaa 0,005 % johdon 100 metrin ylittävän pituuden metriä kohti. Ilman tätä lisäystä se ei saa olla suurempi kuin 0,5 %.</p> <p>Jännitteenalenema määritellään sähkölaitteen tehontarpeen mukaan käyttäen soveltuvin osin tasoituskertoimia tai käyttäen piirien suunniteltuja virtoja.</p>		

Jännitteenalenema voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$u = b \left(\rho_1 \frac{L}{S} \cos \varphi + \lambda L \sin \varphi \right) I_B$$

missä:

u on jännitteen alenema voltteina,

b on kerroin, joka on 1 kolmivaiheisessa piirissä ja 2 yksivaiheisessa piirissä. Piirit, joissa nollajohtimen virrat eivät kumoudu käsitellään yksivaiheisena piirinä.

ρ_1 on johdinmateriaalin resistiivisyys normaalissa käyttölämpötilassa (kuparille $0,0225 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$ tai alumiinille $0,036 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$).

L on johtojärjestelmän pituus metreinä.

S on johtimien poikkipinta-ala [mm^2].

$\cos \varphi$ on tehokerroin. Jos tehokertoimen tarkkoja arvoja ei ole tiedossa, oletetaan tehokertoimeksi 0,8 (sin φ on tällöin 0,6).

λ on johtimen reaktanssi johtimen pituusyksikköä kohden. Jos tarkkoja arvoja ei ole tiedossa, voidaan arvoksi olettaa $0,08 \text{ m}\Omega/\text{m}$.

I_B on suunniteltu virta ampeereina.

Jännitteenaleneman prosentteina on:

$$\Delta u = 100 \frac{u}{U_0}$$

U_0 on jännite vaiheen ja nollan välillä voltteina.

Pienoisjännitepiireissä jännitteenaleneman ei ole tarve täyttää taulukon 1 mukaista jännitteenalenemaa (pois lukien valaistuskäyttö), mikäli laitteiden on tarkistettu toimivan oikein [11].

Sähköjärjestelmien suojaukset ja asetelut

Sähköjärjestelmien suojuksissa noudatetaan standardia SFS 6000 5-53 [17]. Tarkistetaan laitteiden suojausten sekä valvontalaitteiden oikeat asennukset ja suojalaitteiden valinnat. Tarkistetaan, että asetteluarvot suojalaitteilla ovat aseteltu laitteistolle sopivaksi. Asetteluarvot ja suojalaitteiden valinnat ovat aina laitteistokohtaisia.

Ylijännitesuojien sijoitus, asennus ja asettelu, mikäli vaadittu SFS 6000 5-53 mukaisesti

Mikäli riskinarviointia ei ole tehty, ylijännitesuojaus täytyy lisätä maaseudun tai taajama-alueen kohteisiin, joissa ylijännitteet voivat aiheuttaa vahinkoa

- ihmishengille haittaamalla esim. terveydenhuollon toimintaa
- suurille ihmismäärille
- julkisille palveluille ja kulttuuriperinnölle
- kaupallisille tai teollisuuden toiminnoille.

Muissa kohteissa täytyy lisätä ylijännitesuojaus, jos kohde liittyy ilmajohtoverkkoon eikä riskinarviointia ole tehty. [12.]

Erotus- ja kytkentälaitteiden asennukset

Erotus- ja kytkentälaitteiden asennuksissa noudatetaan standardia SFS 6000 5-53 [17]. Tarkistetaan kytkentälaitteiden oikeaoppiset asennukset sekä tunnistettavuus. Merkinnöistä ja sijoituksesta on käytävä ilmi, minkä piirin kytkentälaitte erottaa. Varmistetaan, että kytkentälaitteet ovat käytön ja huollon kannalta käsiteltävissä. Esimerkiksi alakaton yläpuoliset puhallinkonvektorin turvakytkimet on sijoitettava huoltoluukkujen läheisyyteen.

Sähkölaitteiden ja suojamenetelmien valinta ulkoisten tekijöiden vaikutuksen mukaan

Sähkölaitteiden ja suojamenetelmien valinnassa noudatetaan standardeja SFS 6000 4-42-422, 5-51-512.2, 5-52-522 ja 8-804 [11; 13; 21; 22]. Varmistetaan asennusten määräystenmukaisuus eri tiloissa ja käyttöympäristöissä. Kiinnitetään erityisesti huomiota kosteisiin tiloihin, uloskäytäviin, ulkotiloihin, mekaaniseen rasitukseen, paloturvallisuuteen, ympäristön lämpötilaan, rakenteisiin ja

muihin ulkoisiin tekijöihin asennustarvikkeita sekä sähkölaitteiden suojauksia valittaessa.

Nolla- ja suojajohtimien oikeanmukainen käyttö ja merkinnät (N, PE, PEN)

Johdinmerkinnöissä noudatetaan standardia SFS 6000 5-51 [13]. Varmistetaan, että kohteessa käytetään oikeita johtimien värityksiä ja merkintätunnuksia. Eristetyn nollajohtimen (N) on oltava koko pituudeltaan merkattu sinisellä tunnusvärillä ja suojamaadoituksen keltavihreällä (PE). Yhdistetyillä ja eristetyillä suoja- ja nollajohtimella (PEN) on oltava keltavihreä tunnusväri koko pituudeltaan sekä sininen tunnusmerkintä kaapelin molemmissa päissä. Suojamaadoitukseen tarkoitettua keltavihreää johdinta ei saa käyttää muihin käyttötarkoituksiin kuin suojamaadoitukseen eikä sinistä nollajohdinta saa käyttää suojamaadoitukseen. Sinistä johdinta voidaan kuitenkin käyttää muihin tarkoituksiin äärijohtimena, mikäli ei ole mahdollista sekoittaa sitä nollajohtimeksi. [13.]

Vanhoissa kunnostettavissa kohteissa väritykset voivat poiketa nykyisistä standardeista. Aikaisemmin käytössä olleet väritunnukset voi löytää SFS 6000 8-802 -standardista [26].

Piirustusten, varoituskilpien ja muiden dokumentointien olemassaolo

Piirustuksien, varoituskilpien ja dokumenttien osalta noudatetaan standardia SFS 6000 5-51 [13]. Tarkistetaan, että kohteessa löytyvät käyttäjälle tarpeelliset merkinnät sekä dokumentoinnit turvallista sähkölaitteiston käyttöä varten. Merkintöjen ja dokumentoinnin on oltava helposti saatavilla ja löydettävissä myös sähkölaitteiston hoitoa ja huoltoa varten.

Dokumenteista on löydettävä sähkölaitteiston sijainti myös peittyneiden asennusten osalta. Laitteiden ja tilojen vaatimien varoitus- ja tunnuskilpien on oltava paikoillaan. Huomioidaan myös, että SFS 6002 -standardin [24] mukaiset

varoituskilvet löytyvät muuntamoiloissa. Kuvissa 3, 4 ja 5 on esitetty muuntamon varustukseen kuuluvia kilpiä.



Kuva 3. Varoitusmerkki: Vaarallinen jännite [24].



Kuva 4. Kieltoimerkki: Kytkimen asennon muuttaminen kielletty [24].



Kuva 5. Varoituskilpiä, joissa on kilven ja tekstin yhdistelmä [24].

Hengenvaara-tekstillä varustettua kilpeä voidaan käyttää esimerkiksi pylväissä, sähköalueen aidoissa ja sellaisten tilojen ovissa, joissa on

kosketussuojaamattomia osia. Jännitteinen-tekstillä varustettua kilpeä voidaan käyttää esimerkiksi käyttöön otetuissa keskuksissa, joissa on vaarallinen jännite. Esimerkki sähkötilojen varoituskyltistä on kuvassa 6 ja kuvassa 7 on esimerkki sähkötoista varoittavasta kyltistä.



Kuva 6. Kilven ja tekstin yhdistelmät, joita voidaan käyttää esim. sähkötilojen ja sähkökorjaamoiden ovissa [24].



Kuva 7. Kaksipuolinen kieltokilpi, jota käytetään varoittamaan käynnissä olevasta työstä ja kieltämään kytkimen asennon muuttamisen työn aikana [24].

Kytkin- ja suojalaitteiden sekä piirien merkinnät ja tunnistettavuus

Kytkin- ja suojalaitteiden sekä piirien merkintöjen osalta noudatetaan SFS 6000 5-51 standardia [13]. Varmistutaan, että laitteiston suojauksilla on selkeät

merkinnät ja ne on sijoitettu siten, että ne löytyvät helposti. Merkinnöistä on käytävä ilmi, mitä piiriä kytkin- ja suojalaitteet suojaavat.

Kaapeleiden ja liitosten oikeanmukainen asennus ja sopivuus

Kaapeleiden ja liitosten osalta noudatetaan standardia SFS 6000 5-52 [11]. Varmistutaan, että sähköiset liitokset on tehty oikeilla liitostarvikkeilla ja niille löytyy riittävät suojaukset. Huomioidaan mahdolliset erityisohjeistukset kytkennöille. Tarkistetaan, että tarvittaville liitoksille on myös pääsy tarkastusta, testausta ja huoltoa varten.

Maadoituksen olemassaolo ja kytkentöjen määräysten mukaiset asennukset

Maadoituksen ja suojajohtimien osalta noudatetaan standardia SFS 6000 5-54 [23]. Varmistutaan päämaadoituselektrodin olemassaolosta ja siitä, että dokumentoinnit toteutuksesta löytyvät. Päämaadoituselektrodin minimipoikkipinnan mitoitusohjeet löytyvät taulukosta 2.

