

Mika Stång

SÄHKÖLABORATORIOTILAN LAAJENNUSSUUNNITELMA JA
LAAJENNUKSEN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET

Sähkötekniikan koulutusohjelma

2013

TIIVISTELMÄ

SÄHKÖLABORATORIOTILAN LAAJENNUSSUUNNITELMA JA LAAJENNUKSEN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET

Stång Mika

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Kesäkuu 2013

Ohjaaja: Huhtala Pekka

Sivumäärä: 39

Liitteitä: 11

Asiasanat: käyttöönottotarkastus, standardi, sähkölaboratorio

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella Samk:n sähkölaboratorioon laajenusosa, jossa sähkötekniikan koulutusohjelman opiskelijat voisivat harjoitella sähköasennusten peruskytkentöjä ja mittauksia opettajan valvonnassa. Yksi oleellisimmista asioista työssä oli suunnitella harjoitustila mahdollisimman turvallisesti sähköturvallisuuksäädösten ja -lakien mukaisesti. Työn tarkoitus oli saada Samk:lle omat tilat, joissa kytkentöjä ja mittauksia voitaisiin harjoitella, jotta välttyttäisiin ulkopuolisten palvelujen ostolta. Tällä hetkellä Samk:n sähkötekniikan koulutusohjelmaan lukiopohjalta tulleet opiskelijat harjoittelevat edellämainittuja taitoja Winnovan tiloissa.

Työssä piti lisäksi suunnitella oppilaille laajennustilassa tehtäviä harjoituksia, jotka liitettäisiin sähköturvallisuustarkastukset (EE080405)- ja sähkölaite- ja järjestelmätuntemus (EE080202)- kursseihin. Sähköturvallisuustarkastukset-kurssi on tarkoitettu kaikille sähkötekniikan opiskelijoille ja sähkölaite- ja järjestelmätuntemus-kurssi lukiopohjalta tulleille. Näitä sähkötekniikan harjoituksia olisi tarkoitus tehdä itsenäisesti tai ryhmissä. Tavoitteena olisi saada opiskelija ymmärtämään alan termejä ja opettelemaan luennoilla käytyjä asioita myös käytännössä. Lisäksi opiskelijaa autettaisiin ymmärtämään sähköpiirustuksia ja piirtämään itse kuvia, jotka myös pystytettiin toteuttamaan harjoitustilassa. Opiskelija oppisi myös valitsemaan materiaaleja, joita käytetään yleisissä sähköasennuksissa.

ABSTRACT

PLANNING AN EXPANSION IN THE ELECTRICITY LABORATORY AND EXPANSION'S USING ABILITIES

Stång Mika

Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Electricity Engineering

June 2013

Supervisor: Huhtala Pekka

Number of pages: 39

Appendices: 11

Keywords: commissioning inspection, standard, electricity laboratory

The purpose of this thesis was to plan an expansion to Samk's electricity laboratory, where students of the degree programme in electricity engineering could practice electricity installation's basic switching and measurements in teacher's supervising. One of the most essential issues in this thesis was to plan the training environment as safe as possible according to electricity regulations and –laws. One important purpose of this work was to give for Samk their own environments to train switching and measurements, so that Samk could avoid buying external services. Currently those students, who have come to Samk's degree programme in electricity engineering straight from high school, practice above-mentioned skills in Winnova's environments.

In this work I had to also plan exercises, which could be made in the expansion environment by students. Those exercises were planned to attach into courses of electricity safety inspections (EE080405) and electric equipment- and system knowledge (EE080202). The course of electricity safety inspections is meant to all students of electricity engineering and the course of electric equipment- and system knowledge is for high school- based students. These exercises of electricity engineering are planned to make independently or in the groups. The target is to get a student to understand the terms of the field and to train issues studied in the lecture in practice. Student would also be helped to understand the electricity drawings and to draw pictures by his- or herself, which could be executed in the expansion environment. Student would also learn to choose materials, which are used in the universal electricity installations.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	SÄHKÖLABORATORION SUUNNITTELUN KULKU.....	8
2.1	Yleistä.....	8
2.2	Tilat.....	8
2.3	Tilojen suunnittelu.....	8
2.4	Standardit, määräykset, lait ja päätökset.....	11
2.5	Sähkölaboratorion käyttö.....	11
3	SÄHKÖLABORATORIOSSA TYÖSKENTELYN LÄHTÖKOHDAT.....	12
3.1	Turvallisuusmääräykset.....	12
3.2	Säköturvallisuuslaki (14.6.1996/410).....	12
3.3	KTMP Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä (5.7.1996/516).....	15
3.4	KTMP Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen turvallisuudesta (17.12.1999/1193).....	20
3.5	SF standardi 6000-8-803, Sähkölaitekorjaamot ja laboratoriot.....	21
4	KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS.....	25
4.1	Yleistä.....	25
4.2	EE080405 Sähköturvallisuustarkastukset.....	26
4.3	Aistinvarainen tarkastus.....	27
4.4	Testaukset.....	27
4.4.1	Koulun mittarit.....	28
4.4.2	Eristysresistanssin mittaus.....	29
4.4.3	Suojajohtimien jatkuvuusmittaus.....	30
4.4.4	Vikavirtapiirin impedanssin mittaaminen.....	32
4.4.5	Vikavirtasuojien toiminnan testaus.....	33
4.4.6	Napaisuustesti.....	33
4.4.7	Toimintatesti.....	34
4.4.8	Käyttöönottotarkastuspöytäkirja.....	34
5	SÄHKÖASENNUS HARJOITUKSET.....	34
5.1	Yleistä.....	34
5.2	EE080202 Sähkölaite- ja järjestelmätuntemus.....	35
5.3	Harjoitustehtävät.....	36
6	YHTEENVETO.....	38
7	JATKOEHDOTUKSET.....	38
	LÄHTEET.....	39

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheenani oli suunnitella Samk:n sähkölaboratorioon uusi oppimisympäristö, jossa tehtäisiin perussähköasennuksia ja -mittauksia. Tilana toimisi luokka 1223, jonka mitat ovat 11,3m x 7,25m, jolloin huoneen pinta-ala on noin 82 neliömetriä. Tiloihin piti suunnitella noin 10 henkilölle asennuskoppeja, joissa tehtäisiin sähköasennusharjoituksia ja muutama erikoiskoppi, joissa pystyttäisiin tekemään käyttöönottomittaukset.

Samk eli Satakunnan ammattikorkeakoulu on neljällä paikkakunnalla (Pori, Rauma, Huittinen ja Kankaanpää) toimiva, 6300 opiskelija ja n. 450 asiantuntijan monialainen korkeakoulu. Toimialoja on kolme: Liiketoiminta ja kulttuuri, sosiaali- ja terveysala ja tekniikka ja merenkulku. Tekniikan ja merenkulun toimialalla voi opiskella mm. sähkötekniikan koulutusohjelmassa, josta valmistuu insinöörejä (AMK). (Samk:n www-sivut 2013.)

Tein opinnäytetyöni Porin Samk:n sähkötekniikan koulutusohjelmaan, joka johtaa tekniikan ammattikorkeakoulututkintoon (insinööri AMK). Koulutuksessa opiskellaan sähkökäyttö-, asennus-, sähkövoima-, automaatio- ja kunnossapitotekniikkaa. Sähköinsinöörit työllistyvät erilaisiin tehtäviin, kuten sähkösuunnittelijaksi, käyttöönottoinsinööriksi, automaatio-suunnittelijaksi, automaatioinsinööriksi, sähköasemasuunnittelijaksi, kunnossapitopäälliköksi tai tekniseksi asiantuntijaksi. (Samk:n www-sivut 2013.)

Sähköinsinöörin tutkinnon laajuus on 240 opintopistettä, josta 60 opintopistettä perusopintoja ja 120 opintopistettä ammattiopintoja. Lisäksi tutkintoon kuuluu opiskeluaikana tehtävää työharjoittelua (30 op), vapaasti valittavia opintoja (15 op) ja opinnäytetyö (15 op). Perusopintoihin kuuluu kaksi moduulia: ammatillinen kasvu ja kehittyminen sekä tekniikan luonnontieteellinen maailmankuva. Ammattiopintoihin kuuluu kolme kaikille yhteistä moduulia: sähkötekniikan perusosaaminen, sähköturvallisuusosaaminen ja suunnitteluosaaminen. Lisäksi opiskelija valitsee vaihtoehtoisista ammattiopintomoduuleista neljä 15 opintopisteen laajuista kokonaisuutta. (Samk:n www-sivut 2013.)

Sähköinsinöörin tulisi hallita sähkötekniikka laaja-alaisesti. Osaamista tarvitaan eri alueilla: sähköenergiajärjestelmien, teollisten prosessien, sähkömoottorikäyttöjen, kappaleenkäsittelyjärjestelmien, sähkökäyttöisten kulkuneuvojen sekä nosto- ja siirtokojien asiantuntija-, suunnittelu-, käyttö- ja kunnossapitotehtävissä. Lisäksi sähköinsinöörejä työskentelee alan teknilliskaupallisissa tehtävissä. Tehdaslaitosten kunnossa- ja käynnissäpitotehtävien hallintaa opiskellaan automaatio- ja kunnossapitotekniikan opinnoissa. (Samk:n www-sivut 2013.)

Sähkö- ja automaatiotekniikka on kasvava ala, jolla on pulaa ammattitaitoisista insinööreistä. Tähän vaikuttaa henkilöstörakenteen muutos, jossa varsinainen käytännön sähkötyö vähenee, kun taas tekniset ja kaupalliset tehtävät lisääntyvät. Lisäksi työntekijävajeeseen vaikuttaa sähköteknillisen teollisuuden jatkuva kasvu. (Samk:n www-sivut 2013.)

SAMKin pedagoginen toiminta eli opetus perustuu yhteisille periaatteille, joissa keskeistä on oppija- ja työelämälähtöisyys. Oppiminen on opiskelijan vastuulla. SAMKin ja sen henkilöstön vastuulla on kuitenkin tuottaa sellaista opetusta ja ohjausta ja tarjota sellainen oppimisympäristö, joka tukee opiskelijan konstruktivistisen oppimisen mahdollisuuksia ja haastaa opiskelijan kehittymään ammattinsa hallitsevaksi asiantuntijaksi. (Samk:n www-sivut 2013.)

Työelämälähtöisyys tulee kaikessa opetustoiminnassa korostetusti esiin. Tämä on hyvin luonnollinen toimintatapa, koska kaikilla ammattiaineopettajilla on työelämässä hankittu asiantuntijuus. Käytännön opiskelussa vuorottelevat luennot, harjoitukset ja projektit. Huomattava osa harjoituksista tapahtuu hyvin varustetuissa laboratorioissa nykyaikaisten sähkölaitteiden ja automaatiojärjestelmien sekä tietokoneiden parissa. (Samk:n www-sivut 2013.)

2 SÄHKÖLABORATORION SUUNNITTELUN KULKU

2.1 Yleistä

Satakunnan Ammattikorkeakoululta on puuttunut jo kauan sähkölaboratorio, jossa pystyttäisiin harjoittelemaan sähköasennuksia ja käyttöönottomittauksia. Aloitin työn keskustelemalla Samk:n sähkötekniikan johtajan Petteri Pulkkisen kanssa siitä, mitä uuteen sähkölaboratorioon haluttaisiin. Tiloihin haluttiin 10 hengen luokkatila, 10 sähkökytkentäkoppia, tarvikevarastot ja muutama harjoitustila käyttöönottotarkastuksille. Harjoitustilat tullaan toteuttamaan siten, että niissä tehtävät harjoitukset vastaisivat tosielämän tilanteita. Minun piti tehdä Samk:lle suunnitelmaehdotus sähkölaboratorion pohjaratkaisusta ja laaja-alainen sähkösuunnitelma kyseiseen tilaan, sekä laatia esimerkkiharjoituksia, joita uudessa sähkölaboratoriossa pystyttäisiin suorittamaan. Uuden sähkölaboratorion rakentavat Samk:n rakennus- ja sähkötekniikan yksös- ja kakkosluokan opiskelijat.

2.2 Tilat

Tilaksi valittiin vanhan sähkölaboratorion vieressä oleva rakennuslaboratorion luokka 1223, joka on ollut jo kauan tyhjillään. Luokan koko on 11,3 metriä kertaa 7,25 metriä, joka tekee noin 82 neliometriä. Luokan mitat antavat suurehkon haasteen suunnittelulle, koska tilat ovat pienet siihen nähden, mitä niihin halutaan saada rakennetuksi. Tämän takia suunnittelulla on tärkeä rooli projektin onnistumisen kannalta.

