

Olli Hyytiäinen

Sähkökonelaboratorion uudistaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

3.6.2013

Tekijä Otsikko	Olli Hyytiäinen Sähkökonelaboratorion uudistaminen
Sivumäärä Aika	50 sivua + 5 liitettä 3.6.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	sähkövoimatekniikka
Ohjaaja	teknologiapäällikkö Arja Ristola
<p>Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin Metropolia Ammattikorkeakoulun Albertinkadun 40-42 toimipisteen sähkökonelaboratorioon uudistuksia. Uudistukset suunniteltiin tilan vanhalla kalustolla ja laitteistoilla. Metropolia Ammattikorkeakoulu on keskittämässä toimintojaan neljään kampukseen ja toiminta Albertinkadulla loppuu. Tästä syystä mitään suuria uudistuksia ei kannata tiloissa tehdä, joten tämän työn näkökulmaksi otettiin salin sähkötyöturvallisuus.</p> <p>Sähkölaboratorion uudistamisen suunnittelu aloitettiin palaverilla yhdessä Metropolian sähkötekniikan opettajien kanssa. Tästä saatiin työlle suunta, jonka avulla suunnittelua lähdettiin tekemään.</p> <p>Suunnittelussa perehdyttiin aluksi standardeihin ja määräyksiin, jotka määrittelevät työskentelyä sähkölaboratorioissa ja sähkötyöturvallisuutta. Standardien avulla ja laboratorio-insinöörien kanssa laboratoriossa suoritetun katselmuksen perusteella suunnittelua vietiin eteenpäin. Koska suunnittelu uudistuksesta päätettiin tehdä tilan nykyisellä kalustolla, kohdistettiin uudistusten suunnittelu laboratorion yleisen järjestyksen kehittämiseen, uusien mittauspisteiden suunnitteluun, koneturvallisuuteen ja tilan muunneltavuuden parantamiseen sähkötyöturvallisuuden näkökulmasta. Työssä tehtiin <i>layout</i>-kuvat nykyisestä laboratorion tilasta ja uudistuvasta tilasta.</p> <p>Työn lopputuloksena saatiin suunnitelma uudistuvasta Albertinkadun sähkökonelaboratoriosta. Tässä työssä ei keskitytty uusiin laitehankintoihin eikä laboratoriokurssien uudistamiseen. Nykyisen tilan uudistaminen täytyy aloittaa pienistä asioista, joista tärkein on vanhojen laitteiden kunnan tarkistaminen ja tarpeettomien laitteiden hävittäminen ennen uusien hankkimista.</p>	
Avainsanat	sähkölaboratorio, sähkötyöturvallisuus

Author Title	Olli Hyytiäinen The reform of the Electical Machine Laboratory
Number of Pages Date	50 pages + 5 appendices 3 June 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructor	Arja Ristola, Technology Manager
<p>In this thesis, reforms in the electrical machine laboratory for the Helsinki Metropolia University of Applied Sciences Albertinkatu 40 - 42 premises were designed. All reforms were designed by using old machinery and equipment in the laboratory. Metropolia is focusing its activities on four campuses and the use of Albertinkatu will end. For this reason, major reforms in the laboratory should not be made and the focus of this thesis is electrical safety at work.</p> <p>The designing of reforms for the laboratory was started with meetings with electrical engineering teachers of Metropolia. This gave the work a direction to start the design.</p> <p>At first, standards and regulations that define the electrical work in the laboratories and electrical safety at work were studied. The design was taken forward with standards and with an audit, which was carried out in the laboratory by the laboratory engineer teachers. Because the design of the reform was made with the current equipment, the design of reforms in the laboratory was focused on the general order development, design of the new measuring points, machine safety and improving the status of adaptability from the point of view of electrical safety at work. The layout pictures on the current and the reformed laboratory were made in this thesis.</p> <p>The design resulted in a plan for a renewable electric machine laboratory on Albertinkatu. This study did not focus on new equipment purchases or renewal of the laboratory courses. The reform of the current laboratory needs to start with small things. The most important things are checking the condition of equipment and removal of unnecessary equipment before the acquisition of new.</p>	
Keywords	Electrical Laboratory, Electrical safety at work

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

1	Johdanto	2
2	Sähkölaboratoriotila oppilaitoksessa	3
2.1	Työskentely sähkölaboratorioissa	5
2.2	Muu työskentely tiloissa	6
3	Sähkötyöturvallisuus sähkökonelaboratoriossa	6
3.1	Sähkölaboratoriota koskevat määräykset	6
3.2	Sähkötyöturvallisuusorganisaatio	7
3.2.1	Sähkölaboratoriot ja -työsalit	7
3.2.2	Ilmoitusta vaativat sähkötyöt	10
3.3	Sähkölaboratorioiden turvallisuusjärjestelmät	10
3.3.1	Erotuskytkin	10
3.3.2	Hätä-seis-järjestelmä	11
3.3.3	Muu erottaminen	12
3.3.4	Vikavirtasuojakytkin	12
3.3.5	Pienoisjännitteet	13
3.3.6	Suojaerotus	13
3.3.7	IT-järjestelmä	15
3.4	Työn aikaisen sähköturvallisuuden valvonta	16
3.5	Tiloissa käytettävät työkalut, varusteet ja mittalaitteet	16
3.5.1	Henkilösuojaimet ja työvaatetus	16
3.5.2	Työkalut ja mittalaitteet	17
3.5.3	Tilapäiset liitännäsjohdot, mittausjohtimet ja mittapäät	18
3.6	Laboratorion turvallisuusmerkinnät, -ohjeet ja -varusteet	19