Taulukko 2. Maadoituselektrodien minimimitat [23].

Materiaali	Poikki-pinta-ala mm²	Halkaisija Ø mm	Minimipak- suus mm^a	Korroo- siosuojaus- kerroksen paksuus µm
Kupari	16		1,6	-
Kuumasinkitty teräs	90	10	3	45
Ruostumaton teräs	90	10	3	-
Betoniin upotettu teräs	90	10	3	_b
Kuparivaipalla varus- tettu teräs		15		2000

Materiaali	Poikki-pinta-ala mm²	Halkaisija Ø mm	Minimipak- suus mm^a	Korroo- siosuojaus- kerroksen paksuus µm
Sähköisesti kuparilla päällystetty teräs		14 (vaaka- katasossa 10)		250 (vaaka- elektrodilla 70)
<p>^a Nauhan tai levyn paksuus tai köyden yksittäisen langan halkaisija Ø</p> <p>^b Betoniin upotetulla perustusmaadoituselektrodilla ei tarvita korroosiosuojausta</p>				

Varmistetaan, että järjestelmäkohtaisten maadoitusten poikkipinta-alat riittävät ja ettei maadoitusten laatu heikkene ajan myötä korroosion vaikutuksesta. Eri-tyistä huomiota kannattaa kiinnittää esimerkiksi EMC-järjestelmien maadoitukseen ja räjähdysherkkien tilojen maadoitukseen. Lisäksi muuntamotiloissa on huomioitava SFS 6001 -standardin mukaiset suurjänniteasennuksia koskevat säädökset. Liitteessä 1 löytyy ST 53.11-kortin [27] mukainen esimerkkikaavio muuntamotilan maadoituksista.

Sähkölaitteiston huollon ja käytön vaatimat tilat

Sähkölaitteiston huollon ja käytön osalta noudatetaan standardeja SFS 6000 5-51 ja SFS 6000 7-729 [13; 25]. Varmistetaan, että sähköasennuksille ja laitteistoille on mahdollista päästä myös myöhempänä ajankohtana. Tarkistetaan, että laitteilla on riittävät vapaat tilat ympärillä huoltoa varten ja etteivät sähköasennusten koteloinnit haittaa merkittävästi huoltotoimenpiteitä. [13; 25.]

Sähkömagneettisten häiriöiden suojaustoimenpiteet

Sähkömagneettisten häiriöiden osalta noudatetaan standardia SFS 6000 4-44 [12]. Sähkömagneettiset häiriöt voivat häiritä tai vahingoittaa telejärjestelmiä,

tietoteknisiä järjestelmiä, valvontalaitteistoja, prosessiautomaation järjestelmiä tai yhteisantenniverkon laitteistoa. Vaihtovirtaiset vahvavirtakaapelit voivat indusoida ylijännitteitä ja häiriösignaaleita telejärjestelmien kaapeleihin ja laitteisiin. Siksi häiriöille herkät järjestelmät tulisi kaapeloida eri johtoteillä kuin tehonsyöttöön tarkoitetut kaapeloinnit. Myös häiriöherkät laitteet tulisi sijoittaa siten, että ne eivät ole häiriötä aiheuttavien laitteiden lähetyvillä. On myös suositeltavaa käyttää tietoliikenneverkkojen kaapelointiin häiriösuojattuja kaapeleita sekä ylivirtasuojaa tai suodattimia häiriöalttiiden laitteiden kanssa. [12.]

Jännitteelle alttiiden osien maadoitukset

Jännitteelle alttiiden osien maadoitusten osalta noudatetaan standardia SFS 6000 4-41 [14]. Rakennuksissa on kytkettävä potentiaalintasausjohtimet sellaisiin metallisiin rakenteisiin ja osiin, joilla on mahdollisuus muodostaa vaarallisia potentiaalieroja. Tällaisia metallisia osia ovat esimerkiksi vesiputket, kaasuputket, ilmanvaihtokanavat ja -laitteet sekä kosketeltavat rakenneteräkset. [14.]

Johtojärjestelmien valinnat ja asennukset

Johtojärjestelmien valinnassa ja asennuksissa noudatetaan standardia SFS 5-52 [11]. Varmistetaan johtojärjestelmien soveltuvuus käyttöympäristössä ja tarkistetaan käytettävien tarvikkeiden asianmukaiset asennustavat. [11.]

Samaan johtokanavan osastoon tai putkeen voidaan asentaa useita virtapiirejä sillä edellytyksellä, että johtimien eristykset ovat aina suurimman jännitteen omaavan järjestelmälle soveltuvia. Huomioidaan siis, että johtotiet, joissa on sekä vahvavirtakaapeleita että heikkovirtakaapeleita, ovat osastoitavissa molemmille järjestelmille erikseen. Saman kaapelin sisällä kulkevat eri järjestelmät noudattavat samaa sääntöä, eli johdinten eristysten on oltava soveltuvia suuremman jännitteen omaavalle järjestelmälle. Kaapeleiden ja johtimien sallitut asennustavat voi tarkistaa standardin taulukosta 3. [11.]

Taulukko 3. Sallitut asennustavat johtimille ja kaapeleille A.52.1 [11].

Johtimet ja kaapelit		Asennustapa							
		kiinnittä- mättä	kiin- ni- tet- tynä	put- kessa	avatta- vassa johtoka- navassa (mukaan luettuna listat ja lattiaka- navat)	umpi- nai- sessa johto- kana- vassa	kaape- lihyllä, - tik- kailla tai - kan- natti- millä	eris- ti- millä	kanna- tinköy- den kanssa
Paljaat johtimet		-	-	-	-	-	-	+	-
Eristetyt johtimet ^b		-	-	+	+ ^a	+	-	+	-
Vaipalliset kaapelit	monijohtimiset	+	+	+	+	+	+	0	+
	yksijohtimiset	0	+	+	+	+	+	0	+
+ sallittu - ei sallittu 0 ei käytetä									
^a Virtapiiriin kuuluvat jännitteiset johtimet on sallittu vain, jos johtokanava on tarkoitettu tällaiseen asennustapaan, johtokanavajärjestelmän kotelointiluokka on IPX4 tai IPXXD ja kansi voidaan ottaa pois työkalulla tai erityisellä toimenpiteellä									
^b Suojajohtimina tai potentiaalintasausjohtimina käytettäviä eristettyjä johtimia ei tarvitse sähköasennuksissa sijoittaa putken tai johtokanavan sisään.									

Varmistetaan yksivaiheisten kytkinlaitteiden kytkentä äärijohtimiin ja äärijohtimen kytkentä lampun kantaan lampun pitimissä

Yksivaiheisten kytkinlaitteiden ja äärijohtimien kytkennöissä noudatetaan standardeja SFS 6000 4-46 ja SFS 6000 5-53 [15; 17]. Jo asennusvaiheessa varmistetaan, että äärijohtimet on kytketty säännösten mukaisesti suojalaitteisiin ja mahdollisiin ohjaimiin. Yksivaiheisia kytkinlaitteita ei saa asentaa nollajohtimeen, vaan niiden on aina oltava äärijohtimessa. Jokaisen sähköasennuksen

tulee olla erotettavissa syötöstä. Varmistetaan myös, että lamppujen kannat on oikein päin kytketty eli vaihejohdin tulee lampun kantaan ja nolla lampun kierreosaan. [15; 17.]