2.3 Tilojen suunnittelu

Aloitin suunnittelun pohjakuvan piirtämisellä. Siihen tarvittiin uuden sähkölaboratorionluokan mitat, jotka kävin mittaamassa koululla. Samalla kävin mittaamassa koulupulpettien koon ja arvioin harjoituskoppien koot, jotta niissä pystyttäisiin tekemään mukavasti sähköasennuksia. Muistelin omia kokemuksiani ammattikoulun ajoilta ja lähdin suunnittelemaan harjoituskoppeja samankaltaisiksi kuin Turun Ammatti-

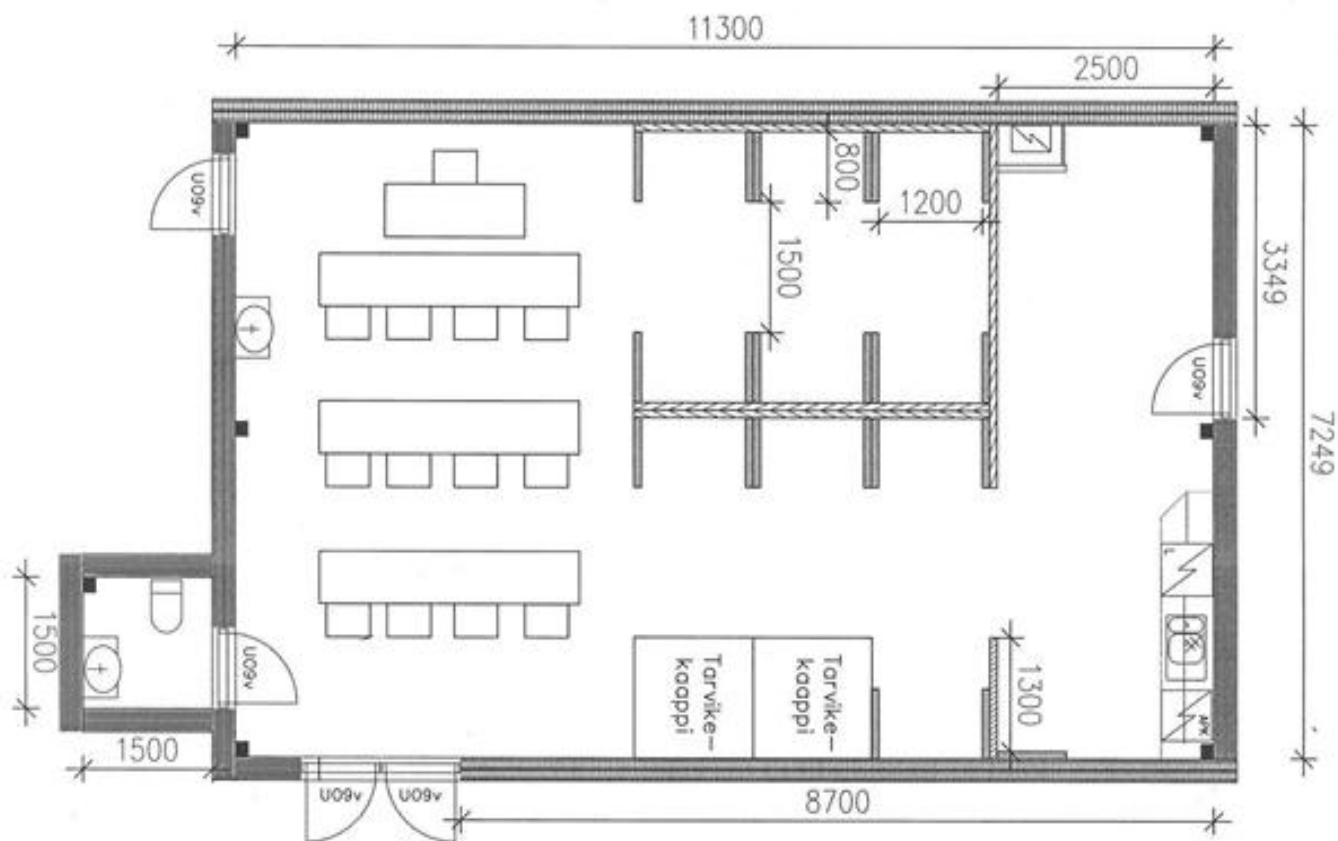
instituutin kopit, koska mielestäni niiden käyttö oli hyvin yksinkertaista. Harjoituskopit rakennetaan paksuista vanereista, joihin pystytään helposti kiinnittämään naulakiinnikkeitä. Vaneri on myös halpa rakennusmateriaali ja levyjen vaihto onnistuu vaivattomasti, kun ne alkavat olla huonossa kunnossa. Kuvassa 1 on Turun Ammattiinstituutissa käytössä olevat harjoituskopit, jotka vastaavat suunnittelemani harjoituskoppeja.



Kuva 1. Malliesimerkki suunnitelluista harjoituskopeista.

Käyttöönottomittauksille suunnittelin omat mittauspisteet, jotka ovat saunan kiukaan ja keittiön kaluston mittausta. Lisäksi suunnittelin muutaman ylimääräisen harjoituspaikan. Kuten lattialämmityskaapelin toiminnan testaus ja putkitusseinän. Näiden mittojen avulla hahmottelin paperille, miten saisin sijoiteltua kalusteet ja harjoituspaikat kyseiseen tilaan. Tein kolme eri hahmotelmaa ja valitsin näistä mielestäni parhaimman ja käytettävyydeltään helpoimman. Suunnittelussa piti ottaa huomioon myös luokassa liikkumisen tarve, ja lisäksi luokan kolme ovea piti jättää esteettömäksi kulkuyhteyksiksi, mikä vei jo valmiiksi pienen tilan käyttömahdollisuuksia. Koska koululla ei ollut valmiita pohjakuvia kyseisestä tilasta, jouduin piirtämään ne

itse. Tein jokaisen piirustuksen koulun tietokoneella CADS Planner-ohjelmalla. Mitatuista arvoista piirsin pohjapiirustuksen, johon lisäsin kalusteiden paikat hahmotelmani mukaan. Kuvassa 2 on suunnitelmaehdotus sähkölaboratorion pohjaratkaisusta ja kalusteista sekä niiden sijoittelusta. Tämän jälkeen piirsin sähkö-, valaistus- ja piirikaaviokuvat, jotka löytyvät liitteistä 1-4.



Kuva 2. Ehdotus pohjaratkaisusta

Uuden sähkölaboratorion johdotus toteutetaan tikashyllyillä, koska seinät ovat betonia, mihin on vaikeata saada muunlaista kiinnitystä. Sähköpiirustuksia tehdessä piti ottaa huomioon erilaisia määräyksiä, jotka koskevat sähkölaboratoriota. Koska harjoituksia tekevät opiskelijat (maallikot,) täytyy syötön erotuskytkimen olla lukittavissa, jotta oppilaat eivät pääse työskentelemään ilman valvontaa. Myös jokaiseen harjoituskoppiin ja pisteeseen tulee lukittava erotuskytkin. Standardit määräävät että, tiloihin pitää asentaa näkyville paikoille hätäkytkimiä, joista pystytään katkaisemaan koko luokan sähköt vaaratilanteen sattuessa.

Valaistussuunnittelua minun ei tarvinnut tehdä, koska luokka oli ennen ollut rakennustekniikan laboratorio ja näin ollen valoisuusarvo soveltuu sähkölaboratorion

käyttöön. Piirsin valaistuspiirustuksen jo käytössä olevasta valaistuksesta ja kytkimistä. Vanhojen valojen käyttö säästää myös rahallisesti ja ajallisesti uuden laboratorion rakentamista.

2.4 Standardit, määräykset, lait ja päätökset

Työn lähtökohtana oli tehdä turvallinen oppimisympäristö opiskelijoille ja noudattaa kaikkia standardeja, määräyksiä, lakeja ja päätöksiä, jotka koskevat sähkölaboratorion rakentamista ja opettamista kyseisessä tilassa. SFS-käsikirjasta 600 löytyvät kaikki määräykset ja standardit, jotka olen esitellyt työn myöhemmässä vaiheessa. Ennen kuin opiskelija pääsee uuteen sähkölaboratorioon, hänen täytyy suorittaa ensiapukurssi tai hänellä on oltava voimassa oleva EA-kortti. Opiskelijat (maallikot) saavat päästä näihin tiloihin vain ammattitaitoisten tai opastettujen henkilöiden valvomana. (Samk:n www-sivut 2013)

2.5 Sähkölaboratorion käyttö

Sähkölaboratorion suunnitelman lisäksi minun piti koota malliharjoituksia, joita pystyttäisiin suorittamaan uudessa laboratoriossa. Nämä harjoitukset koostuvat käyttöönottotarkastuksista ja yleisimmistä sähköasennuksista. Aluksi otin vanhoista koulu tehtävistäni pohjan, johon lähdin muokkaamaan uusia tehtäviä. Käyttöönottotarkastuksille en tehnyt harjoituksia, koska käyttöönottotarkastus tehdään aina samalla tavalla. Toin kuitenkin tietoa käyttöönottotarkastuksen kulusta ja mitä siihen sisältyy. Ennen kuin uutta sähkölaboratorionosaa aletaan käyttää, tulee sille tehdä käyttöönottotarkastus. Kun uusi sähkölaboratorionosa on otettu käyttöön, Samk vastaa, että sähkölaitteistolle tehdään säännöllisesti määräaikaistarkastuksia ja asianmukainen huolto- ja kunnossapito-ohjelma. (Tukesin www-sivut 2013)

3 SÄHKÖLABORATORIOSSA TYÖSKENTELYN LÄHTÖKOHDAT

3.1 Turvallisuusmääräykset

Sähköala on yksi tarkimmin määriteltyjä tekniikan aloja. Tämän takia harjoitusympäristössä piti ottaa huomioon erityisvaatimuksia. Tähän on koottu oleellisesti vaikuttavia lakitekstejä, päätöksiä, määräyksiä ja standardeja, jotka liittyvät sähkölaboratoriossa ja opetustiloissa työskentelyyn.

3.2 Sähköturvallisuuslaki (14.6.1996/410)

”1 luku

Yleiset säännökset

1 §

Sähkölaitteen ja -laitteiston käytön pitämiseksi turvallisena ja sähkön käytöstä aiheutuvien sähkömagneettisten häiriöiden haitallisten vaikutusten estämiseksi sekä sähkölaitteen tai -laitteiston sähkövirran tai magneettikentän välityksellä aiheuttamasta vahingosta kärsineen aseman turvaamiseksi tässä laissa säädetään sähkölaitteille ja -laitteistoille asetettavista vaatimuksista, sähkölaitteiden ja -laitteistojen vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta ja vaatimustenmukaisuuden valvonnasta, sähköalan töistä ja niiden valvonnasta sekä sähkölaitteen ja -laitteiston haltijan vahingonkorvausvelvollisuudesta.

2 luku

Sähköturvallisuuden taso

5 §

Sähkölaitteet ja -laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava niin sekä niitä on huollettava ja käytettävä niin, että niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa.

6 §

Ministeriö antaa 5 §:ssä tarkoitetun vaaran tai häiriön välttämiseksi tarpeellisia määräyksiä.

7 §

Ministeriö voi määrätä, että tiettyihin sähkölaitteistoihin, jotka valmistus- tai käyttötapansa vuoksi voidaan rinnastaa sähkölaitteisiin, sovelletaan, mitä tässä laissa säädetään sähkölaitteista.

3 luku

Sähköalan työt

8 §

Sähkölaitteiden korjaus- ja huoltotöitä sekä sähkölaitteistojen rakennus-, korjaus-, huolto- ja käyttötöitä saa tehdä seuraavilla edellytyksillä:

- 1) töitä johtamaan nimetään luonnollinen henkilö, jolla on riittävä kelpoisuus (töiden johtaja);
- 2) itsenäisesti töitä suorittavalla ja valvovalla luonnollisella henkilöllä on riittävä kelpoisuus tai muuten riittävä ammattitaito; sekä
- 3) käytössä on töiden tekemisen kannalta tarpeelliset tilat ja työvälineet sekä sähköturvallisuutta koskevat säännökset ja määräykset.

10 §

Edellä 8 §:n 1 momentin 1 kohdassa tarkoitetun kelpoisuuden arvioi ja pätevyystodistuksen antaa arviointilaitos, jonka nimeää hakemuksesta ja jonka nimeämisen peruuuttaa sähköturvallisuusviranomaisen. (2.4.2004/220)

Arviointilaitos voi arvioida 1 momentissa tarkoitetun kelpoisuuden lisäksi myös muita tähän lakiin perustuvia kelpoisuuksia siten kuin siitä tarkemmin asetuksella säädetään tai ministeriön päätöksellä määrätään.

Arviointilaitoksen on täytettävä tässä laissa säädetyt vaatimukset ja osoitettava tämä. Sähköturvallisuusviranomaisen valvoo arviointilaitoksen toimintaa ja huolehtii siitä, että säädettyjen vaatimusten täytyminen varmistetaan määräajoin. (2.4.2004/220)

11 §

Sähköturvallisuusviranomaisen voi päättää, että 8 §:ssä tarkoitettu luonnollisen henkilön kelpoisuus voidaan osoittaa myös ulkomaisella pätevyystodistuksella tai vastaavalla asiakirjalla. Edellytyksenä on tällöin, että koulutukselle ja työkokemukselle asetetut vaatimukset vastaavat 8 §:n 3 momentin nojalla määrättyjä vaatimuksia ja että kyseisen maan sähköturvallisuutta koskevat säännökset ja määräykset vastaavat oleellisilta osin Suomessa voimassa olevia säännöksiä ja määräyksiä.

Toisessa Euroopan talousalueeseen kuuluvassa jäsenvaltiossa hankitun muodollisen kelpoisuuden ja ammattipätevyuden tunnustamiseen sovelletaan kuitenkin asianomaista Euroopan yhteisön direktiiviä siten kuin ministeriön asetuksella tarkemmin säädetään.

5 luku

Sähkölaitteistojen käyttöönotto ja käyttö

19 §

Sähkölaitteiston rakentajan tulee huolehtia sähkölaitteiston käyttöönottotarkastuksesta, varmennustarkastuksesta ja ilmoituksen tekemisestä sähköturvallisuusviranomaiselle tai jakeluverkonhaltijalle. Jos rakentaja laiminlyö velvollisuutensa tai on estynyt huolehtimaan niistä, tulee sähkölaitteiston haltijan huolehtia tarkastuksista ja ilmoituksen tekemisestä.