4	Nykyinen sähkökonesali	23
4.1	Tilan rakenteelliset ominaisuudet	23
4.2	Laboratorion kalustus	24
4.3	Opetuslaitteisto	25
4.4	Sähkötyö- ja koneturvallisuus	26
5	Uudistuva sähkökonesali	29
5.1	Uudet tilaratkaisut	29
5.2	Laitteiden dokumentointi	29
5.3	Kaluston uudelleen järjestely	30
5.4	Uusien työpöytien sijainti	31
5.5	Video-opetus	35
5.6	Nykyiset työpöydät	35
5.7	Tilojen muunneltavuus	38
5.8	Salin sähköturvallisuuden parantaminen	40
5.8.1	Mittalaitteet ja -johdot	40
5.8.2	Sähkötyö- ja koneturvallisuus	40
5.8.3	Turvakytkimet ja hätäpoistuminen	44
5.8.4	Ohjeet ensiavusta	46
5.8.5	Vaatetus	46
5.8.6	Laboratorioon perehdyttäminen	46
6	Yhteenveto	47

Liitteet

Liite 1. Vanhan tilan layout

Liite 2. Uusi tila layout 1.

Liite 3. Uusi tila layout 2.

Liite 4. Työ- ja sähkötyöturvallisuusvastuut koulutuksessa

Liite 5. Teklab-hinnasto

1 Johdanto

Tämä insinööriö on tehty Metropolia Ammattikorkeakoululle, joka on opiskelijamäärältään Suomen suurin ammattikorkeakoulu. Metropolia aloitti toimintansa vuonna 2008, kun Helsingin Ammattikorkeakoulu Stadia ja EVTEK-ammattikorkeakoulu yhdistyivät yhdeksi uudeksi ammattikorkeakouluksi.

Albertinkatu 40 - 42:een valmistui vuonna 1925 sähköteknillinen laboratorio, jonka kiinteistön suunnitteli arkkitehti Onni Tarjanne. Kiinteistön kuuluminen osittain museosuojelun piiriin asettaa tiloissa tehtäville muutoksille tiettyjä rajoituksia. Kaikkien rakenteellisten ja yleisilmeeseen vaikuttavien muutosten tekeminen on tiloissa kielletty, kuten ikkunoiden peittäminen esimerkiksi korkeilla kaapeilla ja tilasta puuttuvan, nosto-ovella varustetun lastauslaiturin rakentaminen.

Työssä suunnitellaan Metropolia Ammattikorkeakoulun Helsingin Albertinkatu 40 - 42:ssa toimivaan sähkökonelaboratorioon uudistuksia. Viimeksi laboratoriota on uudistettu useita vuosia sitten, joten tämän insinööriön tarkoitus on tarkastaa laboratorion nykytila ja pyrkiä uudistuksilla saamaan tilasta enemmän hyötytehoa irti.

Tässä työssä käydään aluksi läpi sähkökonelaboratorion määritelmä, laboratoriotoinnista oppilaitoksissa ja laboratoriossa työskentelyä koskevia standardeja ja lakeja. Koska tiloissa tehtävät muutokset ovat rajoitetut, työn painopisteeksi muodostui sähkötyöturvallisuus. Työssä ei keskitytty laboratorioskurssien eikä opetussuunnitelmien sisältöihin, vaan tilan uudistukset suunniteltiin paikanpäällä tehtyjen havaintojen pohjalta, sen vanhalle kalustolla. Työssä ei myöskään pyritty uudistamaan laboratoriota uusilla laitehankinnoilla, koska tilasta pitää saada ensin toimivampi kokonaisuus. Suunnitelluista uudistuksista tärkeimmät olivat tilan siivoaminen, vanhojen laitteiden ja koneiden toimintakunnon tarkastaminen, laitteiden inventaarionumeroiden päivittäminen, käyttämättömien ja epäkuntoisten laitteiden hävittäminen, sähkö- ja koneturvallisuuden parantaminen sekä uusien mittauspisteiden suunnittelu ja vanhojen työpöytien päivittäminen. Uudistamisessa täytyy saada ensiksi perusasiat hallintaan ja vasta sitten keskittyä mahdollisiin laiteinvestointeihin.