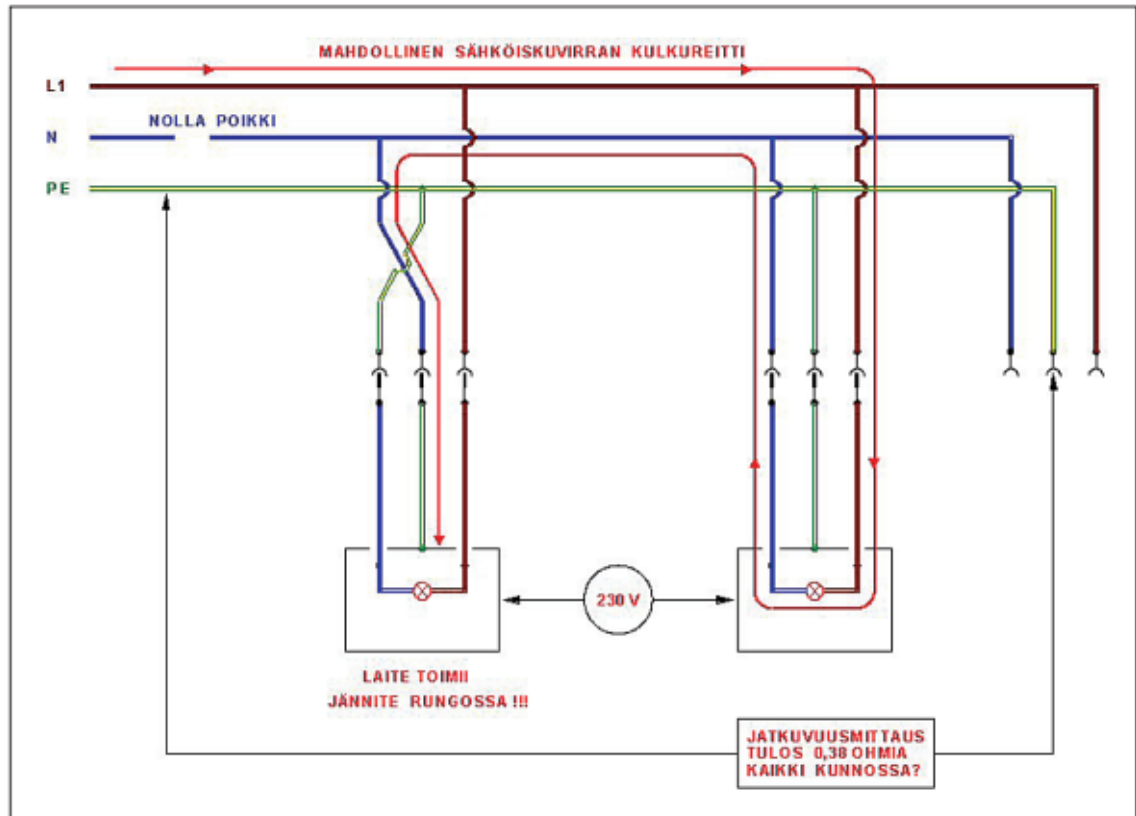
5 Käyttöönottomittaukset ja testaukset

Sähköasennuksille on suoritettava käyttöönottomittaukset, jotka täydentävät aistinvaraisia tarkastuksia. Mittaukset suoritetaan vasta sitten, kun asennuksien muut vaiheet eivät voi enää vaikuttaa mittaustuloksiin. Toisin sanoen mittaukset suoritetaan vain niiltä osin, kuin asennukset ovat valmiit. Mittaukset aloitetaan aina jännitteettömistä mittauksista ensin, jotta voidaan todeta, ettei laitteisto aiheuta välitöntä vaaraa henkilöille. Jännitteettömien mittausten jälkeen suoritetaan jännitteelliset mittaukset, joilla varmistetaan suojalaitteiden tarkoituksenmukainen toiminta ja riittävyys. Sähkölaitteistolle suoritetuista mittauksista on laadittava mittauspöytäkirjat.

5.1 Jännitteettömät mittaukset

5.1.1 Suojajohtimen jatkuvuuden mittaus

Suojajohtimen jatkuvuus mitataan aina laitekohtaisesti. Tämä tarkoittaa, että pistorasiaryhmässä jokainen pistorasia on erikseen testattava suojajohtimen jatkuvuuden osalta, eikä pelkästään ryhmän epäedullisimman pisteen mittaus riitä. Pelkällä yhden pisteen mittauksella ei voida varmistua, ettei muissa pisteissä ole syntynyt kytkentävirhettä esimerkiksi nollan ja suojamaan välillä. Ennen mitausten aloittamista TN-S-järjestelmässä suoja- ja nollajohtimen yhdistys on poistettava kuten eristysvastusmittauksessakin. Näin mittauksissa voidaan varmistua, etteivät ryhmäjohtotasolla nolla- ja suojajohtimet ole vaihtuneet keskenään. Kuvassa 8 on esimerkki tilanteesta, jossa viallinen kytkentä ei ilmene jatkuvuusmittauksessa.

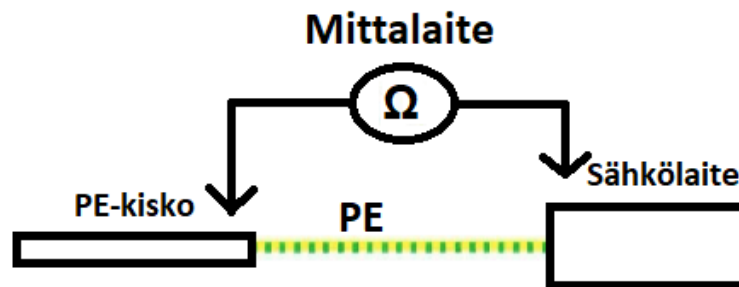


Kuva 8. Esimerkki hengenvaarallisesta kytkennästä, joka ei ilmene mittauksissa, kun mittaus suoritetaan vain ryhmän viimeisestä pisteestä [3, s. 18–29].

Myös mittajohtojen kompensointi tulee suorittaa ennen varsinaisia mittauksia, etteivät mittaustulokset sisällä mittajohtojen impedanssia. Mikäli kompensointia ei mittalaitteella voida tehdä, on mittaustuloksista vähennettävä aina mittajohtojen impedanssi. Kompensointi suoritetaan mittalaitteen valmistajan ohjeiden mukaisesti, ja kompensoinnin jälkeen on hyvä suorittaa ensimmäinen testimittaus pelkästään mittajohtojen välillä. Tällä testimittauksella voidaan varmistaa, että mittajohtojen kompensointi onnistui. Kompensoinnin onnistuttua mittajohtojen impedanssin tulisi jatkuvuusmittauksessa antaa tulokseksi 0Ω .

Suojajohtimen jatkuvuuden mittaus suoritetaan jännitteelle alttiin osan ja pääpotentiaalintasaukseen liittyvän pisteen väliltä. Jännitteelle alttiit osat voivat olla esimerkiksi pistorasian suojakosketin tai laitteen metallinen runko. Mikäli mitauspisteet ovat liian kaukana toisistaan, jotta mittaus voitaisiin suorittaa

mittajohdoilla, voidaan aiemmin mitattua pistettä käyttää referenssipisteenä ja laskennallisesti saada kauemman pisteen impedanssi laskemalla tulokset yhteen. Tyypillisesti saadut mittaustulokset ovat 0–2 Ω ja vain äärimmäisen pitkillä johtimilla mittaustulokset ylittävät 2 Ω . Kuvassa 9 on esimerkki suojajohtimen mittauksesta. [3.]



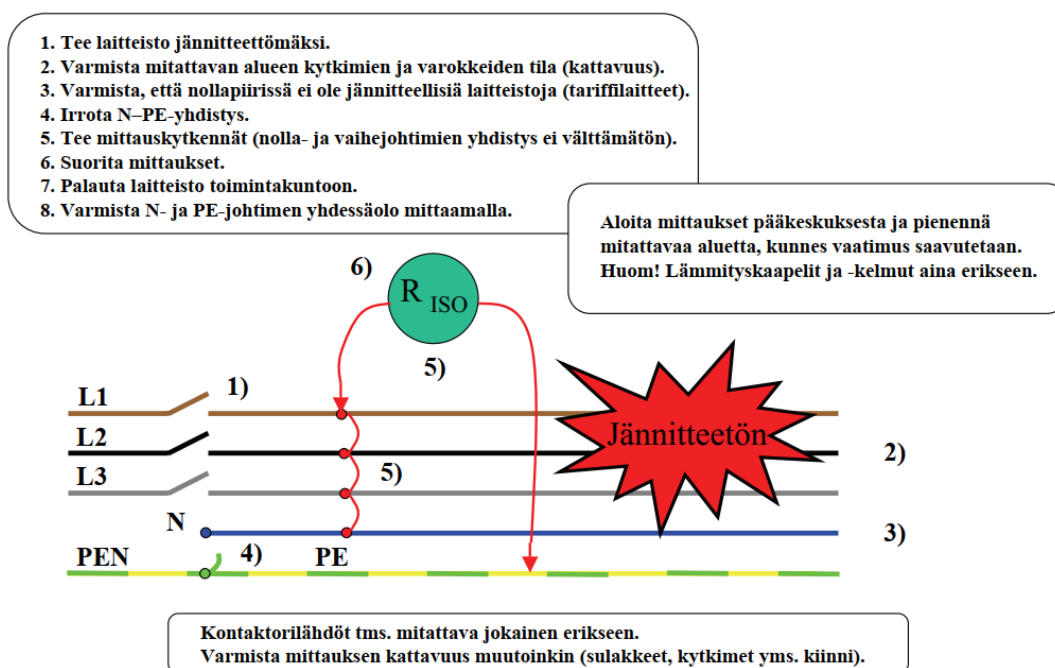
Kuva 9. Suojajohtimen jatkuvuuden mittauskaavio.

5.1.2 Eristysresistanssimittaus

Eristysresistanssimittauksella on tarkoitus varmistaa kaapeleiden sekä johtimien eheydet sekä jännitteisten johtimien olevan eristettynä maasta. Eristysresistanssi mitataan TN-S-järjestelmällä äärijohtimien (L1, L2, L3 ja N) ja suojajohtimen (PE) väliltä. TN-C-järjestelmässä PEN-johdin lasketaan jännitteettömäksi johtimeksi, ja se mitataan vaihejohtimia (L1, L2 ja L3) vasten. Tällöin piirin kuormat on eroteltava mittauksen ajaksi, etteivät kuormat häiritse mittauksia tai herkemät laitteet vioitu mittausten aikana.