Edellä 1 momentista poiketen 18 §:n 2 momentissa tarkoitettun varmennustarkastusta koskevan ilmoituksen tekee tarkastuksen tekijä. Jos tämä laiminlyö velvollisuutensa tai on estynyt huolehtimasta siitä, tulee sähkölaitteiston haltijan huolehtia ilmoituksen tekemisestä. (8.11.2002/913)

20 §

Ministeriö voi määrätä, että tietyntyyliset sähkölaitteistot on määräajoin tarkastettava (*määräaikaistarkastus*). Sähkölaitteiston haltijan tulee huolehtia laitteiston määräaikaistarkastuksesta.

Ministeriö antaa tarkempia määräyksiä määräaikaistarkastuksista.

Edellä 18 §:n 2 momentissa tarkoitetun määräaikaistarkastusta koskevan ilmoituksen tekee tarkastuksen tekijä. Jos tämä laiminlyö velvollisuutensa tai on estynyt huolehtimaan siitä, tulee sähkölaitteiston haltijan huolehtia ilmoituksen tekemisestä. (8.11.2002/913)

21 §

Ministeriö voi määrätä, että tietyntyyliset sähkölaitteistot on huollettava määrävällein sekä säännöllistä huoltoa vaativien laitteistojen hoitoa varten on ennalta laadittava huolto- ja kunnossapito-ohjelmat. (8.11.2002/913)” (Tukesin www-sivut 2013)

3.3 KTMP Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä (5.7.1996/516)

”1 luku

Määritelmät

1 §

Sähkötyöllä tarkoitetaan sähkölaitteen korjaus- ja huoltotöitä sekä sähkölaitteiston rakennus-, korjaus- ja huoltotöitä. Sähkötyöksi ei katsota sähkölaitteen ja -laitteiston purkutyötä, jos laite tai laitteisto on tehty luotettavasti ja asianmukaisesti jännitteettömäksi. Käyttötöillä tarkoitetaan sähkölaitteiston käyttötoimenpiteitä, niihin verrattavia korjaus- ja huoltotöitä sekä sähkölaitteistoon kohdistuvia tarkastustoimenpiteitä. (17.12.1999/1194)

2 luku

Töiden johtaja

2 §

Toiminnanharjoittajan on nimettävä sähkötöitä varten sähkötöiden johtaja. Sähkötöiden johtajaa ei kuitenkaan vaadita sähkötöissä, joista ei 4 luvun nojalla edellytetä ilmoitusta sähköturvallisuusviranomaiselle.

3 luku

Pätevyysvaatimukset

9 § Perusvaatimus

Sähköalan töitä tekevän henkilön tulee olla tehtävään ja sen sähköturvallisuutta koskeviin vaatimuksiin perehtynyt tai opastettu.

10 § Vaatimus sähköalan töissä, joista voi aiheutua vain vähäistä vaaraa tai häiriötä
Riittävää huolellisuutta noudattaen on sallittua tehdä seuraavia sähköalan töitä:

- 1) enintään 250 voltin nimellisjännitteisten asennusrasioiden peitekansien irrotusta ja kiinnitystä, yksivaiheisten pistotulppien, liitosjohtojen, jatkojohtojen ja sisustusvalaisimien asennus-, korjaus- ja huoltotöitä sekä näihin rinnastettavia töitä,
- 2) nimellisjännitteeltään enintään 50 voltin vaihtojännitteisiin tai 120 voltin tasajännitteisiin laitteistoihin kohdistuvia sähkötöitä,
- 3) käyttötöitä sähkölaitteistossa, jonka jännitteiset osat on suojattu tahattomalta koskettamiselta, sekä
- 4) omaan käyttöön rakennettujen sähkölaitteiden korjaamista, jos tämä liittyy sähköalan harrastustoimintaan.

11 § Vaatimus ammattitaitoa edellyttävissä sähköalan töissä

Riittävän ammattitaitoiseksi valvomaan ja itsenäisesti tekemään koulutustaan ja työkokemustaan vastaavan alan sähkö- ja käyttötyötä katsotaan se, joka on mainittuihin töihin opastettu ja joka on:

- 1) suorittanut soveltuvan tekniikan alan korkeakoulututkinnon ja hankkinut kuuden kuukauden työkokemuksen sähkötöissä;
- 2) suorittanut soveltuvan sähköalan insinöörin tai teknikon tutkinnon ja hankkinut kuuden kuukauden työkokemuksen sähkötöissä;
- 3) suorittanut soveltuvan ammattitutkinnon, erikoisammattitutkinnon tai vastaavan aiemman koulutuksen tai tutkinnon ja hankkinut kuuden kuukauden työkokemuksen sähkötöissä;
- 4) suorittanut soveltuvan ammatillisen perustutkinnon tai vastaavan aiemman koulutuksen tai tutkinnon ja hankkinut vuoden työkokemuksen sähkötöissä; taikka
- 5) hankkinut kuuden vuoden työkokemuksen sähkötöissä ja riittävät alan perustiedot. Edellä 1 momentissa mainitun työkokemuksen tulee olla riittävän laaja-alaista ja sähkötöihin perehdyttävää.

Sen, joka antaa 1 momentissa tarkoitetun opastuksen, tulee täyttää 1 ja 2 momentissa mainitut pätevyysvaatimukset.

Edellä 1 momentissa tarkoitetun soveltuvan tutkinnon tai sitä vastaavan koulutuksen tarkempi oppisisältö määritellään liitteen kohdassa 1.

Jos kyse on samankaltaisiin sähkölaitteisiin tai laitteeseen rinnastettaviin laitteistoihin kohdistuva sähkötyö, riittävän ammattitaitoiseksi tekemään itsenäisesti kyseisiä töitä katsotaan 1 momentissa poiketen myös se, jolla on kahden vuoden työkokemus kyseisestä sähkötyöstä ja riittävät alan perustiedot tai liitteen kohdan 2 mukainen koulutus ja vuoden työkokemus kyseisistä sähkötöistä.

12 § Sähköpätevydet

Sähköpätevyys 1 oikeuttaa toimimaan sähkötöiden johtajana ja käytön johtajana.

Sähköpätevyyteen 1 vaaditaan hyväksytysti suoritettu soveltuva sähköturvallisuustutkinto sekä:

a) soveltuva tekniikan alan korkeakoulututkinto, sähkövoima-alan insinöörin tai sähkövoima-alan teknikon tutkinto tai vastaava tutkinto; ja

b) ammatillisen tutkinnon suorittamisen jälkeen vähintään kahden vuoden riittävän laaja-alainen sähkötöiden johtamiseen perehdyttävä työkokemus, josta vähintään vuosi on saatu yli 1000 voltin vaihtojännitteisten tai yli 1500 voltin tasajännitteisten sähkölaitteistojen rakentamiseen tai käytön johtamiseen perehdyttävissä tehtävissä.

Rajoitettu sähköpätevyys 1, joka oikeuttaa toimimaan enintään 1000 voltin vaihtojännitteisten ja enintään 1500 voltin tasajännitteisten sähkölaitteiden ja -laitteistojen sähkötöiden johtajana sekä enintään 20 kilovoltin nimellisjännitteisten sähkölaitteistojen käytön johtajana, voidaan antaa sille, jolla on 1 momentin a kohdassa tarkoitetun tutkinnon sijasta sähköyliasentajan tai sähkölaitosyliasentajan erikoisammattitutkinto tai vastaava tutkinto. Lisäksi edellytyksenä on tutkinnon suorittamisen jälkeen hankittu vähintään kuuden vuoden riittävän laaja-alainen sähkötöiden johtamiseen perehdyttävä työkokemus, josta vähintään kaksi vuotta on saatu yli 1000 voltin vaihtojännitteisiin tai yli 1500 voltin tasajännitteisiin sähkölaitteistoihin perehdyttävissä tehtävissä.

Edellä 1 ja 2 momentissa tarkoitettua soveltuvaa tutkinnon tai sitä täydentävää koulutuksen tarkempi oppisisältö määritellään liitteen kohdassa 3.

4 a luku (17.12.1999/1194)

Sähkötyöturvallisuus

29 a §

Tätä lukua sovelletaan sähköalan työhön, jos työstä voi aiheutua sähköiskun tai valo-kaaren vaara.

Lukua sovelletaan 10 §:ssä tarkoitettuun työhön kuitenkin vain soveltuvin osin siten, että voidaan riittävästi varmistua sähkötyöturvallisuudesta.

29 b §

Ennen kuin sähköalan työ tai muu työ sähkölaitteiston läheisyydessä aloitetaan, on selvitettävä luotettavasti sähkölaitteiston rakenne, arvioitava työhön liittyvät vaaratekijät ja ryhdyttävä sähkötyöturvallisuuden kannalta tarvittaviin toimenpiteisiin.

Sähköalan työssä on noudatettava vakiintuneita, turvallisiksi todettuja työmenetelmiä. Jos työ kuitenkin suoritetaan poikkeuksellisella tai uudella menetelmällä, menetelmään liittyvät mahdolliset vaaratekijät on arvioitava ja otettava huomioon.

29 d §

Sähköalan työtä varten on tarvittaessa laadittava tässä luvussa säädettyjä vaatimuksia täydentäviä työmenetelmäkohtaisia tai työkohtaisia kirjallisia ohjeita.

Työssä sovellettavat voimassa olevat standardit ja ohjeet on pidettävä työntekijän käytettävissä.

Työntekijälle on annettava koulutusta ja opastusta siten, että tiedot jatkuvasti vastaavat työn vaatimuksia. Tietojen ymmärtäminen on varmistettava kuulustelulla tai muulla soveltuvalla tavalla.

29 e §

Sähköalan työssä on käytettävä työhön tarkoitettuja tai siihen muuten soveltuvia turvallisia työvälineitä ja varusteita, joiden turvallisuus on tarvittaessa varmistettava sekä ennen työn aloittamista että työn kuluessa.

29 f §

Työkohteena oleva sähkölaitteisto on erotettava jännitteettömäksi. Sähkölaitteistoon kohdistuvia käyttötöitä saa kuitenkin tehdä sähkölaitteiston ollessa jännitteinen, jos työt tehdään riittävää huolellisuutta noudattaen siten, ettei aiheudu sähköiskun tai valokaaren vaaraa.

Sähkölaitteisto katsotaan jännitteettömäksi, jos seuraavat toimenpiteet tehdään ennen työn aloittamista:

- 1) työkohde erotetaan luotettavasti käyttöjännitteestä jokaisesta jännitteen syöttösuunnasta;
- 2) jännitteen kytkeminen työkohteeseen työn aikana estetään luotettavasti;
- 3) työkohteen jännitteettömyys todetaan luotettavasti;
- 4) työkohde työmaadoitetaan asianmukaisilla välineillä, jos sähkölaitteiston nimelliskäyttöjännite on yli 1000 voltia taikka kyseessä on avojohto tai suurivirtainen sähkökeskus;
- 5) työkohteen läheisyydessä olevat sähkölaitteiston jännitteiset osat eristetään luotettavasti alueesta, jolla työskennellään tai johon työtä tehtäessä voidaan ulottua ottaen huomioon työvälineet ja tarvikkeet.

Jännitteen saa kytkeä työkohteena olleeseen sähkölaitteistoon vasta, kun kaikki työt on lopetettu, työmaadoitukset on purettu ja on muutenkin varmistuttu kytkemisen turvallisuudesta.” (Tukesin www-sivut 2013)

3.4 KTMP Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen turvallisuudesta (17.12.1999/1193)

”2 § Turvallisuusvaatimukset

Sähkölaitteistot on suunniteltava, rakennettava ja korjattava hyvän turvallisuusteknisen käytännön mukaisesti ottaen huomioon sähköturvallisuuslain 5 §:n 1 kohdan vaatimus turvallisuuden tasosta. Lisäksi sähkölaitteistojen on täytettävä tämän päätöksen liitteessä luetellut olennaiset turvallisuusvaatimukset ottaen huomioon Suomessa vallitsevat olosuhteet ja noudatettavat asennustavat.

3 § Turvallisuusvaatimusten toteuttaminen

Sähkölaitteistojen katsotaan täyttävän tämän päätöksen liitteessä luetellut olennaiset turvallisuusvaatimukset, jos ne suunnitellaan, rakennetaan ja korjataan soveltaen

standardeja tai julkaisuja, joiden vastaavuus olennaisiin vaatimuksiin on vahvistettu 4 §:n mukaisesti.

4 § Sovellettavat standardit

Tässä päätöksessä standardeilla tarkoitetaan virallisen standardointielimen vahvistamia teknisiä eritelmiä, jotka ovat julkisesti saatavilla.

Sähköturvallisuusviranomainen vahvistaa olennaisia turvallisuusvaatimuksia vastaavien standardien luettelon sähköturvallisuuden neuvottelukunnan lausunnon perusteella ja pitää luetteloa saatavilla.” (Tukesin [www-sivut](http://www.tukes.fi).)

3.5 SF standardi 6000-8-803, Sähkölaitekorjaamot ja laboratoriot

”803.1 Soveltamisala

Standardi SFS 6000-8-803 koskee sähkölaitekorjaamoja ja oppilaitosten opetuskäytössä olevia sähkölaboratorioita tai vastaavia tiloja, joissa esiintyy kosketeltavana yli 50 V ja enintään 1000 V vaihtojännitteitä tai yli 120 V ja enintään 1500 V tasajännitteitä tai pienjännitelaitteiden testauksen yhteydessä esiintyviä enintään 10 kV jännitteitä, joissa koskettamisesta aiheutuva virta on enintään 10 mA.” (Suomen standardisoimisliitto SFS 2012, 585.)