Ennen mittausten aloittamista on tärkeää varmistaa, että piiri on jännitteetön ja kytkimet sekä johdonsuojat on kytkettynä kiinni. Tarkistetaan myös L- ja PE-johtimien erotus. Ennen mittausten suoritusta on varmistettava myös, onko piirissä komponentteja, jotka eivät kestä 500 V:n mittausjännitettä. Mikäli piirissä löytyy esimerkiksi herkkiä valaisinkomponentteja, jotka eivät ole järkevästi piiristä

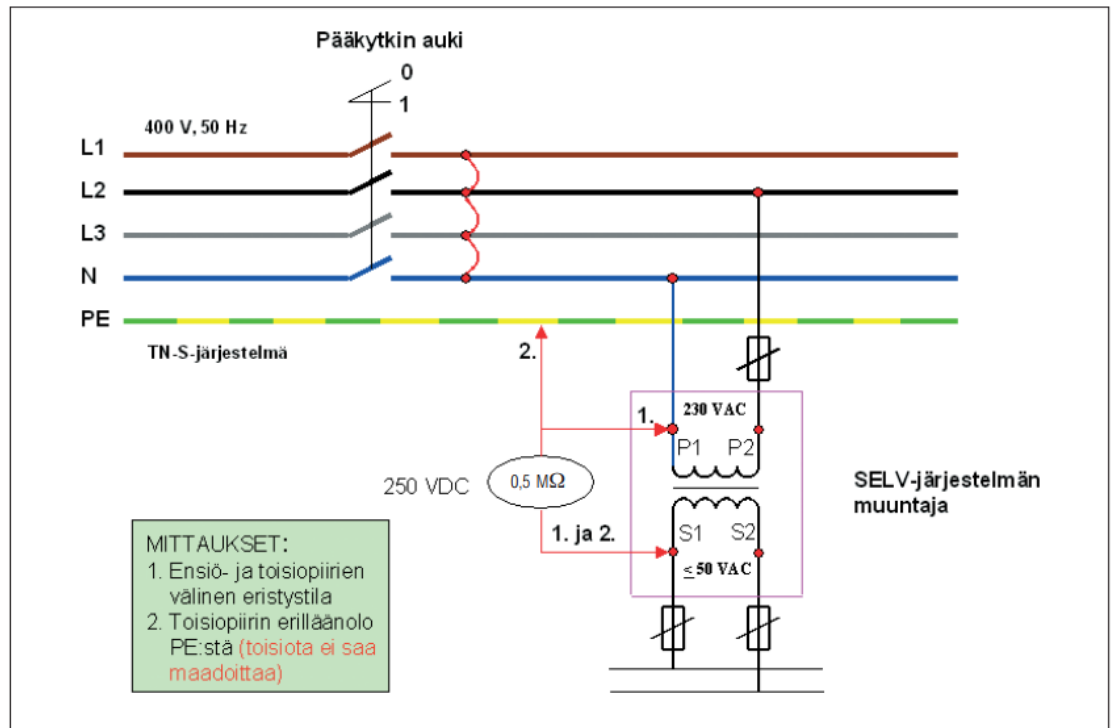
eroteltavissa, voidaan käyttää mittausjännitteenä myös 250 V. Molempia mittausjännitteitä käytettäessä eristysresistanssimittauksen hyväksytty tulos on ≥ 1 M Ω . Mittausten päätteeksi N- ja PE-johdinten yhdistys on palautettava, jotta laitteisto on taas toimintakunnossa. Kuvassa 10 on esitetty eristysvastusmittauksen kytkentäkaavio. [12.]



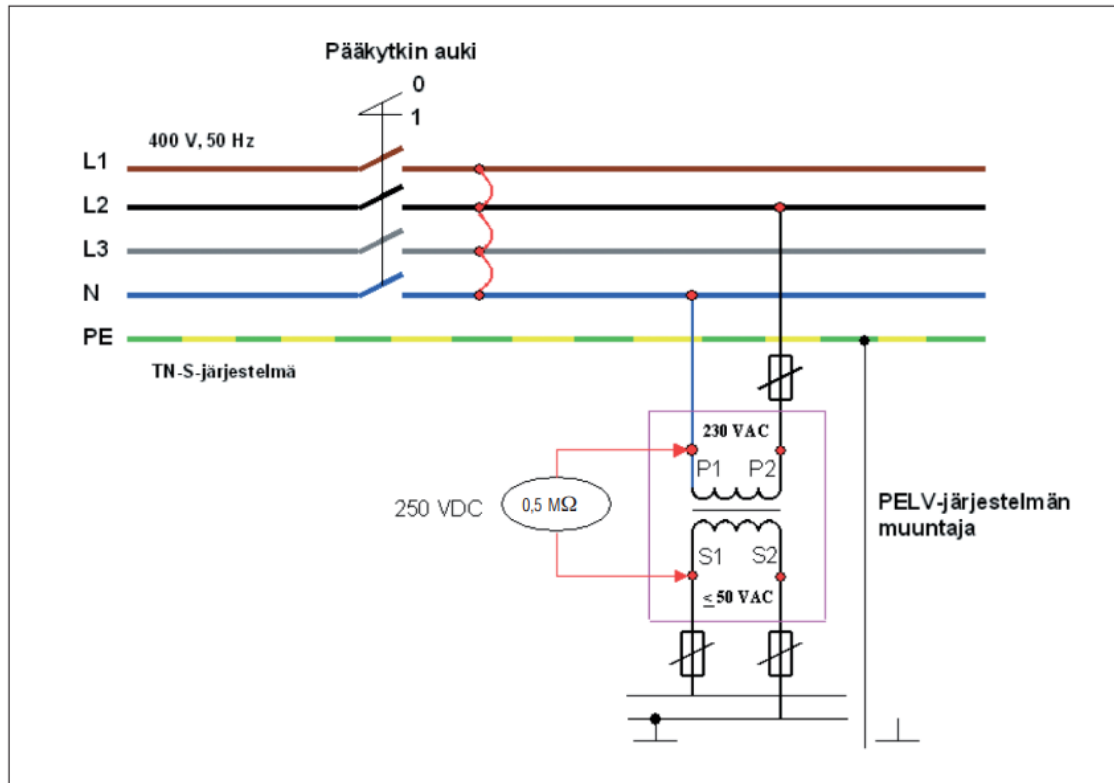
Kuva 10. Eristysvastusmittauksen kytkentäkaavio [3, s. 26].

5.1.3 SELV- ja PELV-piirien erotusmittaukset

SELV-piireissä eristysresistanssimittauksilla varmistetaan ensiö- ja toisiopuolen erilläänolo toisistaan sekä toisiopuolen erilläänolo suojamaadoituksesta. PELV-piireissä suojamaadoitusta voidaan käyttää toisiopuolella, jolloin suojamaadoituksen erotusta ei tarvitse mitata. SELV- ja PELV-piirejä mitatessa käytetään 250 V:n mittausjännitettä ja hyväksytty mittaustulos on $\geq 0,5$ M Ω . Kuvassa 11 on esitetty SELV-järjestelmän eristysvastuksen mittauskaavio ja kuvassa 12 on esitetty PELV-järjestelmän eristysvastuksen mittauskaavio.



Kuva 11. SELV-järjestelmän mittauskaavio [3, s. 26].



Kuva 12. PELV-järjestelmän mittauskaavio [3, s. 27].

5.1.4 Lämmityskaapeleiden ja -kelmujen mittaukset

Lämmityskaapeleiden ja -kelmujen mittauksia on tehtävä myös asennusvaiheiden yhteydessä. Esimerkiksi lattiavaluun asennettavat lämmityskaapelit on mitattava sekä ennen lattiavalua että valun jälkeen. Näin varmistetaan kaapelin eheydestä asennusvaiheessa. Jo valettuun lattiaan kaapelin vaihto aiheuttaa aina paljon suuremman työn, kun lattiaa joudutaan roiloamaan auki. Vaihtoehtoisesti rikkiäinen lämmityskaapeli voidaan myös korvata asentamalla uusi kaapeli valettuun lattiapintaan ja lattialle tehdään uusi korotus. Molemmat korjaustoimenpiteen aiheuttavat aina kustannuksia, jotka kohdistuvat urakoitsijalle, mikäli urakoitsijalla ei ole näyttöä lämmityskaapelin eheydestä ennen valua. Mittauksista tehty pöytäkirja toimii siis myös urakoitsijan vakuutena tekemistään asennuksista, mikäli lämmityskaapeli menee muiden työvaiheiden ohessa rikki. [16, § 24, § 25.]

Lämmityskaapelille tai -kelmulle kuuluu suorittaa eristysresistanssimittaus sekä silmukkaresistanssimittaus. Silmukkaresistanssi mitataan nollan ja vaiheen väliltä ja sitä verrataan valmistajan antamiin arvoihin ja toleransseihin. Ääretöntä lähestyvä silmukkaresistanssiarvo viittaa aina vioittuneeseen tai katkenneeseen kaapeliin. Eristysresistanssimittaukset lämmityskaapeleille tehdään kuten muillekin järjestelmän kaapeleille, mutta eristysresistanssi suositellaan myös mitattavaksi johtavaa kiinnitysalustaa vasten. Kaikki kaapelin arvot ja mittaustulokset kirjataan mittauspöytäkirjaan sekä usein myös kaapelin mukana toimitettavaan takuutodistukseen, joka on täydennettävä takuuehtojen täyttämiseksi.

5.2 Jännitteelliset mittaukset

5.2.1 Vikavirtasuojan testaus

Jokainen vikavirtasuoja on tarkastettava mittaamalla sekä testipainikkeesta painamalla. Mittauksilla varmistetaan, että vikavirtasuoja toimii nimellisvirrallaan (usein 30 mA henkilösuojauksissa) ja standardien vaatimassa poiskytkentäajassa. Vikavirtasuojalle on myös hyvä suorittaa ramppitesti, jolla tarkistetaan vikavirtasuojan todellinen toimintavirta. Sallittu toimintavirta on 0,5–1 kertaa vikavirtasuojan nimellisvirta eli 30 mA:n vikavirtasuojalla 15–30 mA. Vikavirran poiskytkentäajan määrittämiseen käytetään standardin SFS 6000 4-41 taulukkoa 41.1 [14]. Esimerkiksi pistorasiaryhmissä käytetään yleensä 30 mA:n vikavirtasuojia, joiden on toimittava 0,4 sekunnissa. Suurimmat sallitut poiskytkentäajat voi tarkastaa taulukosta 4. [17.]