”803.4 Suojausmenetelmät

803.410.3.5 Perussuojauksen menetelmät

Sähkölaitekorjaamoiden ja opetuskäytössä olevien sähkölaboratorioiden luonteen vuoksi niissä ei korjattavassa tai testattavassa laitteessa voida aina käyttää perussuojausta eristyksen tai koteloinnin avulla. Korjattavien laitteiden kokeilut yms. pitää suorittaa mahdollisuuksien mukaan suojattuna kosketukselta (varustettuna perussuojauksella). Jos jotain toimenpidettä ei voida suorittaa täysin kosketukselta suojattuna, pitää käyttää mahdollisuuksien mukaan tilapäisiä suojuksia tai esteitä. Korjaustyössä käytettävissä työkaluissa ja mittalaitteissa pitää kuitenkin käyttää eristystä tai kotelointia laitteiden normaalien rakennestandardien mukaisesti.

Tilapäisiin kytkentöihin käytettävänä kytkentäjohtoina ja mittajohtoina suositellaan käytettäväksi rakenteita, jotka on suojattu vahingossa tapahtuvalta koskettamiselta.

Oppilaitostiloissa tällaisia rakenteita on käytettävä ja paljaiden naparuuvien käyttö on kielletty. Laboratorioissa käytettäviä mittapäitä ja virtapihtejä koskevat standardit EN 61010-031 ja EN 61010-2-032.

Sähkölaitekorjaamot ja opetuskäytössä olevat sähkölaboratoriot on järjestettävä siten, että sinne pääsevät vain ammattitaitoiset tai opastetut henkilöt. Maallikot saavat päästä näihin tiloihin vain ammattitaitoisten tai opastettujen henkilöiden valvomana. Sähkölaitekorjaamoiden ja sähkölaboratorioiden ovet tai vastaavat kulkutiet on varustettava kilvillä, jotka kieltävät asiattomien pääsyn näihin tiloihin.” (Suomen standardisoimisliitto SFS 2012, 586.)

"803.411 Vikasuojaus

Sähkölaitekorjaamoissa ja opetuskäytössä olevissa laboratorioissa käytettäville laitteille on aina järjestettävä SFS 6000-4-41 mukainen vikasuojaus. Vikasuojauksella voidaan suojautua vaaratilanteilta, jotka aiheutuvat jännitteisten osien tai vikatapauksessa jännitteisiksi tulleiden jännitteelle alttiiden osien ja maan potentiaalissa olevien osien samanaikaisesta koskettamisesta. Vikasuojauksella ei voida suojautua jännitteisen osan ja nollajohtimen tai kahden eri vaiheissa olevan jännitteisen osan koskettamiselta. Vikasuojauksen täydentämiseksi sähkölaitekorjaamojen korjauspaikkojen ja sähkölaboratorioiden testauspaikkojen lattioiden ja työpöytien kosketeltavien pintojen resistanssin pitää olla vähintään 50 k Ω enintään 500 V nimellisjännitteellä ja 100 k Ω kun nimellisjännite on yli 500 V ja enintään 1000 V vaihtojännitettä tai 1500 V tasajännitettä. Suuremmilla jännitteillä eristystason arvo määritellään erikseen. Työpöytien rungot voivat olla metallia, jos ne eivät ole johtavassa yhteydessä maahan.

Vikasuojauksena sähkölaitekorjaamoissa ja sähkölaboratorioissa voidaan käyttää seuraavia menetelmiä:

syötön automaattinen poiskytkentä käyttäen nimellistoimintavirrallaan enintään 30 mA vikavirtasuojaa.

Vikavirtasuojauksen voi toteuttaa hälyttävänä eristystilan valvontana tilan erikoiskäyttöä varten, jos vikavirtasuojan toiminta voi estää varsinaisen korjauksen tai testauksen esim. käyttöönottotarkastusten harjoittelun suorittamisen. Erikoiskäyttötila

tulee rajata mahdollisimman pienelle alueelle. Erikoiskäyttötilaan siirtyminen tulee tehdä avaimella toteutettavaksi ja tiloissa tulee erikoiskäyttötilassa olla jatkuva valvonta.

Kaikki sähkölaitekorjaamoissa tai sähkölaboratorioissa sijaitsevat enintään 32 A pistorasiat pitää suojata enintään 30 mA mitoitus toimintavirtaisella vikavirtasuojalla, ellei niitä ole liitetty SELV- tai PELV järjestelmään tai suojaerotukseen.

Suojaerotuksen käyttö

Suojaerotus on ensisijainen korjattavana olevan, puutteellisesti kosketussuojatun laitteen syöttämiseen käytettävä menetelmä. Suojaerotukseen saa liittää vain yhden korjattavan laitteen.

Suojaerotus on ainoa tapa, jolla voidaan liittää suojausluokan 0 laite.

Suojaerotukseen käytettävän muuntajan on oltava standardin EN 61558-2-4 mukainen tai vastaava. Muuntaja pitää varustaa oikosulkusuojauksella ja poiskytkevällä tai hälyttävällä ylikuormitussuojauksella.

Jos häiriöiden takia on tarpeen erottaa mittalaite syöttävästä verkosta, käytetään tälle mittalaitteelle erillistä suojaerotusmuuntajaa.” (Suomen standardisoimisliitto SFS 2012, 586-587.)

”803.514 Tunnistaminen

Sähkölaitekorjaamoiden ja sähkölaboratorioiden asennuksista on oltava ajan tasalla olevat merkinnät ja dokumentit. Työskentelypaikalla olevat pistorasiat on merkittävä siten, että merkinnöistä selviää riittävät tiedot (jännite, teho tai virta ja suojaustapa). Oppilaitosten sähköteknilliseen opetukseen käytettyjen laboratorioiden työskentelypaikoilla pitää lisäksi olla kaavio työskentelypaikan sähkönsyötön järjestelyistä. Tämä on suositeltavaa myös sähkölaitekorjaamoissa ja muun tyyppisissä sähkölaboratorioissa.

Sähkölaitekorjaamoihin ja sähkölaboratorioihin on sijoitettava sopiviin paikkoihin sähkötapaturmien ensiavusta kertovat ensiapuohjeet sekä hätäpuhelimien numero.

803.537 Erottaminen ja kytkentä

Sähkölaboratorioiden työskentelyalueelta on voitava katkaista jännitteet SFS 6000-5-53 kohdan 537.2.2 mukaisella erotuskytkimellä. Oppilaitosten sähköteknilliseen opetukseen käytetyissä laboratorioissa erotuskytkimen pitää olla lukittavissa, jolloin oppilaat eivät pääse työskentelemään ilman valvontaa.

Sähkökorjaamoissa ja -laboratorioissa pitää olla hätäkytkentää varten kohdan 537.4.2 mukaiset laitteet, joilla nopeasti voidaan kytkeä pois jännitteet työskentelyalueelta. Hätäkytkentään käytettävä kytkin on oltava helposti luokse päästävissä ja tunnistettavissa käyttäen punaista kytkintä keltaisella taustalla.

Tilapäiskytkentöjen syöttöön käytettävässä virtapiirissä pitää kytkentöjen läheisyydessä olla erotuskytkin, jossa on yksiselitteinen asennonosoitus, ja jolla kytkennät voidaan tehdä jännitteettömiksi. Erotuskytkimen tilalla voidaan käyttää enintään 16 A mitoitusvirtaista pistokytkeä.” (Suomen standardisoimisliitto SFS 2012, 587.)

”803.6 Tarkastukset

Sähkölaitekorjaamoissa ja sähkölaboratorioiden korjaus- ja testauspaikoille on suoritettava normaalien sähköasennusten käyttöönototarkastusten sekä huoltoon ja kunnossapitoon liittyvien tarkastusten lisäksi määrävälein tarkastuksia ja testauksia, joiden avulla varmistetaan suojausten toimivuus.

803.6.62 Kunnossapitotarkastukset

Sähkökorjaamoissa ja -laboratorioissa laitteiden kuntoa pitää tarkkailla tekemällä määrävälein tarkastuksia ja testauksia. Tarkastusten ja testausten laajuus ja väli riippuu laitteiston tyypistä ja siitä miten paljon sitä käytetään. Seuraavassa on annettu suositeltavia toimenpiteitä:

- laitteiden ja kytkentäjohtimien silmämääräinen tarkastus aina ennen käytön aloittamista
- vikavirtasuojien testaus testipainikkeella enintään 6 kuukauden välein

- hätäkytkinlaitteiden toiminnan testaus 1 vuoden välein
- vikavirtasuojien testaaminen testilaitteella ja kattava silmämääräinen tarkastus enintään 2 vuoden välein
- eristysresistanssin mittausta ja suojajohtimien jatkuvuuden testaus enintään 5 vuoden välein.

Tarkastuksista on pidettävä kirjaa lukuun ottamatta ennen käytön aloittamista tehtäviä tarkastuksia.” (Suomen standardisoimisliitto SFS 2012, 588.)

4 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS

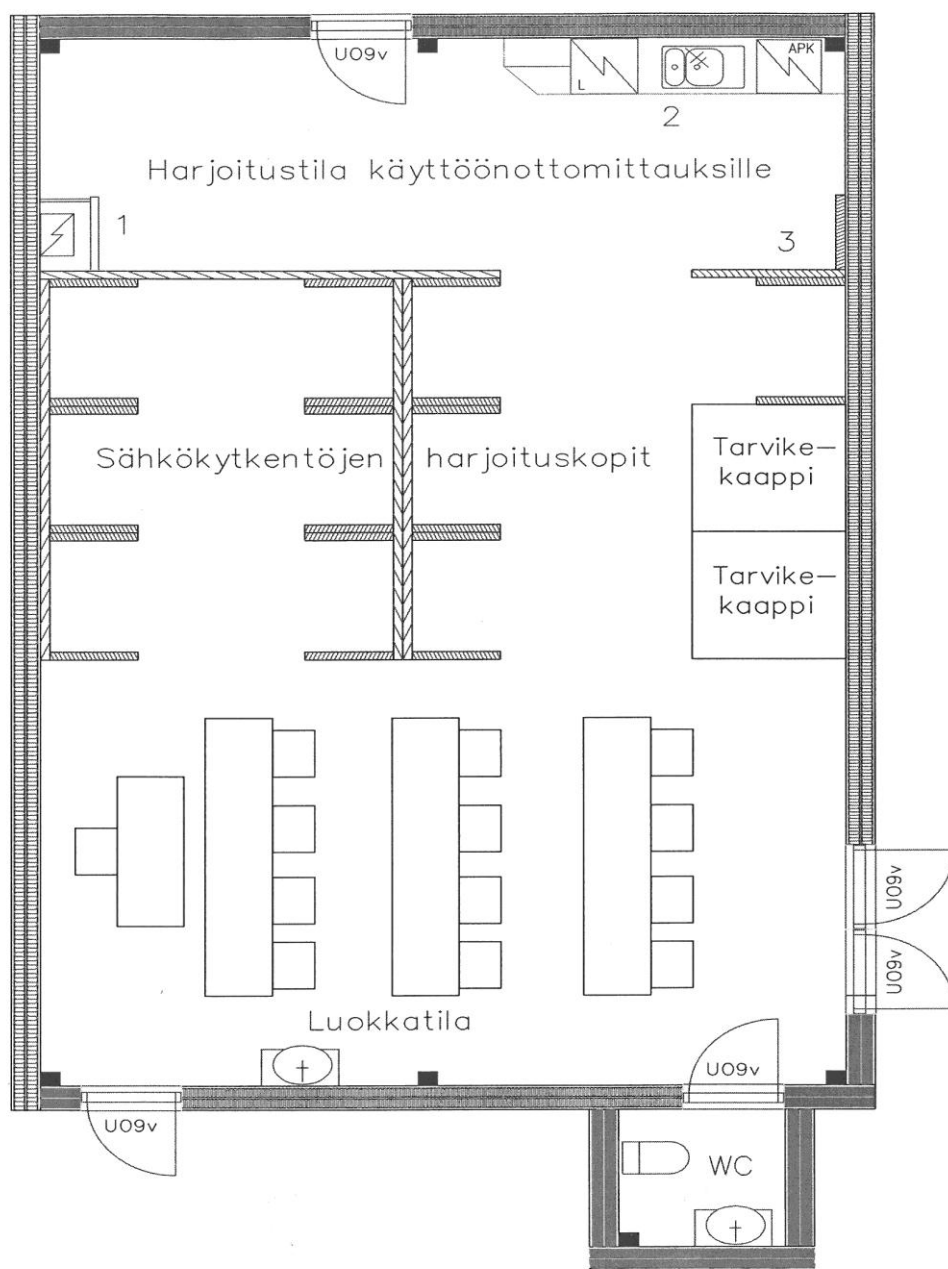
4.1 Yleistä

Käyttöönottotarkastuksen tavoitteena on varmistaa sähköasennukset ja laitteistot turvalliseksi sekä toimiviksi. Käyttöönottotarkastukset koostuvat sekä aistinvaraisesta tarkastuksesta, että mittauksilla toteutetuista testeistä. Sähköasennuksen käyttöönottotarkastus on tehtävä jokaiselle sähköasennukselle asennuksen aikana tai sen valmistuttua ennen kuin se otetaan käyttöön. Tarkastuspöytäkirjaa ei vaadita sellaisista sähköalan töistä, joista voi aiheutua vain vähäistä vaaraa tai häiriötä (kts. KTMp517/1996 4§). Näistäkin on annettava testauksien tulokset laitteiston haltijalle. (VirtuaaliAMK:n www-sivut 2013.)

Käyttöönottotarkastusharjoitukset suoritetaan kuvan 3 kohdassa 1 ja 2. Paikassa 1 on saunan kiukaan mittauspiste ja samassa kohdassa voidaan testata lattialämmityskaapelin vastuksen toimivuus. Paikassa 2 on keittiön pistorasioiden ja lieden mittauspiste. Paikassa 3 on putkitusseinä, jossa opiskelija vetää johdot valmiisiin putkiin ja joutuu myös itse lisäämään putkia ohjeiden mukaiseksi. Käyttöönottotarkastusharjoitukset liitetään EE080405 Sähköturvallisuustarkastukset kurssiin.

4.2 EE080405 Sähköturvallisuustarkastukset

Sähköturvallisuustarkastuksen-kurssi (EE080405) on kahden opintopisteen arvoinen. Kurssin jälkeen opiskelijan tulee tuntee rakennusten ja laitojen sähkö- ja telejärjestelmien käyttöönottoon liittyvät tarkastukset ja mittaukset. Kurssissa käydään nämä asiakokonaisuudet: Viranomaismääräykset; sähkönjakelun suojalaitteet; maadoitusmittaukset, oikosulkumittaukset. (Samk:n www-sivut 2013)



Kuva 3. Pohjapiirustus, josta selviää asennus- ja mittauspisteiden paikat

4.3 Aistinvarainen tarkastus

Aistinvaraisia tarkastuksia tehdään koko sähkötöiden aikana. Siinä varmennetaan, että työ on tehty noudattaen hyviä ja hyväksytyjä asennustapoja. ”Ennen kuin tarvikkeita asennetaan, tulee varmistaa, että asennettavat tarvikkeet ja sähkölaitteet ovat turvallisuusvaatimusten mukaisia. Tämä voidaan todeta parhaiten katsomalla onko asennettavassa laitteessa tai sen pakkauksessa CE-merkki, jolla valmistaja vakuuttaa laitteiden täyttävän pienjännite- ja EMC-direktiivin olennaiset vaatimukset.” (Kauppila, Tiainen, Ylinen 2010, 162.) Aistinvarainen tarkistuksen tekee sähköasentaja tavallisesti osana normaalia sähköasennusta ja oman työnsä kontrollointia tai joku muu henkilö. Silloin tarkastetaan katselemalla, että kaikki sähkökalusteet, johtimet, rasioiden suojakannet ja muut asennukseen kuuluvat osat ovat asiallisesti asetettu paikoilleen. Johtojen kuormituksen kannalta riittää, että johdotuksissa on käytetty suunnitelmien mukaisia johdinpoikkipintoja ja asennustapoja. Osa asennuksista ei jää näkyviin, joten nämä osat on välttämätöntä tarkastaa työtä suoritettaessa. Aistinvaraisessa tarkastuksessa tulee huomioida myös erikoistilojen ja -asennusten erityisvaatimukset. Aistinvaraista tarkastusta suorittavalla henkilöllä tulee olla samat sähköpätevydet kuin muissa käyttöönottotarkastuksissa. Kun asennus on todettu asianmukaisesti asennetuiksi, siirrytään käyttöönottomittauksiin. (Kauppila ym. 2010, 162-165.)

4.4 Testaukset

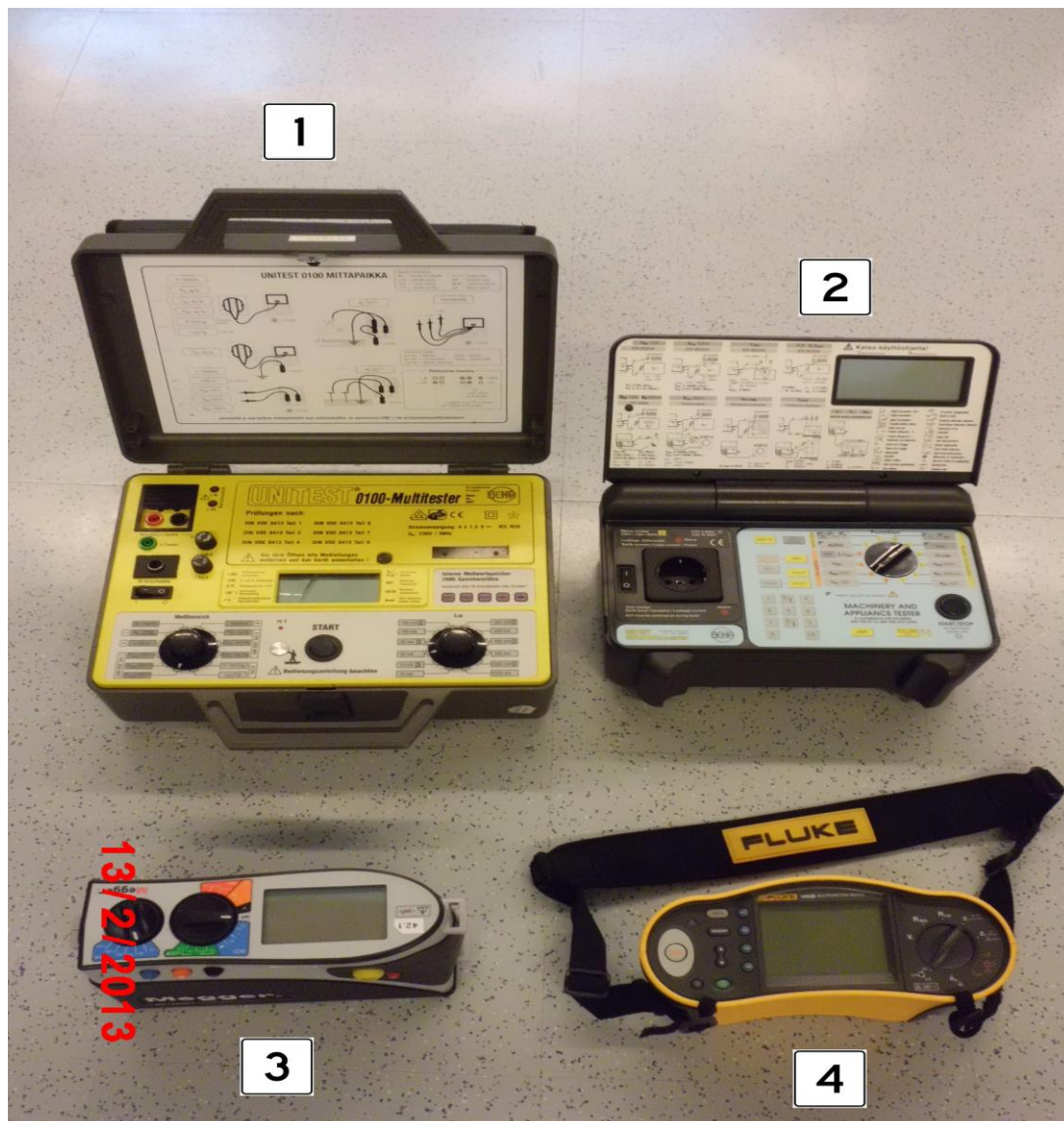
”Mittauksissa on käytettävä standardien EN 61557 mukaisia mittalaitteita.” (Kauppila, Tiainen, Ylinen 2010, 170.) Käyttöönottomittaukset tehdään kahdessa vaiheessa. Ensin tehdään jännitteettömät käyttöönottomittaukset: eristysresistanssin mittaus ja suojajohtimen jatkuvuusmittaus. Kun molemmat jännitteettömät käyttöönottomittaukset on suoritettu hyväksytyin arvoin, voidaan jatkaa jännitteellisiin mittauksiin. (Kauppila ym. 2010, 169-170.)

4.4.1 Koulun mittarit

Koululla on käytössä neljä mittaria jotka soveltuvat käyttöönottotarkastuksen mittauksiin ja ovat standardin EN 61557 mukaisia. Jokaisesta mittarista löytyy omat käyttöohjeet, joita seuraamalla pystyy suorittamaan käyttöönottotarkastuksen mittaukset.

Kuvassa 4 on esitetty koululla käytettävissä olevat mittarit:

1. Unitest 0100-multitester
2. Unitest machine master
3. Megger MFT 1502/2 multifunction tester
4. Fluke 1653B multifunction tester



Kuva 4. Koulun mittarit

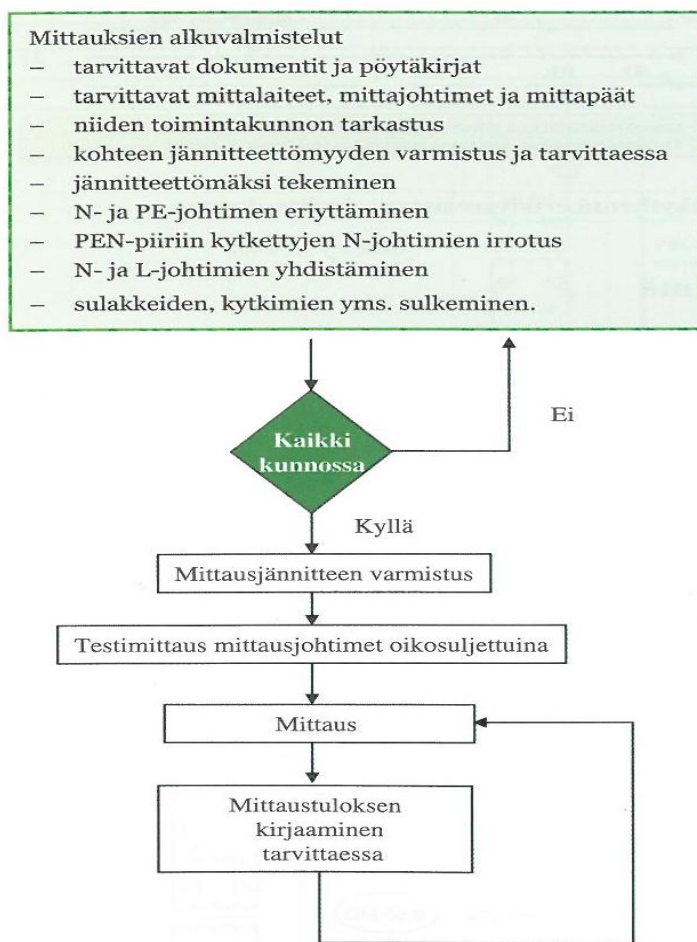
4.4.2 Eristysresistanssin mittaus

Vaikka standardissa sanotaan, että suojajohtimen jatkuvuusmittaus tehdään ensimmäisenä mittauksena, on pienemmissä kokonaisuuksissa järkevää tehdä eristysresistanssimittaus ensimmäisenä. Tämä mahdollisuus on kerrottu standardissakin. TN-S-järjestelmässä on muistettava irrottaa nolla- ja PE-johtimet. Eristysresistanssi tulee mitata kaikkien jännitteisten johtimien ja maan väliltä. PEN-johdinta pidetään osana maata TN-C-järjestelmässä. TN-S-järjestelmässä myös nollajohdin katsotaan jännitteiseksi johtimeksi. Mittauksen aikana äärijohtimet ja nollajohtimet saa kytkeä yhteen. Näin voidaan välttyä elektronisten laitteiden vikaantumiselta.

Ennen mittauksia kuuluu kaikkien sulakkeiden, johdonsuoja-automaattien, vikavirtasuojien, ohjaus- ja käyttökytkimien yms. laittaminen kiinni-asentoon. Ennen varsinaisia mittauksia on suoritettava yksi mittaus mittaussuojat oikosuljettuina. Jos mitattavassa kohteessa on elektronisia laitteita joita ei saada poistettua mittauksen ajaksi, niin voidaan mittaus suorittaa 500 V:n koejännitteen sijasta 250 V:n koejännitettä. Eristysresistanssivaatimus on myös tällöin $\geq 1,0 \text{ M}\Omega$. Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot ovat esitetty taulukossa 1. Kuvassa 5 on esitetty eristysresistanssimittauksen alkuvalmistelut ja mittauksen kulku. (Kauppila ym. 2010, 173-174.)

Taulukko 1. Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot. (Kauppila ym. 2010, 174)

Virtapiirin nimellisjännite V	Koejännite (tasajännite) V	Eristysresistanssi $\text{M}\Omega$
SELV ja PELV	250	$\geq 0,5$
Enintään 500 V, edellä olevaa kohtaa lukuun ottamatta	500	$\geq 1,0$
Yli 500 V	1 000	$\geq 1,0$



Kuva 5. Eristysresistanssin mittauksen kulku (Kauppila ym. 2010, 175)

4.4.3 Suojajohtimien jatkuvuusmittaus

”Suojajohtimiksi luokitellaan maadoitusjohtimet, suojamaadoitusjohtimet, PEN-johtimet ja potentiaalintasausjohtimet. Suojajohtimen jatkuvuus varmistetaan laitekohtaisesti, jolloin esim. suojajohtimen jatkuvuus on tarkastettava ketjutetussa pistorasiaryhmässä jokaisesta pistorasiasta.” (Kauppila ym. 2010, 169.)

”TN-S-järjestelmässä nolla- ja suojamaadoitusjohtimen yhdistys on muistettava irrottaa jatkuvuusmittausten ajaksi samoin kuin eristysresistanssin mittauksen yhteydessäkin. Ellei näin tehdä, ei nolla- ja suojamaadoitusjohtimen mahdollista vaihtumista keskenään voida mittauksinkaan havaita.” (Kauppila ym. 2010, 170.)