Taulukko 4. Suurimmat sallitut poiskytkentäajat [14].

Järjestelmä	50 V < U ₀ ≤ 120 V s		120 V < U ₀ ≤ 230 V s		230 V < U ₀ ≤ 400 V s		U ₀ > 400 V s	
	AC	DC	AC	DC	AC	DC	AC	DC
TN	0,8	^a	0,4	1	0,2	0,4	0,1	0,1
TT	0,3	^a	0,2	0,4	0,07	0,2	0,04	0,1
<p>Jos TT-järjestelmässä poiskytkentä saadaan aikaan ylivirtasuojilla ja suojaava potentiaalintasaus on kytketty kaikkiin asennuksen muihin johtaviin osiin, voidaan käyttää TN-järjestelmän poiskytkentäaikoja.</p> <p>U₀ on nimellinen tasa- ja vaihtojännite äärijohtimesta maahan.</p> <p>HUOM. Jos poiskytkentä toteutetaan vikavirtasuojan avulla, katso kohdan 411.4.4 huomautus, kohdan 411.5.3 huomautus 4 ja kohdan 411.6.4 b) huomautus 4.</p> <p>^a Poiskytkentää voidaan tarvita muusta syystä kuin sähköiskulta suojaamiseen.</p>								

5.2.2 Ylivirtasuojan testaukset

Yleisin tapa testata ylivirtasuojauksen riittävyys on suorittaa piirin impedanssimittaus. Impedanssin avulla voidaan määrittää piirin oikosulkuvirta, jota verrataan käytössä olevaan ylivirtasuojauksen minimioikosulkuvirta-arvoon, joka täyttää standardin mukaiset toiminta-ajat. Useimmat asennustesterit antavat impedanssimittauksessa suoraan myös oikosulkuvirran arvon, jolloin oikosulkuvirtaa ei tarvitse erikseen laskea. Mikäli mittauksissa saatu tulos alittaa suojalaitteen vaaditun oikosulkuvirran, on suojausta vaihdettava nopeammin toimivaan suojalaitteeseen. Esimerkiksi C-tyyppin 16 A:n johdonsuojakatkaisija vaatii 200 A:n mitatun oikosulkuvirran. Jos mittauksissa todetaan piirin oikosulkuvirran olevan vain 150 A, voidaan tilalle vaihtaa B-tyyppin 16 A:n johdonsuojakatkaisija. Tällöin B-tyyppin vaatima 100 A:n oikosulkuvirta toteutuu ja suojaus toimii riittävän nopeasti. Mikäli laitteille tai asennusten osille ei voida toteuttaa vaadittuja

poiskytkentäaikoja, tulee nämä laitteiston osat suojata vikavirtasuojalla. [17.]
Taulukoissa 5 ja 6 on esitetty pienimmät sallitut toimintavirrat johdonsuojakatkaisijoille sekä gG-sulakkeille.

Taulukko 5. Pienimmät toimintavirrat johdonsuojakatkaisijoille ja vaaditut mitatut arvot [18, s. 86.]

Nimellis- virta A	B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mi- tattu arvo A	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mi- tattu arvo A
6	30	37,5	60	75
10	50	62,5	100	125
16	80	100	160	200
20	100	125	200	250
25	125	156,3	250	312,5
32	160	200	320	400
50	250	312,5	500	625
63	315	393,8	630	787,5
80	400	500	800	1000
125	625	781,3	1250	1562,5

Taulukko 6. Pienimmät toimintavirrat gG-sulakkeille ja vaaditut mitatut arvot [18, s. 86].

Nimellis- virta	gG-sulake 0,4 s	Vaadittu mi- tattu arvo	gG-sulake 5,0 s	Vaadittu mi- tattu arvo
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	82	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			165	206,3
40	315	393,8	190	237,5
50	470	587,5	250	312,5
63	550	687,5	320	400
80			425	531,3
100			580	725
125			715	893,8
160			950	1187,5
200			1250	1562,5
250			1650	2062,5
315			2200	2750
400			2840	3550
500			3800	4750
630			5100	6375

5.2.3 Kiertosuunnan testaus ja napaisuus

Monivaiheisille piireille on suoritettava kiertosuunnan testaus, jossa varmistetaan, etteivät vaiheet kulje ristiin piirin sisällä. Myös keskuksissa, joista lähtee vain yksivaiheisia piirejä, on testattava kiertosuunta.

Testaamattomissa piireissä voidaan päätyä vahingossa pyörittämään moottoreita väärään suuntaan ja kaikkia moottoreita ei ole suunniteltu kahteen suuntaan pyöritettäväksi. Vaiheiden ollessa ristissä voidaan siis rikkoa kalliita laitteita pakottamalla ne toimimaan vastoin käyttötarkoitusta. Useissa jännitteenkoettimissa on sisäänrakennettuna kiertosuunnan ilmaisu, jolla voidaan helposti keskuksen tai laitteen päästä varmistaa kiertosuunta. Mittaus suoritetaan järjestyksessä aina kahden vaiheen väliltä (esim. L1–L2, L2–L3, L3–L1). Urakoitsijoiden välisissä toimintakokeissa tehdään vielä erilliset testit, joissa varmistutaan vaiheistuksen soveltuvan käyttölaitteille, ja että moottorit pyörivät oikeaan suuntaan.

5.3 Toimintakokeet

Toimintakokeita järjestetään laitteille ja laitteistoille, jotta varmistutaan niiden sopimuksen mukaisesta toiminnasta. Laitteistot voivat koostua pelkästään yhden urakoitsijan asennuksista tai olla usean urakoitsijan rakentama kokonaisuus. Jokaisen urakoitsijan tulee varmistua, että laitteisto on omien asennustensa osalta valmis ennen toimintakokeiden aloitusta.

Sähköurakoitsijan tulee huolehtia, että

- tarvittaville laitteille ja järjestelmille on jännite kytketty päälle
- kaapelit, käynnistimet, varokkeet ja suojalaitteet on asennettu ja alustavasti testattu
- moottoreiden ylikuormitussuojat on säädetty
- moottoreiden vaiheistus ja pyörimissuunta on tarkastettu

- laitteistojen ohjauksien toimivuus on tarkistettu
- yksittäisten laitteiden toimivuus on tarkistettu
- suojalaitteiden toiminta on testattu
- laitteiden suojamaadoituksille on suoritettu tarkastukset ja mittaukset
- toimintakokeille olennaiset mittalaitteet ovat toimintakunnossa
- toimintakokeessa tarvittavat henkilöt ovat valmiina ja läsnä
- valaistus on käyttökunnossa toimintakokeille olennaisilta osilta
- mahdolliset kommunikaatiovälineet ovat käytettävissä.

Toimintakokeista laaditaan pöytäkirjat, joista käy ilmi, mitä kokonaisuutta on tarkastettu. Pöytäkirjaan kirjataan myös toimintakokeissa havaitut puutteet ja virheet. [19, s. 76–77.]

6 Itselleluovutukset ja tarkastusten dokumentointi

YSE 1998 §11 [16] velvoittaa urakoitsijaa tekemään oman työn tarkistuksen, jossa varmistetaan työn laatu, ja korjaamaan kaikki havaitut puutteet ennen tilaajalle tapahtuvaa luovutusta. Asennustapatarkastusten eli itselleluovutuksen tavoitteena ei ole vain vikojen etsintä asennuksissa, vaan tarkastusten tarkoituksena on varmistua asennusten olevan standardien, säädöksien sekä sopimuksen mukaiset. Urakoitsija myös varmistaa itselleluovutuksien avulla työn loppuun saatetuksi.

Tarkastuksia tehdessä on erityisen tärkeää, että tarkastajalla on käytössään uusimmat suunnitelmat ja tarvittavat laitekohtaiset asennusohjeet. Usein tarkastajana toimii sähköurakoitsijan projektipäällikkö tai projektin hoitaja. Tarkastajan tulisi aina olla eri henkilö kuin itse asennustöiden tekijä. Näin välttyään sokeutumasta omiin asennustöihin ja niihin liittyviin virheisiin.

Itselleluovutusten oikea aikainen tekeminen varmistaa, että puutelistojen tekemisen jälkeen virheiden korjaamiseen jää riittävästi aikaa. Tarkastuksia ei kuitenkaan tulisi tehdä liian aikaisin, ettei puutelistoihin tule turhia merkintöjä vain

asennustöiden keskeneräisyyden vuoksi. Tarkastukset on hyvä jakaa osuuksiin esimerkiksi kerroksen, lohkon, huoneiston tai vaikka järjestelmän mukaan. Näin tarkastukset ovat helpommin hallittavia kokonaisuuksia ja korjattujen virheiden tarkastaminen helpottuu.

Sähköurakoinnissa yhtenä merkittävänä osana on peittyvien asennusten tarkistukset. Peittyvien osien tarkistukset on tehtävä hyvissä ajoin ennen alakattojen tai seinien ummistamista, sillä jälkikäteen niitä ei voida enää tarkastaa tai dokumentoida. Peittyvien osuuksien itselleluovutukset tehdäänkin yleisesti heti työvaiheiden valmistuttua, jotta virheet ehditään korjaamaan. Tästä syystä on erityisen tärkeää seurata työvaiheiden etenemistä jatkuvasti.

Virheiden ja puutteiden tarkka dokumentointi on tärkeä osa itselleluovutusprosessia, sillä se edesauttaa virheiden korjaamista kerralla oikein. Puutelistojen korjaustoimenpiteiden jälkeen asennuksille on suoritettava jälkitarkastus, jotta varmistutaan puutteiden todellisuudessa olevan korjattu oikein. Kaikki korjatut puutteet tulee dokumentoida, jotta projektin lopuksi voidaan todeta kaikkien havaittujen puutteiden olevan korjattu.

Itselleluovutusten dokumentointiin ei ole yhtä tiettyä tapaa, ja dokumentointia onkin hyvä soveltaa kohteen erityispiirteille sopivaksi. Tyypillisiä työkaluja dokumenteille ovat esimerkiksi paperille kirjatut luettelot, Excel-taulukot sekä Congrid- ja Plangrid-tarkastussovellukset. Tehdyistä tarkastuksista on hyvä ottaa myös valokuvia, jotta erityisesti peittyvistä asennuksista voidaan myös jälkikäteen todeta asennusten asianmukaiset toteutukset.

7 Käyttöönottotarkastuspöytäkirja

Kohteen asennuksista on laadittava käyttöönottotarkastuspöytäkirja. Käyttöönottotarkastuksella on tarkoitus varmistaa asennusten sähköturvallisuus ja vaatimusten mukaisuus. Pöytäkirjalle ei ole erikseen määrättyä muotoa, ellei

tilaajan kanssa ole erikseen sovittu jotain tiettyä pöytäkirjapohjaa käytettävän. Pöytäkirjassa tulee kuitenkin esittää

- kohteen tiedot
- mitä työtä on tehty ja missä
- sähkölaitteiston rakentaja
- sähkötöiden johtajan nimi ja yhteystiedot
- selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräystenmukaisuudesta
- sovelletut standardit
- yleiskuvaus käytetyistä tarkastusmenetelmistä
- tarkastusten ja testausten tulokset
- tarkastuksen tekijän allekirjoitus.

ST-kortistosta löytyy myös valmis pöytäkirjapohja, joka noudattaa tätä Tukesin antamaa ohjeistusta (Liite 2). [20.]

8 Huolto- ja luovutusasiakirjat

Projektin lopuksi sähköurakoitsijan tulee luovuttaa tilaajalle rakennuksen luovutuspiirustukset eli loppupiirustukset. Luovutuspiirustukset esittävät urakan kokonaisuuteen liittyvien asennuksien toteutusta totuudenmukaisesti, ja niissä tulee esittää urakan aikana tehdyt asennustapa- ja sijaintimuutokset. Tilaajalle tulee myös luovuttaa asennettujen laitteiden ja laitteistojen käyttö- sekä huolto-ohjeet.

Sopimusasiakirjoissa tai sähkötyöselostuksessa on yleensä erillismaininta, kuinka monta sarjaa, ja missä muodossa, luovutusasiakirjoja tulee tilaajalle toimittaa. Tyypillisesti tilaajalle toimitetaan luovutusasiakirjoista kolme sarjaa ja keskustiloihin tuodaan keskuksen dokumentit sekä keskuksen vaikutusalueeseen liittyvät tasopiirustukset. Luovutusasiakirjoja vaaditaan usein myös

digitaalisessa muodossa ja ne voidaan tallentaa esimerkiksi yhteiseen projekti-pankkiin, josta löytyvät myös urakan aikaiset työpiirustukset. [16, § 71.]

9 Varmennustarkastus

Varmennustarkastus tehdään käyttöönottotarkastuksen lisäksi varmistamaan, että sähkölaitteistolle on suoritettu kunnollinen käyttöönottotarkastus ja että sähkölaitteisto täyttää sähköturvallisuusmääräykset. Varmennustarkastuksen pitämisestä vastaa sähkölaitteiston rakentaja eli sähköurakoitsija, ja tarkastus on tehtävä kolmen kuukauden kuluessa käyttöönotosta. Varmennustarkastuksen voi suorittaa valtuutettu tarkastaja tai valtuutettu laitos. Varmennustarkastus suoritetaan sähkölaitteistolle pistekoeluontoisesti. Tarkastuksissa havainnoidaan laitteiston kuntoa ja määräystenmukaisuutta sekä tarvittaessa tehdään mittauksia ja testauksia.

Varmennustarkastus tulee aina tehdä, kun sähkötyöt kohdistuvat luokan 1–3 sähkölaitteistolle. Varmennustarkastus tulee tehdä myös merkittävillä muutos- ja laajennustöille, kun kyseessä on luokan 1–3 sähkölaitteisto. Sähköturvallisuuslain § 44 määrittelee sähkölaitteiston luokitukset seuraavasti:

1) luokan 1 sähkölaitteisto:

a) sähkölaitteisto asuinrakennuksessa, jossa on enemmän kuin kaksi asuinhuoneistoa;

b) muu kuin asuinrakennuksen sähkölaitteisto, jonka suojalaitteena toimivan ylivirtasuojan nimellisvirta on yli 35 ampeeria ja joka ei kuulu luokkiin 2 tai 3;

2) luokan 2 sähkölaitteisto:

c) sähkölaitteisto, johon kuuluu yli 1 000 voltin nimellisjännitteisiä osia, lukuun ottamatta sellaista sähkölaitteistoa, johon kuuluu vain enintään 1 000 voltin nimellisjännitteellä syötettyjä yli 1 000 voltin sähkölaitteita tai niihin verrattavia laitteistoja;

d) sähkölaitteisto, jonka liittymisteho, jolla tarkoitetaan sähkölaitteiston haltijan kiinteistölle tai yhtenäiselle kiinteistöryhmälle rakennettujen liittymien liittymistehojen summaa, on yli 1 600 kilovolttia- ampeeria.

3) luokan 3 sähkölaitteisto:

e) verkonhaltijan jakelu-, siirto- ja muu vastaava sähköverkko. [20.]

Varmennustarkastusta ei edellytetä suoritettavan 1–2 luokan ja 3-luokan b- ja c-kohtien mukaisille sähkölaitteistolle, leikkaussaleissa sijaitsevia sähkölaitteistoja lukuun ottamatta, kun

1) muutostyön kohteena olevan sähkölaitteiston nimellisarvo on enintään 1 000 voltia sekä työalueen ylivirtasuojan nimellisarvo tai asetteluvirta enintään 35 ampeeria, jos käyttö- ja huoltotöidenjohtaja ei vaadita, ja muutoin 250 ampeeria tai

2) muutostyö kohdistuu kytkinlaitokseen eikä kytkinlaitoksen nimellisarvoja muuteta [20].

10 Takuu aika

Sähköurakan takuu aika on aina kaksi vuotta, ellei sopimuksessa erikseen muuta mainita. Laitteiston eri osille voidaan asettaa myös eri pituisia takuu aikoja sopimuksessa. Esimerkiksi valaisimille voidaan vaatia pidempää takuu aikaa kuin koko urakkasuoritukselle. Urakoitsija on vastuussa korjaamaan omasta virheestään johtuvat asennukset omalla kustannuksellaan takuu aikana. Urakoitsija ei kuitenkaan joudu korjaamaan normaalissa käytössä kulumisesta aiheutuneita vaurioita, eikä käyttäjän laitteiston huoltotoimenpiteiden laiminlyönnistä johtuneita vaurioita. Takuuajan päätyttyäkin urakoitsija on kuitenkin vastuussa sellaisista virheistä, jotka tilaaja voi näyttää johtuvan urakoitsijan törkeästä laiminlyönnistä tai tekemättömästä työstä, jota tilaaja ei ole voinut kohtuudella havaita takuu aikana. Tästä vastuusta urakoitsija vapautuu, kun kohteen vastaanotosta on kulunut kymmenen vuotta. [16, § 29, § 30.]

Takuuaika alkaa, kun rakennuttaja vastaanottaa urakan suoritetuksi. Urakan vastaanotosta tehdään vastaanottotarkastus, jota ennen urakoitsijan on itse varmistettava, että työsuoritus on saatettu sopimuksen mukaisesti loppuun. Vastaanottotarkastuksessa varmistetaan, että suoritus on sopimusasiakirjojen mukainen. Vähäiset viimeistelytyöt eivät estä vastaanottoa, mikäli ne eivät ole esteenä käyttöönotolle. Vastaanottotarkastuksesta laaditaan pöytäkirja, johon merkitään, mikäli urakoitsijan velvollisuuksia urakkasuorituksesta on jätetty tekemättä tai niitä ei ole suoritettu loppuun. Pöytäkirjasta tulee käydä ilmi, missä laajuudessa urakkasuoritus on hyväksytysti vastaanotettu, ja mikäli suoritusta ei vastaanoteta, on pöytäkirjassa oltava kirjattuna syyt vastaanoton estymisestä. [16, § 70, § 71.]

11 Yhteenveto

Insinööriyössä selkeytettiin, millaisia tarkastuksia ja dokumentteja sähköurakan aikana tulee tehdä urakoitsijan näkökulmasta. Työssä käytiin läpi tyypilliset käyttöönottomittausten vaiheet sekä selkeytettiin, mitä aistinvaraiset tarkastukset pitävät sisällään. Lisäksi tavoitteena oli selkeyttää urakan lopussa tilaajalle luovutettavia dokumentteja sekä urakoitsijan lakisääteisiä vastuita urakkasuorituksesta. Työ toimii, etenkin uusille sähköalan työntekijöille, tukena laadukkaan urakkasuorituksen toteutuksessa.