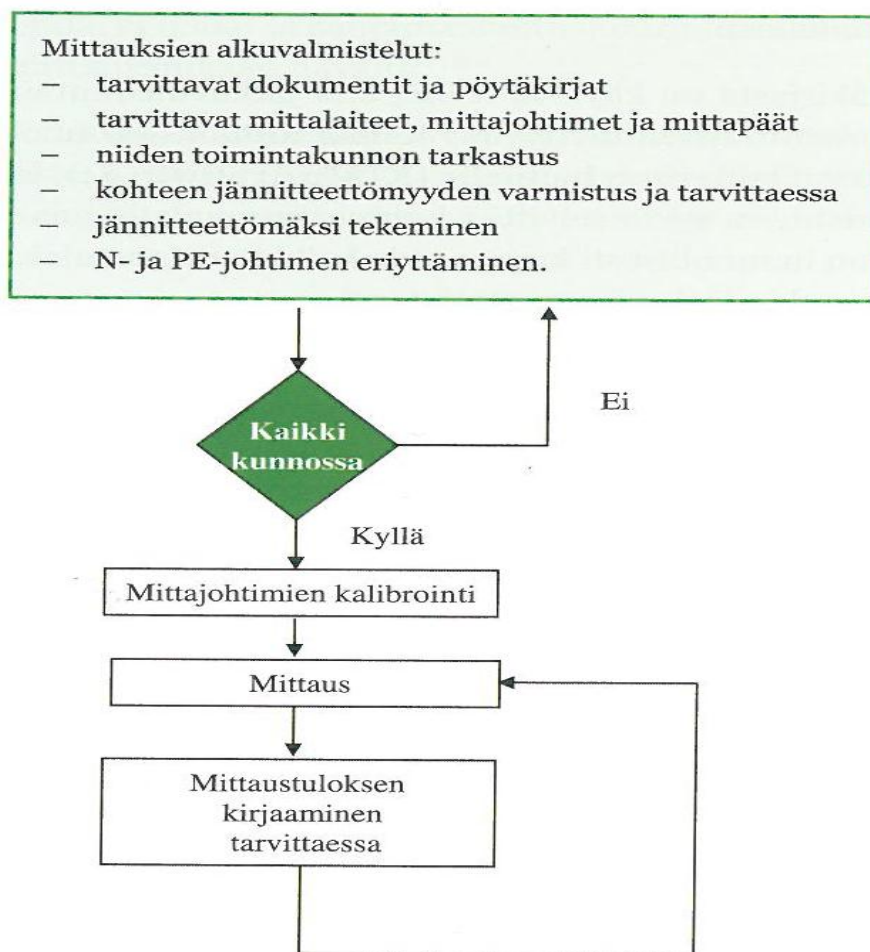
Ennen ensimmäistä mittauksia on kompensoitava mittajohto ja mittapäät, jolla mittaukset suoritetaan. Kompensointimittaus tehdään mittajohtimien päät yhdessä. Tällöin

havaitaan, onko kompensointi tehty tai toisaalta kyseinen mittausjohtimien resistanssiarvo on aina vähennettävä saadusta mittaustuloksesta. Jos mittajohto tai mittapää vaihdetaan kesken mittauksen, on hyvä suorittaa kompensointi uudelleen. (Kauppila ym. 2010, 170-171.)

Taulukossa 2 on esitetty erilaisien johtimien resistanssiarvoja ja kuvassa 6 on kuvattu suojaohjelmien jatkuvuusmittauksien kulku.

Taulukko 2. Kupari- ja alumiinijohtimien resistanssiarvoja (Kauppila ym. 2010, 170)

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



Kuva 6. suojaohjelmien jatkuvuusmittauksen kulku (Kauppila ym. 2010, 172)

4.4.4 Vikavirtapiirin impedanssin mittaaminen

”Mittaus suoritetaan suojaus- ja huonoimmista kohdista mittaamalla oikosulkuvirta. Mittaus on tehtävä jokaisen ryhmäjohto- ja suojalaitteeseen sekä erityyppisen suojalaitetyypin pisimmän ryhmäjohtopäästä. Se on tehtävä myös jokaisen keskuksen kiskostoista. Saatua arvoa verrataan ryhmää suojaavan suojalaitteen toimintavirtaan. Koska mittaus tehdään yleensä huoneenlämmössä, tulee mitattujen arvojen olla suojalaitteen toimintarajavirtaa suurempia. Näin saadut arvot ovat verrannollisia laskelmilla saatuihin, joissa käytetään +80 °C:een johdinlämpötilaa. Standardi edellyttää, että mitattu impedanssi on 80% sallitusta suurimmasta impedanssiarvosta. Suurin sallittu impedanssi saadaan vaihejännitteen ja suojalaitteen toimintarajavirran avulla ($Z_s = U_0 / I_a$). Mikäli mittaus tehdään oikosulkuvirtamittauksena, tu-

lee mitatun virran olla 25 % suurempi kuin toimintarajavirta.” (VirtuaaliAMK:n www-sivut 2013.)

Syötön automaattisen poiskytkennän edellyttämät oikosulkuvirrat johdonsuojakatkaisijoille ja sulakkeille löytyy liitteistä 10-11.

4.4.5 Vikavirtasuojien toiminnan testaus

”Jokainen vikavirtasuojakytkin on testattava.” (Kauppila ym. 2010, 183). Vikavirtasuojasta pitää tarkastaa testipainikkeen toiminta. Lisäksi tulee varmistaa mittaamalla, että vikavirtasuoja toimii enintään nimellistoimivirrallaan (10 mA, 30 mA, 100 mA, 300 mA, 500 mA). Vikavirtasuojien pitää olla tyyppiä A tai B.

Vikavirtasuojan mittauksena kannattaa suorittaa ns. ramppitesti. Ramppitestin avulla saadaan mitattua vikavirtasuojan todellinen toimintavirta sekä toiminta-aika vastavalla toimintavirralla. Nämä arvot kannattaa kirjata myös käyttöönottotarkastuspöytäkirjaan mahdollisia myöhemmin tehtäviä tarkastuksia varten. Ramppitestillä varmistutaan myös siitä, ettei vikavirtasuoja ole liian herkkätoiminen. Laitestandardin mukaan vikavirtasuojan toimintavirran pitää olla 0,5-1-kertainen nimellistoimintavirtaansa nähden. (Kauppila ym. 2010, s 183.)

4.4.6 Napaisuustesti

”Yksinapaisten kytkimien kytkeminen nolajohtimeen on kiellettyä. Siksi on tarkistettava, että yksinapaiset kytkinlaitteet on kytketty aina vaihejohtimiin. Tämä tarkastus tapahtuu osittain silmämääräisen tarkastuksen yhteydessä. Myös vaiheiden (L1, L2 ja L3) kiertosuunnat on tarkistettava monivaiheisissa piireissä. Kiertosuunnat tarkastetaan aina, jos keskukseen tulee kolmivaiheinen syöttö siitäkin huolimatta, vaikka keskukselta ei lähtisi kolmivaiheisia asennuksia eteenpäin. Kiertosuunnat tarkastetaan myös kolmivaiheisista pistorasioista.” (Raiski 2010.) Monivaiheisia kiertosuuntia tarkastetaan mitta-apujohtimia käyttäen. Tarkastusta tehtäessä on oltava huolellinen ja varovainen valokaarivaaran vuoksi. Pistorasioiden tarkastukseen käytetään niihin soveltuvia adaptereita. (Raiski 2010.)

4.4.7 Toimintatesti

”Kaikille asennetuille laitteille, kuten kytkimille sekä käyttö-, ohjaus- ja lukituslaitteille tulee tehdä toimintatestit sen toteamiseksi, että ne on asennettu ja säädetty oikein niitä koskevien vaatimusten mukaisesti. Nämä testit eivät kuitenkaan korvaa laitestandardien kokeita.” (Raiski 2010.)

4.4.8 Käyttöönottotarkastuspöytäkirja

”Tarkastuspöytäkirjasta tulee käydä ilmi kohteen yksilöintitiedot, selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta, yleiskuvaus käytetyistä tarkastusmenetelmistä ja tarkastusten ja testausten tulokset. Tarkastuksen tekijän on allekirjoitettava tarkastuspöytäkirja. Tarkastuspöytäkirjaa ei vaadita sellaisista sähköalan töistä, joista voi aiheutua vain vähäistä vaaraa tai häiriötä (kts. KTMP517/1996 4§). Näistäkin on annettava testauksien tuloksen laitteiston haltijalle.” (VirtuaaliAMK:n www-sivut 2013.)

Käyttöönottotarkastuspöytäkirja löytyy liitteessä 5.

5 SÄHKÖASENNUS HARJOITUKSET

5.1 Yleistä

Harjoitustehtävät ovat tarkoitettu sähköalaan vasta perehtyville opiskelijoille. Tämän takia harjoitustehtävät ovat yksinkertaisia ja selkeitä. Harjoituksissa käytetään kursilla opittuja asioita. Jokaisessa harjoituksessa on jotakin opittuja asioita ja samalla myös hiukan uutta asiaa. Sähköasennus harjoituksien päätarkoitus on kuitenkin näyttää, miten teoria muutetaan käytännöksi ja antaa opiskelijoille mahdollisuus tehdä oikeita sähköasennuksia, joita he eivät ole vielä päässeet tekemään. Aluksi opiskelijat suunnittelevat ja piirtävät ohjeiden mukaisesti erilaisia sähkökuvia, jotka hyväk-

sytetään opettajalla, ja nämä suunnitelmat toteutetaan asennuskopeissa, jotka on näytetty kuvassa 3. Samalla tulevat tutuiksi sähköpiirrosmerkit ja niiden nimitykset.

Harjoitusten suunnitteluosio toteutetaan joko käsin piirtämällä tai koulun tietokoneella CADS Planner-ohjelmalla. Olisi hyvä, jos opiskelija hallitsisi molemmat piirto-tyylit.

Sähköasennuksia tehdessä opiskelija tutustuu sähköalalla käytettäviin asennusmateriaaleihin ja niiden toimivuuteen. Sähköharjoituksiksi valitsin yleisimmät sähkökytkennät, kuten erinlaisien kytkimien, valaisimen ja pistorasioiden asennukset. Kun opiskelija saa sähköasennukset valmiiksi, opettaja tekee sille aistinvaraisen tarkastuksen. Jos opettaja hyväksyy asennukset, testataan sen toimivuus lopuksi koulun Suko-testereillä, jotka ovat kuvassa 7.



Kuva 7. Koulun Suko-testerit.

5.2 EE080202 Sähkölaite- ja järjestelmätuntemus

EE080202 Sähkölaite- ja järjestelmätuntemus-kurssi on 3 opintopisteen arvoinen. Kurssin jälkeen opiskelijan pitäisi osata lukea sähköpiirustuksia ja tunnistaa niiden kuvaamat sähkönsjakelujärjestelmät ja laitteet.

Kurssin aikana käydään seuraavat asiakokonaisuudet: Kansainvälinen sähköpiirustusjärjestelmä, kaaviot, piirrosmerkit, yksikkötunnukset ja viittaukset; kiinteistöjen ja tehdaslaitosten sähköverkon rakenne; tilaluokitukset; sähkökojeistot ja niiden komponentit; muuntajien, sähkökoneiden ja muiden laitteiden kytkennät; suojalaitteet; laitteiden turvallinen käyttö ja huolto. (Samk:n www-sivut 2013.)

5.3 Harjoitustehtävät

Harjoituksien ensimmäisessä osassa (kuva 8) on johdotuspiirrustuksen yksiviivainen ja moniviivainen esitys. Yksiviivaiseen esitykseen tehdään tarvittavat johdinmerkinnät ja moniviivaiseen esitykseen yhdistetään annettujen sähköpisteiden väliset johdotukset yksiviivaesityksen johtoreittejä käyttäen. Moniviivaesityksen avulla opiskelija oppii huomioimaan johtimien määrän, värit ja sähkökojeiden kytkentäpisteiden määrän. Näistä harjoituksista pystytään määrittelemään mitä johtoja käytetään, kun työtä aletaan tehdä.

	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	81	84	87	
A																											A
B																											B
C																											C
D																											D
E																											E
F																											F
G																											G
H																											H
I																											I
J																											J
K																											K
L																											L
M																											M
N																											N
O																											O
P																											P
Q																											Q
R																											R
S																											S
T																											T
U																											U
V																											V
X																											X
Y																											Y
Z																											Z
A																											A

Kytkimellä ohjataan valopistettä A. X on aina jännitteinen.

Piirrä kytkentää vastaava moniviivainen esitys. Merkitse johdinmerkinnät yksiviivaiseen johdotuskaavioon.