Laatu on haastava ja kattava käsite, johon sisältyy rakennusajan työn laatu, valmiiden asennusten laatu sekä asiakkaan kokema lopputuloksen laatu. Sähköurakoinnissa vaaditaan kattavaa valvontaa ja dokumentointia koko rakennusurakan aikana laadukkaan lopputuloksen saavuttamiseksi.

Laadukas työ sähköurakoinnissa voidaan mieltää kalliiksi, mutta laaduttomuuskin voi olla äärimmäisen hintavaa. Jatkuva asennusten korjailu ja takuutöiden suuri määrä johtaa helposti kalliimpaan toteutukseen kuin kerralla hyvin suoritettu urakka. Laadukas työ näkyy myös asiakkaalle päin ja asiakastyytyväisyys

on epäsuorasti hyvää mainontaa yritykselle. Laadukas asiakaslähtöinen projektin suoritus on merkittävä tekijä myös yrityksen jatkohankkeita ajatellen, sillä aiemmat kohteet toimivat myös referensseinä uusien urakoiden neuvotteluissa.

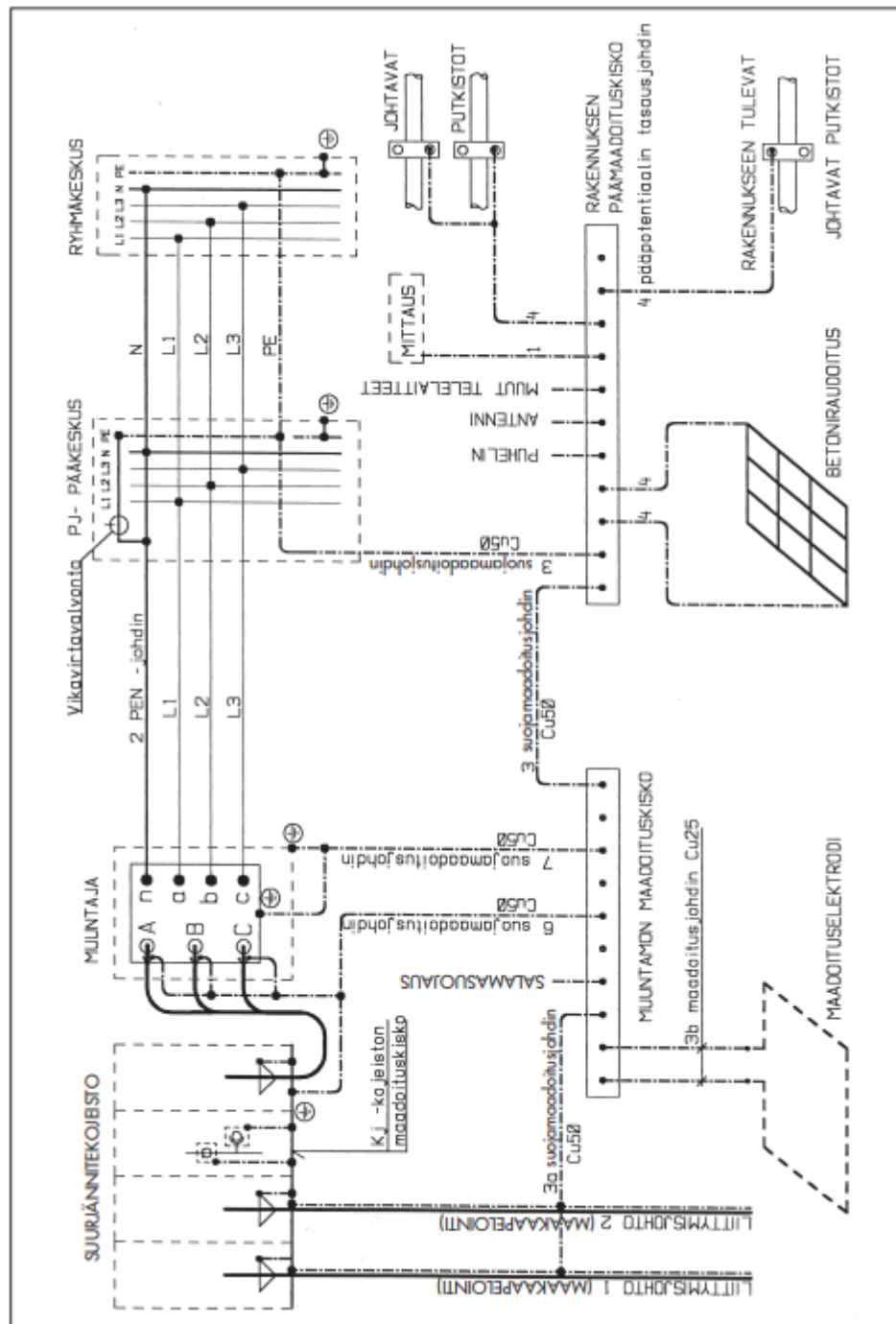
Lähteet

- 1 SFS-EN ISO 9000. Laadunhallintajärjestelmät. Perusteet ja sanasto. 2015. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 2 Sähköurakan työaikataulu. 2002. ST 72.21. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 3 Kauppila, Jenna & Saarelainen, Kimmo. 2018. ST-käsikirja 33 Rakennusten sähköasennusten tarkastukset. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 4 Linear Thermal Expansion. 2008. Verkkoaineisto. Engineering ToolBox. <https://www.engineeringtoolbox.com/linear-thermal-expansion-d_1379.html>. 2008. Luettu 7.11.2021.
- 5 Myller, Jan; Lehtonen, Eeva; Koski, Venla; Leinonen, Tiina-Maria; Venäläinen, Marja & Pihko, Petri. 2011. MAOL-taulukot. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Otava.
- 6 Kaapelihyllyt, tikkaat ja valaisinripustuskiskot. 2014. ST 51.13. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 7 MEKA tuoteluettelo. 2020. Oulu: Meka Pro Oy.
- 8 Rakennusten sähköasennusten maadoitukset ja potentiaalintasaukset. 2018. ST 53.21. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 9 Koivisto, Pekka & Mäkinen, Markku. 2020. ST-käsikirja 34 Hyvät asennustavat sähkö- ja tietotekniset järjestelmät. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 10 Kytkimien, pistorasioiden yms. sijoitus. 2013. ST 51.22. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 11 SFS 6000 5-52:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-52: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät. 2017. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 12 SFS 6000-4-44:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 4-44: Suojausmenetelmät. Suojaus jännitehäiriöiltä ja sähkömagneettisilta häiriöiltä. 2017. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

- 13 SFS 6000-5-51:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-51: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Yleiset säännöt. 2017. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 14 SFS 6000-4-41:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 4-41: Suojausmenetelmät. Suojaus sähköiskulta. 2017. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 15 SFS 6000-4-46:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 4-46: Suojausmenetelmät. Erottaminen ja kytkentä. 2017. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 16 Rakennusurakan yleiset sopimusehdot. 1998. RT 16-10660. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 17 SFS 6000-5-53:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-53: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Erottaminen, kytkentä ja ohjaus. 2017. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 18 Erkkilä, Vesa; Härkönen, Pentti; Kauppi, Veijo; Koivisto, Pekka; Piikkilä, Veijo & Tiainen, Esa. 2019. ST-käsikirja 30 Sähkötekniisiä taulukoita. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 19 Rousku, Henrik. 2014. Rakennusalan sähköistysopas. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 20 Sähköasennusten käyttööntovaiheen tarkastukset. Verkkoaineisto. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. <<https://tukes.fi/sahko/sahkoasennusten-kayttoontovaiheen-tarkastukset>>. Luettu 28.4.2021.
- 21 SFS 6000-4-42:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 4-42: Suojausmenetelmät. Suojaus lämmön vaikutuksilta. 2017. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 22 SFS 6000-8-804:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 8-804: Täydentävät vaatimukset. Kuivat, kosteat ja märät tilat sekä ulkotilat. 2017. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 23 SFS 6000-5-54:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-54: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Maadoittaminen ja suojajohtimet. 2017. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

- 24 SFS 6002:2015. Sähkötyöturvallisuus. 2015. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 25 SFS 6000-7-729:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-729: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Jakokeskusten asentaminen 2017. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 26 SFS 6000-8-802:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 8-802: Täydentävät vaatimukset. Sähköasennusten korjaus-, muutos- ja laajennustyöt. 2017. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 27 Kuluttajamuuntamot. 2018. ST 53.11. Espoo: Sähköinfo Oy.