Johdotuspiirustus
Yksiviivainen esitys
Moniviivainen esitys

N
PE
L

•

N
P1
A

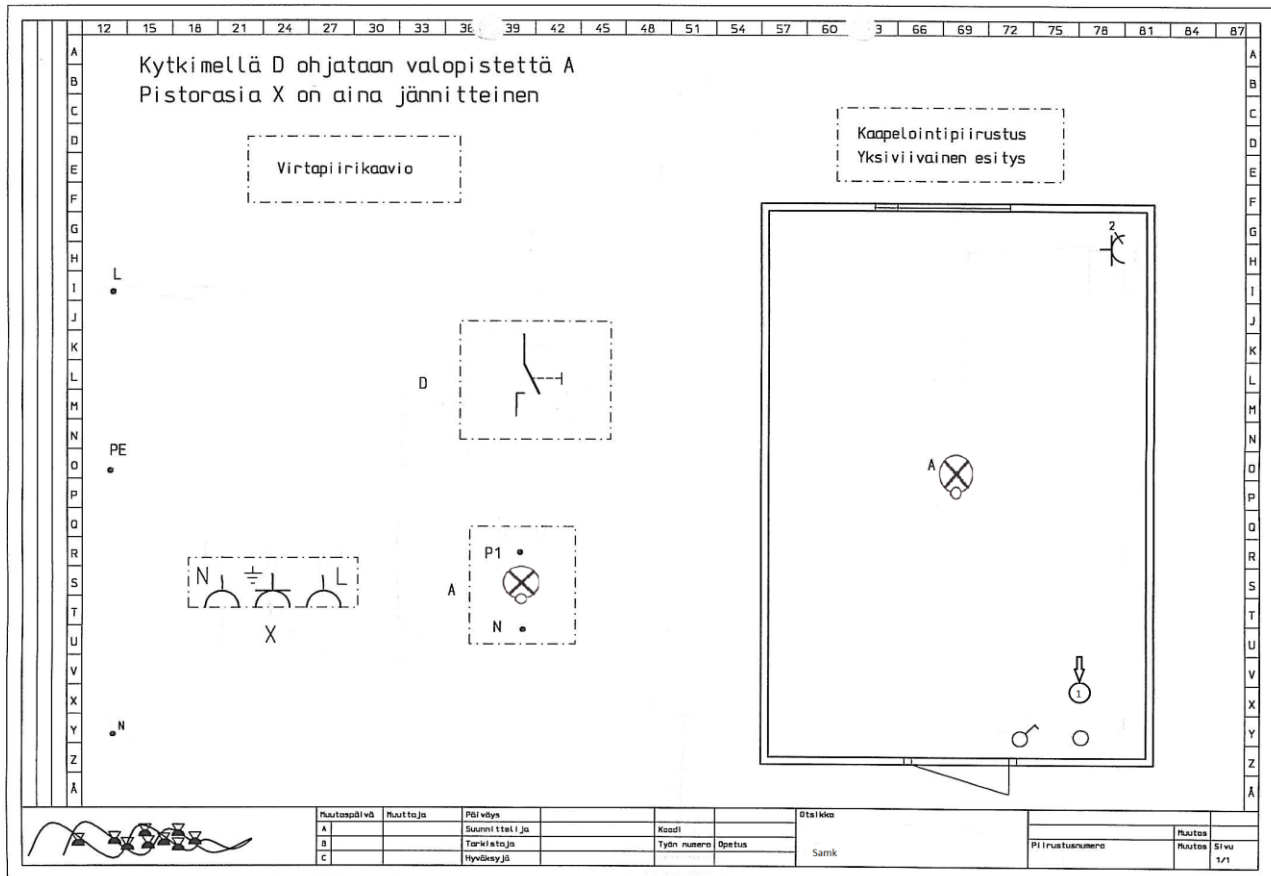
X

D

Huoltopöytä		Huoltaja		Pöytänope		Ostajako	
A							
B							
C							
Samk				Pöytänumero		Huolto	
						Sivu 1/1	

Kuva 8. Harjoitus 1.0

Harjoituksen seuraavassa vaiheessa on virtapiirikaavio ja kaapelointipiirrustuksen yksiviivainen esitys (kuva 9). Virtapiirikaavion johdotuksen pystyy hahmottamaan moniviivaesityksen pohjalta. Kaapelointipiirrustus on sama kuin tasokuva, johon opiskelija suunnittelee johdotusreitit ja merkitsee johtimet.



Kuva 9. Harjoitus 1.1

Kun opiskelija on tehnyt tehtävät opettajan hyväksymästi, hän aloittaa tekemään sähköasennuksia kuvien perusteella. Loput harjoitustehtävät ovat liitteissä 6-9 ja noudattavat samoja kaavoja. Muissa harjoituksissa käytetään erilaisia kytkimiä, ja pistorasioita laitetaan sarjaan. Suunnittelemani harjoitustehtävät ovat helppoja, jotta opiskelijat hahmottavat peruskytkentöjä. Lisäksi ne ovat pintakytkentöjä, koska harjoituskoppeissa pystytään tekemään ainoastaan pinta-asennuksia. Näitä harjoituksia opettajan on helppo muokata tarvittaessa.

6 YHTEENVETO

Sähkölaboratorion laajennuksen suunnittelussa ei ollut suurempia ongelmia, koska suunnittelukursseilla opitut asiat ja ammattikoulupohjani tekivät siitä helppoa. Pieniä ongelmia olivat muun muassa pohjapiirrustuksen tekeminen, koska sitä emme ole hirveästi käsitelleet sekä luokan pienuus, joka tuotti vaikeuksia, mutta lopputulokseen olen hyvin tyytyväinen. Laajennuksen myötä Samk pystyy tarjoamaan opiskelijoille monipuolisempaa opetusta ja samalla pystytään rahallisesti säästämään ulkoisten palveluiden ostossa. Parhaimman hyödyn tästä projektista saavat tulevat opiskelijat, jotka sisäistävät näin nopeammin sähköasennuksia ja käyttöönottomittauksia. Harjoitustehtävien mallitkaan eivät tuottaneet vaikeuksia, koska niiden piti olla mahdollisimman helppoja.

7 JATKOEHDOTUKSET

Uuden sähkölaboratorion valmistuttua on opettajien hyvä seurata opiskelijoiden kehitymistä ja verrata tuloksia vanhoihin tuloksiin. Opiskelijat ja opettajat voivat yhdessä keskustella käyttökokemuksista ja näin parantaa laboratorion hyötyjä. Opettajat voisivat luoda uusia harjoitustehtäviä, esim. valonsäätö (himmennin) kytkimen, liiketunnistimen tai hämäräkytkimen käytöstä. Opettajat voisivat myös suunnitella erilaisia harjoituksia putkitusseinälle.

Kun uusi sähkölaboratorio on saatu toimimaan ja käyttökokemusten tulokset ovat tulleet, voisi sitä laajentaa vielä seuraavalle tasolle. Viereinen luokkatila on tyhjillään ja sinne voisi rakentaa sähköputkitusta varten oman harjoituspaikan. Koulua varmasti kiinnostaa vieläkin laaja-alaisempi opetusympäristö omissa tiloissaan. Samalla koulu voisi tarjota tulevaisuudessa jollekin tähän aiheeseen liittyvän opinnäytetyöaiheen.

LÄHTEET

Kauppila, J., Tiainen, E., Ylinen, T. 2010. Sähköasennukset 3. Espoo:Painokurki.

Raiski, J. 2010. Sähköasennusten käyttöönottomittaukset. Viitattu 22.5.2013.:
http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/7488/Insinoorityo_raiski_10_2_2010.pdf?sequence=1

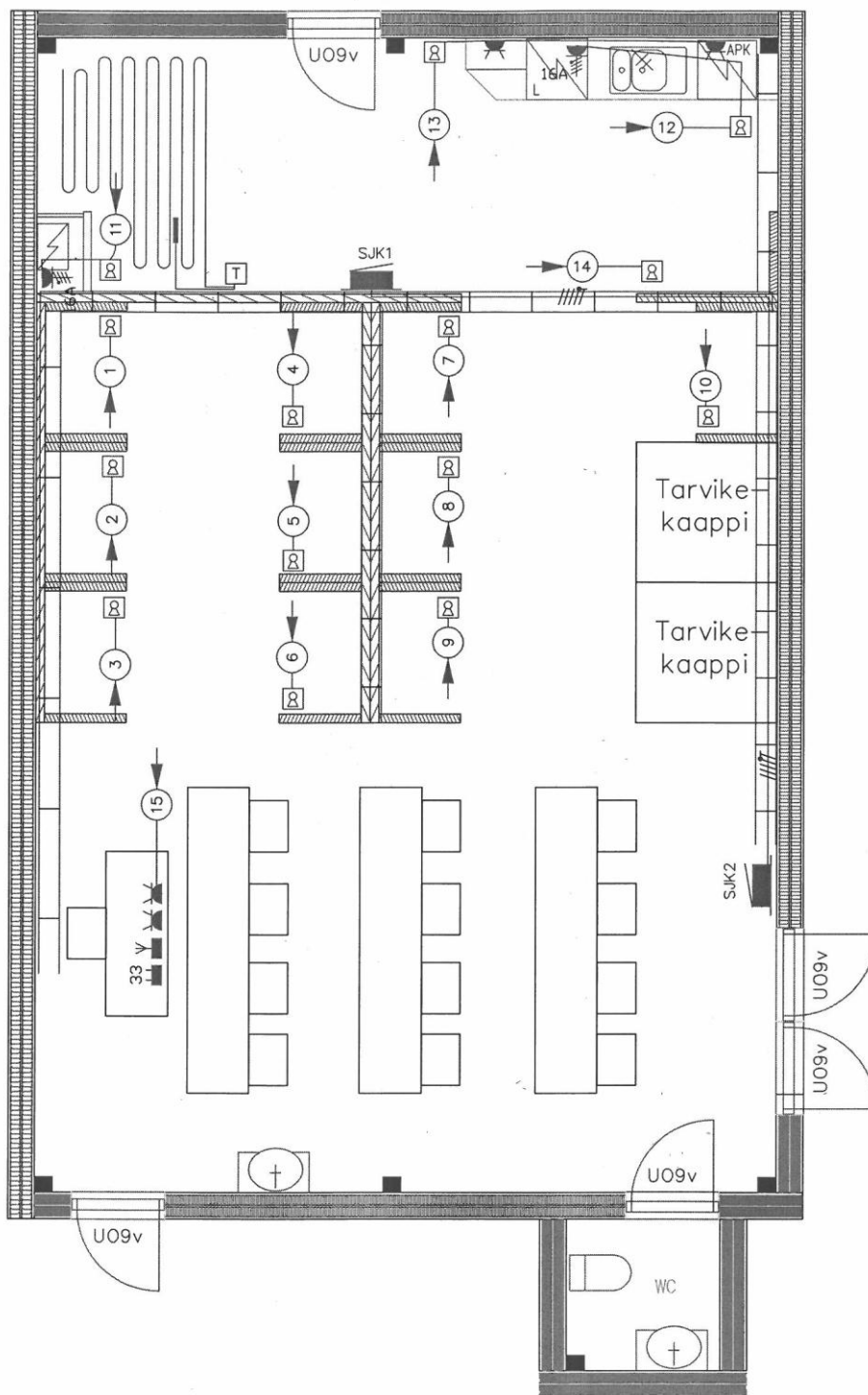
Samk:n www-sivut. 2013. Viitattu 22.5.2013.:
<http://salabra.tp.samk.fi/> ja <http://www.samk.fi/samk-esittely> ja
<http://www.samk.fi/opetussuunnitelmat?s=opiskelijat&c=8> ja
https://samk.solenovo.fi/opsnet/disp/fi/ops_OpetTapTeks/tab/tab/sea?opettap_id=7193590&opettap_kohde=&soleid=d6f7c65008af30f117fdd90bf2a505c6&stack=push

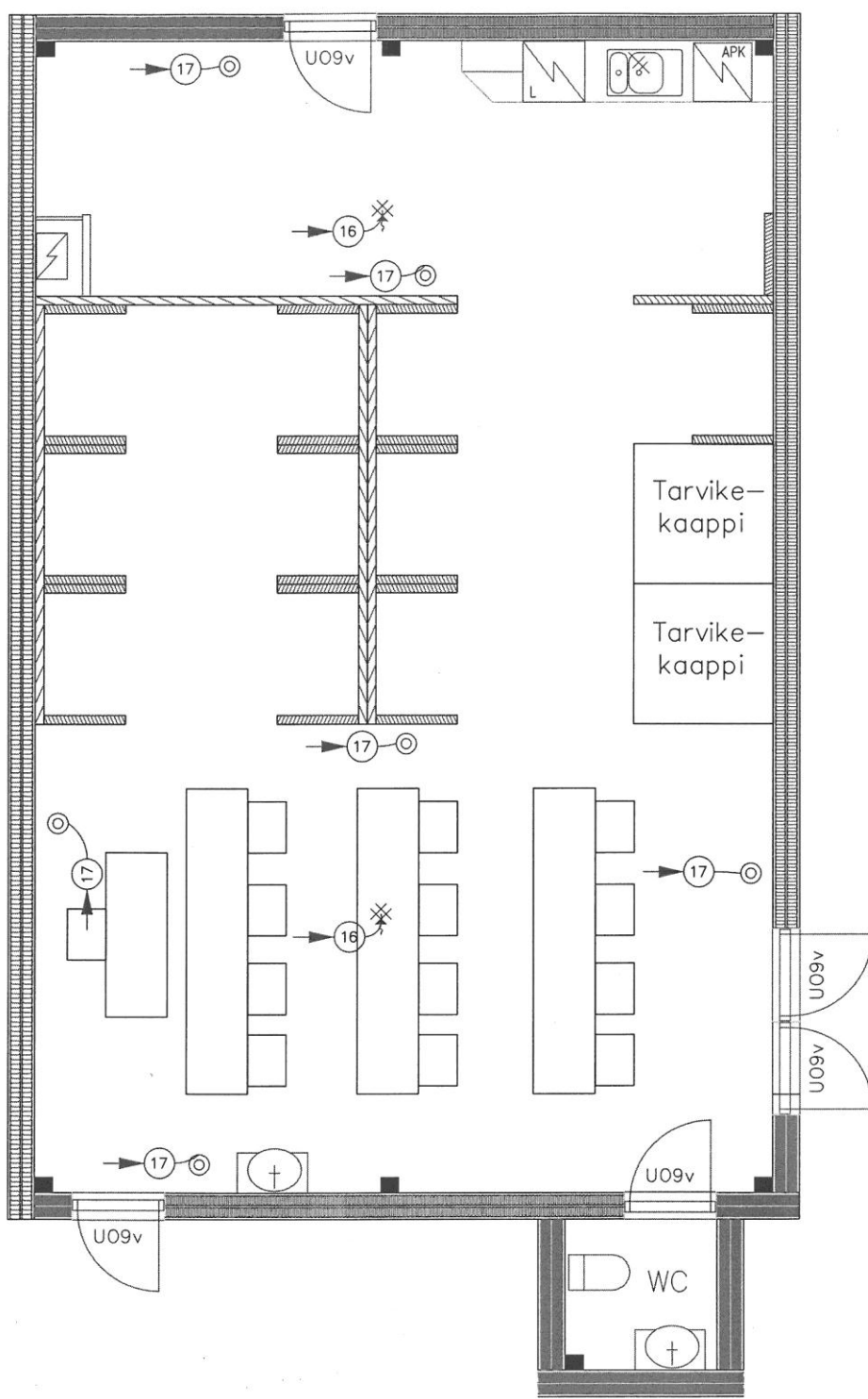
Suomen standardoimisliitto SFS. 2012. SFS-käsikirja 600-1. Helsinki: SFS.
Sähköasennukset. osa 1: SFS 6000 pienjännitesähköasennukset

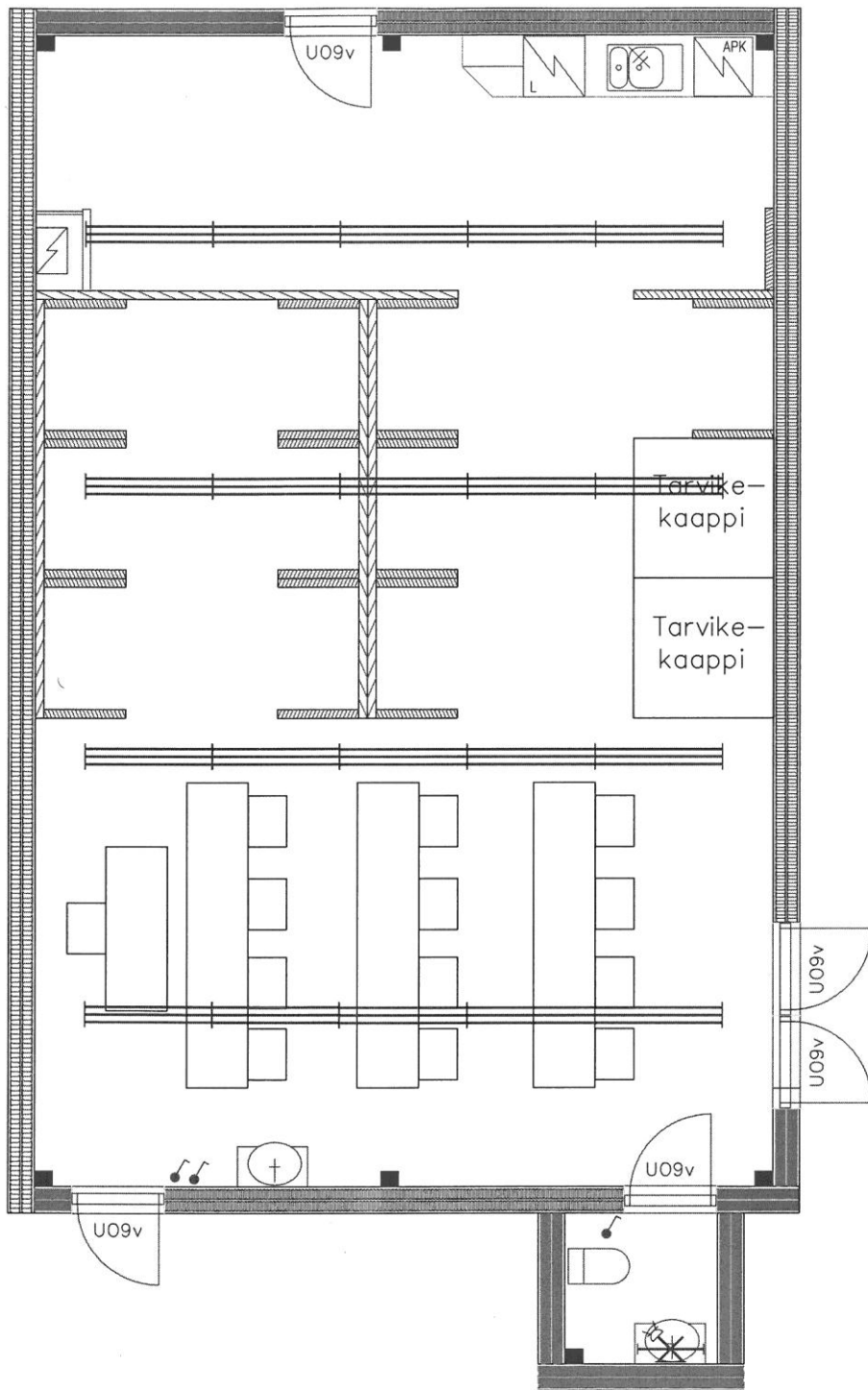
Tukes:n www-sivut. 2013. Viitattu 22.5.2013.:
<http://plus.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/19960410/P6>

VirtuaaliAMK:n www-sivut. 2013. Viitattu 22.5.2013.:
<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030503/1134129294081/1134132211537/1134133769735/1134134146766.html>

VirtuaaliAMK:n www-sivut. 2013. Viitattu 22.5.2013.:
<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030503/1134129294081/1134132189695/1134132345222/1134133061257.html>







(Suomen standardisoimisliitto SFS 2012, 373.)

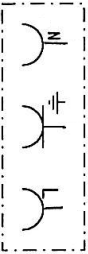
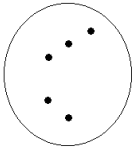
Jakokeskusta koskevat tiedot (1)										Väite:		Valmistaja													
Kuvaus:		Mitotusvirran, I_n		A		Taajuus:		Hz		IP koteloiluokka:		Jakokeskukseen oikosulunkestävyys, I_{cw}		KA											
Pääkeskus (6)										Oikosulunkestävyys KA		ROD: mA		I_{cp} : KA (2)		Z_s : Ω		Syyttö jakeluverkosta Poikkipinta: L= PE= mm ² mm ²							
Suojäläite:										Tyypit:		Arvot, I_n :		A											
VIRTAPIIRIEN TIEDOT										TESTITULOKSET															
Piirin no.	Kuvaus Syytetty tila	Pisteiden lukumäärä	Tolmitto	Liitetty kuorma	Kaapeliyöhdin. Tyypit	Piirin suojaus		Piirin arvot	Eristysresistanssi			Vikavirtasuojat			Kosketusjännite	Napaisuus-testi	PE-jätkuvuus	Huomautukset							
						PPA-L/PE	I_n (A)		Z_s	I_p (A)	MΩ	I_n	I_{An}	t_{ta}											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
				(5)			(9)																		

Huomautukset	Lyhenteet	Toimintokoodi (sarakeeseen 4)
(1) Valmistajan antamat tiedot, arvokilpi, tekninen dokumentointi)	L Äänijohdin, Valtijohdin	KL Kettolaitteet
(2) Mittamalla tai laskemalla	t_{ta} Vikavirtasuojan testattu toiminta-aika	LVV Lämminvesivaraaja
(3) Kirjoita K, jos täyttää vaatimukset tai EI, jos ei täytä	Z_s Vikavirtapiirin impedanssi	PR Pistorasia
(4) Tarvittaessa pitää tehdä täydellinen testaus mukaan luettuna kosketusjännite ja toiminta-aika mitoituksella	PPA Poikkipinta-ala	LL Lattialämmitys
(5) Kirjoita vastaava toimintakoodi (katso jäljempänä)	I_{cp} Prospektiivisen oikosulkuvirran arvo keskukseen pääkiskoissa, tehollisarvo	L Lämmitys
(6) Vain, jos jakokeskus ei ole kytketty suoraan liittymiskohtaan	I_p Mitattu oikosulkuvirta ryhmäjohtoon päässä. Pistorasiapirreissä mitaus tehdään kaikissa pistorasioissa ja kirjataan vain huonoin tapaus.	LP Lämpöpumppu
(7) Testipainikkeen kokeylu	I_{cw} Laitteen oikosulunkestävyys	
(8) Vaaditaan vain kun on asennettu lisäpotentiaalintasaus kohdan 415.2 mukaisesti		
(9) Kirjataan liitetty kuormitus, jos ne ovat tiedossa		

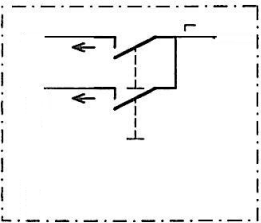
Kytkimellä ohjataan valopistettä A. X on aina jännitteinen

Johdotuspinnustus
Yksivivainen esitys
Monivivainen esitys

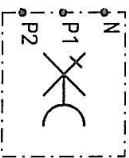
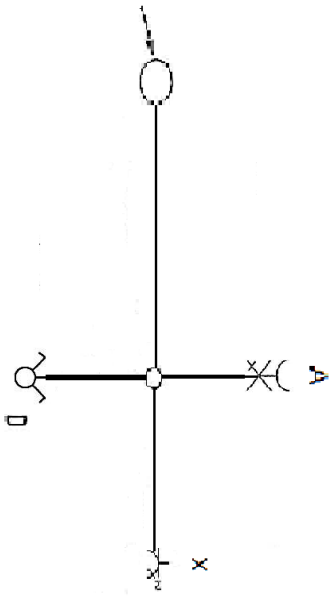
N
PE
L



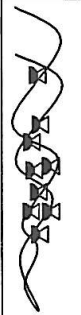
X



D



A



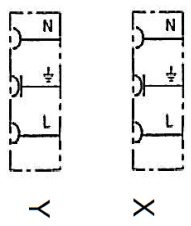
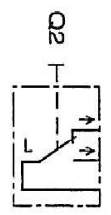
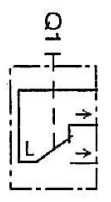
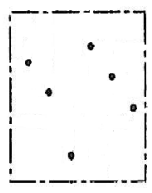
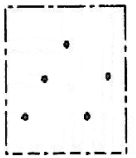
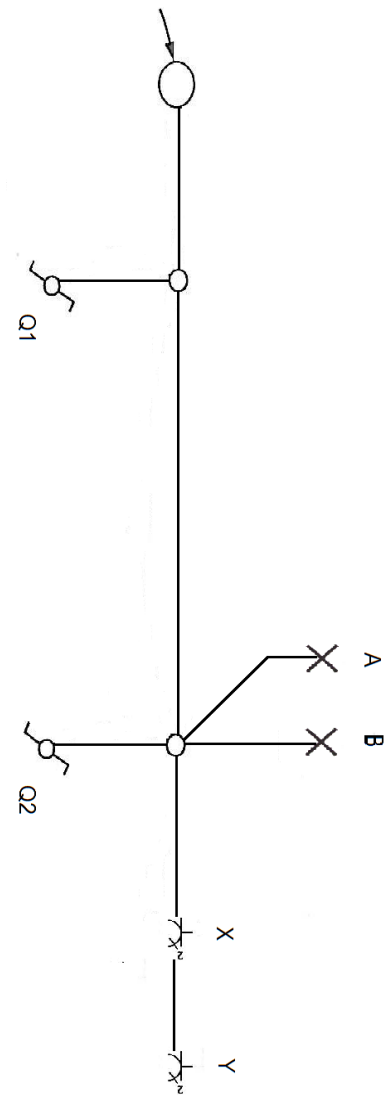
Käyttöpäivä		Käyttäjän	Riivipöytä		Koodi		Otsalike	
A			Suunnittelija		Työn numero		Sähkö	
B			Tarkistaja		Opetus			
C			Hyväksyjä					

Piltakuvan numero		Kuultoa sivu
		1/1

Kytkimillä Q1 ja Q2 ohjataan lamppeja A ja B

Pistorasiat X ja Y ovat aina jännitteisiä.

Johdotuspiirustus
Yksivivainen esitys
Monivivainen esitys



PE —
N —
L —



Huutokeppi vä	Kuultaja	Pöytävaiva	Kaikki	Qistikka	PII:n tunnusnumero	Kuultaja
A		Saunni teell. ja		Samk		kuultaja
B		Tarkistus				kuultaja
C		Hyväksytyt				kuultaja

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	X	Y	Z	A
12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	81	84	87

Pienimmät toimintavirrat johdonsuojakatkaisijoille ja vaaditut mitatut arvot				
Nimellis- virta A	B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A
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

(Raiski 2010.)

Pienimmät toimintavirrat gG-sulakkeille ja vaaditut mitatut arvot				
Nimellis- virta A	gG-sulake 0,4 s A	Vaadittu mitattu arvo A	gG-sulake 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	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	840	1050	425	531,3
100	1000	1250	580	725
125	1450	1812,5	715	893,8
160	1600	2000	950	1187,5
200	2100	2625	1250	1562,5
250	2800	3500	1650	2062,5
315	3700	4625	2200	2750
400	4800	6000	2840	3550
500	6400	8000	3800	4750
630	8500	10 625	5100	6375

(Raiski 2010.)