Esimerkki muuntamon maadoituskytkennöstä (ST 53.11)



Esimerkki käyttöönottotarkastuspöytäkirjasta (ST 51.21.06)



ST 51.21.06

1 (4)

**KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUSPÖYTÄKIRJA
RYHMÄJOHTOTASON SÄHKÖASENNUKSILLE**
Pöytäkirjan nro 1234Keskiköksen nimi ja tunnus Mittaus- ja ryhmäkeskus OKT Asiakas

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

PERUSTIEDOT

Sähkölaitteiston rakentaja	Yritys	<u>OY sähkö Ab</u>	
	Katuosoite	<u>Sähkökatu 100</u>	Postinumero <u>10000</u>
Sähkölaitteiston rakentajan yhteyshenkilö	Nimi	<u>Anthi Asentaja</u>	Puhelinnumero <u>040 - 1234 567</u>
	Sähköpostiosoite	<u>anthi.asentaja@sahko.fi</u>	
Sähkötöiden johtaja	Nimi	<u>Ville Virtanen</u>	Puhelinnumero <u>040 - 7654321</u>
	Sähköpostiosoite	<u>ville.virtanen@sahko.fi</u>	
Kohteen tiedot	Työnumero	<u>9876</u>	Nimi
	Kohteen yksilöinti	<u>OKT Asiakas</u>	
Tilaava yritys	Katuosoite	<u>Rakentajantie 1</u>	Postinumero <u>00001</u>
	Nimi	<u>Rakennus OY</u>	Postitoimipaikka <u>KAUPUNKI</u>
Tilaajan yhteyshenkilö	Katuosoite	<u>Firmantie 10</u>	Postinumero <u>10002</u>
	Nimi	<u>Risto Rakentaja</u>	Puhelinnumero <u>040 - 987 6543</u>
Sähköpostiosoite		<u>risto.rakentaja@rakennus.fi</u>	

1. AISTINVARAINEN TARKASTUS

Asennukset on aistinvaraisesti suoritettuna tarkastuksessa todettu vaatimusten mukaiseksi



Lisätietoja

ST 51.21.06

2 (4)

2. SUOJAJOHTIMIEN JATKUVUUS (PE-, PEN-, maadoitus-, pää- ja lisäpotentiaalintasausjohtimet)				
Todettu kaikista laitteista ja pistorasioista	<input checked="" type="checkbox"/>	Suurin resistanssi	0,43 Ω	ryhmässä 13.1
Jatkuvuus todettu vaatimusten mukaisesti	<input checked="" type="checkbox"/>	Lisätietoja		
3. ERISTYSRESISTANSSI				
Kohde	Ryhmä nro	$R_{i,MO}$	Huom	
koko asennus		89,2	mitattu syöttöpisteistä	
ulkovalmistus		>99,9	mitattu kontaktorin takaa	
Eristysresistanssit todettu vaatimusten mukaisiksi <input checked="" type="checkbox"/> PE- ja N-johdinten yhdistys on palautettu mittausten jälkeen entiselleen <input checked="" type="checkbox"/>				
Erikoistoimenpiteet mittausten suorittamisessa:				
Lisätietoja				
4. SYÖTÖN AUTOMAATTINEN POISKYTKENTÄ				
	I_n /A	Z_s / Ω	Suojalaite	I_n/A (suojalaitteet)
Keskus	620	0,35	gG	25A
Epäedullisin piste (0,4 s)	335	0,65	JSA, tyyppi C	10A
Epäedullisin piste (5,0 s)				
Oikosulkuvirta- ja silmukkaimpedanssiarvot saatu mittaamalla <input checked="" type="checkbox"/> Oikosulkuvirta- ja silmukkaimpedanssiarvot saatu laskemalla <input type="checkbox"/>				
Saadut arvot ovat standardin vaatimusten mukaiset <input checked="" type="checkbox"/> Vikasuojaus on toteutettu vikavirtasuojalla <input type="checkbox"/>				
Lisätietoja				
Vikavirtasuojat				
Tyyppi ja käyttötarkoitus	Ryhmä nro	Nimellisarvo / mitattu arvo		Painike- testaus
		I_{ms}	I_{sn}	
A VS	5	20	17	<input checked="" type="checkbox"/>
A VS	6	22	19	<input checked="" type="checkbox"/>
A VS	7	21	20	<input checked="" type="checkbox"/>
A VS	8	23	16	<input checked="" type="checkbox"/>
Toiminnot todettu standardien vaatimusten mukaisiksi <input checked="" type="checkbox"/> Käyttötarkoitus: VS = vikasuojaus, LS = lisäsuojaus, PS = palosuojaus				
Liitteet:				
5. KIERTOSUUNNAN TARKASTUS				
3-vaihepistorasiat <input checked="" type="checkbox"/> Ei sisälly asennukseen <input type="checkbox"/>				
6. TOIMINTA- JA KÄYTTÖTESTIT				
Koneet ja laitteet <input checked="" type="checkbox"/> Toiminnalliset kokonaisuudet <input checked="" type="checkbox"/> Ei sisälly asennukseen <input type="checkbox"/>				
7. JÄNNITTEENALENEMA				
Suurin jännitealenema % todetaan tarvittaessa				
Saatu mittaamalla <input type="checkbox"/> Saatu laskemalla <input type="checkbox"/>				

ST 51.21.06

3 (4)

8. EMC-SUOJAUS	
Kohteessa on käytetty TN-S -järjestelmää	<input checked="" type="checkbox"/>
Maadoitukset ja potentiaalintasaukset on toteutettu EMC-vaatimusten mukaisesti	<input checked="" type="checkbox"/>
Kaapeleiden valinta, sijoittelu ja asentaminen on toteutettu EMC-vaatimusten mukaisesti	<input checked="" type="checkbox"/>
Laittevalinnoissa on huomioitu asennusympäristön vaatimukset	<input checked="" type="checkbox"/>
Asennuksissa on noudatettu laitevalmistajien ohjeita	<input checked="" type="checkbox"/>
Muuta, mitä?	
Lisätietoja	
Sähkölaitteisto täyttää sähköturvallisuuslain 1135/2016 ja valtioneuvoston asetuksen (1436/2016) sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevat vaatimukset	<input checked="" type="checkbox"/>
9. KÄYTTÖ-, HUOLTO- JA KUNNOSSAPITO-OHJEET	
Toimitettu tilaajalle	<input checked="" type="checkbox"/>
Ei erillisiä ohjeita vaativia laitteita tai asennuksia	<input type="checkbox"/>
10. KOHTEEN TOTEUTUKSESSA NOUDATETUT STANDARDIT	
Toteutuksessa on noudatettu standardikäsikirjoja SFS 600-1-1 ja SFS 600-1-2	
muuta, mitä?	
Kohde on toteutettu edellä mainittujen standardien vaatimusten mukaisesti toteutuksi	<input checked="" type="checkbox"/>
11. PALOVAROITTIMET	
<input type="checkbox"/> Käyttöönottotarkastettaviin asennuksiin ei sisälly palovaroittimia.	
<input checked="" 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 checked="" type="checkbox"/> Palovaroittimen käyttö- ja huolto-ohjeet on luovutettu.	
Selvitys kuinka palovaroittimien virran ja varavirran syöttö on toteutettu: <i>Akkuvarmennettu 24V:n järjestelmä</i>	
Lisätietoja:	
<input checked="" type="checkbox"/> Palovaroittimien osalta on laadittu erillinen asennustodistus, jossa on mainittu edellä esitetyt asiat ja joka on tämän pöytäkirjan liitteenä.	
12. ECODESIGN ASETUKSEN 2015/1188 VAATIMUSTEN TÄYTTÄMINEN SÄHKÖLLÄ TOIMIVIEN TILALÄMMITTIMIEN OSALTA	
Mikäli käyttöönotettavaan uudisrakentamis-, korjausrakentamis- tai huoltokohteeseen on asennettu ihmisten käyttöönlämpövihtyyteen tarkoitettuja sähköllä toimivia tilalämmittimiä kuten, vastuskaapeleilla toteutettuja lattialämmityksiä, kattolämmityksiä tai vastaavia rakenteeseen integroitavia lämmittimiä, sähköpatteireita, säteilylämmittimiä tai massavaraajia asetuksen 2015/1188 vaatimusten täyttämisen on osoitettava erillisellä pöytäkirjalla (ST 55.05.01).	
<input type="checkbox"/> Käyttöönottotarkastettaviin asennuksiin ei sisälly asetuksen 2015/1188 piiriin kuuluvia sähkölämmittimiä	
<input checked="" 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.	
13. TARKASTUKSEN TEKIJÄ(T)	
Päiväys <i>15.1.2020</i>	Päiväys
Allekirjoitus ja nimen selvennys <i>Anthi Asentoja Anthi Asentoja</i>	Allekirjoitus ja nimen selvennys
Mittauksissa käytetyt mittalaitteet <i>Mihari 0100 Plus</i>	

ST 51.21.06

4 (4)

14. LUOVUTUSMERKINTÄ	
a)	Käytön opastus <input checked="" type="checkbox"/> Sovittu pidettäväksi pvm _____
b)	Käyttöönottotarkastuspöytäkirja luovutettu liitteineen <input checked="" type="checkbox"/> Liitteet: <u>lattiälämmityskaapelin mittausptk, palovaroittimen asemustodistus</u>
c)	Piirustukset ja muut dokumentit luovutettu <input type="checkbox"/> Luettelo piirustuksista ja dokumenteista: <u>luovutuspiirustukset täydellisenä</u> Lisätietoja:
Päiväys	Allekirjoitus ja nimen selvennys
<u>29.1.2020</u>	<u>Ville Vainio</u> Ville Vainio
15. TILAAJAN TAI HÄNEN EDUSTAJANSA KUITTAUS	
Olen vastaanottanut kohdassa 14, Luovutusmerkintä, ilmoitetut suoritukset. Pöytäkirja on säilytettävä ja tarvittaessa esitettävä koko sähkölaiteiston käyttöajan.	
Päiväys	Allekirjoitus ja nimen selvennys
<u>31.1.2020</u>	<u>Arvo Asikainen</u> Arvo Asikainen

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjan täyttöohje, ks. liite 1.
Mittauksissa tarvittavaa perustietoa, ks. liite 2.