Normaalisti sähkölaboratorio toimii alle 1 kV:n jännitteellä. Sähkölaboratoriotilojen ja niiden sähköasennuksien vaatimukset on esitetty standardissa SFS 6000-8-803. Laboratoriotilojen asennuksista on kyseisessä standardissa esitetty vain ne kohdat, jotka sisältävät muutoksia standardisarjan muiden osien asettamiin vaatimuksiin. Standardin vaatimukset koskevat tiloja, joissa esiintyy kosketeltavana jännitteenä luokan II jännitteitä. Vaihtosähköllä $50 \text{ V} < U \leq 1\,000 \text{ V}$ ja tasasähköllä $120 \text{ V} < U \leq 1\,500 \text{ V}$. Pienjännitelaitteiden testauksessa voi kuitenkin esiintyä enintään 10 kV:n jännitteitä, joiden koskettamisesta aiheutuva virta saa olla enintään 10 mA. [1.]

Laboratorioon pääsy on sallittu ainoastaan riittävän ammattitaitoisilla henkilöillä. Maallikot pääsevät laboratorioon ainoastaan edellä mainittujen henkilöiden valvomina. Kulutiet on varustettava kilvillä, jotka kieltävät asiattomien henkilöiden pääsyn näihin tiloihin kuten kuvasta 2 nähdään. Sähkölaboratorioiden ovet on pidettävä aina lukittuina. Lukituksesta on varmistuttava tilojen ollessa tyhjillään.



Kuva 2. Asiattomilta pääsy kielletty

2.1 Työskentely sähkölaboratorioissa

Sähkölaboratoriotilaan on maallikoilla pääsy ainoastaan opastetun tai ammattitaitoisen henkilön seurassa. Standardin SFS 6000-8-803 mukaan sillä ei ole merkitystä, onko tilassa jännitteet kytkettynä vai ei, maallikoiden pääsy tiloihin on silti kielletty. Tämän takia laboratorion ovet tulee olla aina lukittuina, ja vain opastetuilla henkilöillä saa olla tiloihin pääsyyn oikeuttava avain. Ovet ja kulutiet on varustettava kilvillä, jotka kieltävät asiattomien pääsyn tiloihin.

Kaikki henkilöt on voitava tunnistaa (maallikko, opastettu henkilö tai ammattilainen), jotka pyrkivät tiloihin. Jos maallikot päästetään sisälle tiloihin, heidät on opastettava riittävän hyvin ja heitä tulee valvoa koko tiloissa oleskelun ajan. Opastuksessa on kerrottava riittävän hyvin yleiset käyttäytymissäännöt ja kaikkia annettuja ohjeita on noudatettava. Ohjeista tulee ilmetä mm. onko ruokien ja juomien vieminen tiloihin sallittua, saako laitteisiin ja erilaisiin kytkimiin koskea ilman valvojan lupaa, lisäksi on annettava tietoa laboratorion sähköisistä lisäsuojausjärjestelmistä, hätä-seis-järjestelmän toimintasta ja toimintaohje hätätilanteiden varalle. Myös ensiapupisteen ja alkusammutuskaluston sijainti on selvitettävä. [1. s. 13 - 15]

Työskentely laboratorioissa tapahtuu usein pienryhmissä. Ryhmät ovat töistä riippuen 1 - 4 hengen kokoisia. Opetuksen kannalta ihanteellisimman ryhmäkoon on todettu olevan 2 - 3 henkilöä. Suuremmissa ryhmissä opiskelu kärsii, koska kaikki eivät mahdu mukaan mittauksiin. Laboratoriotyöt ovat ensimmäisenä ja toisena opintovuotena tarkasti ohjeistettuja ja opastettuja. Näin pyritään perehdyttämään opiskelijat toimimaan turvallisesti laboratorioissa ja tutustuttamaan käytössä olevaan laitteistoon. Työohjeilla saadaan selvitettyä opiskelijoille työn kannalta tärkeät tehtävät ja tavoitteet. Mahdollisilla työtä koskevilla esikysymyksillä pyritään siihen, että opiskelija tutustuu ja valmistautuu etukäteen tulevaan mittaukseen. Mittauksiin tuodaan mukana myös etukäteen valmisteltu mittauspöytäkirja, jonka avulla on helppo ottaa kaikki tarvittavat mittaustulokset ylös. Kaikista töistä tehdään mittausten jälkeen raportointi, jonka tarkoituksena on selvittää miten työ onnistui. Tämä harjoittaa opiskelijoita tekniseen dokumentointiin, jota työelämässä tarvitaan.

Ammattikorkeakouluissa kolmannen ja neljännen vuoden laboratoriotöillä pyritään itenäisempään ja vapaampaan työskentelyyn. Työohjeissa on kuvaus suoritettavasta mittauksesta, mutta kytkennän määrittäminen jää työryhmän suunniteltavaksi. Laboratoriotöiden yhtenä tarkoituksena on tutustuttaa opiskelijat mittalaitteiden ja erilaisten koneiden turvalliseen käyttöön, koska työelämässä ei samanlaista tutustumisen mahdollisuutta laitteisiin yleensä ole. [2.]

2.2 Muu työskentely tiloissa

Sähkölaboratorio on erikoistila, jonka tulee säilyä vaaditussa kunnossa koko sen toiminnan ajan. Näin ollen ilman valvontaa tilaa ei saa käyttää edes väliaikaisesti mihinkään muuhun käyttötarkoitukseen eikä tilojen kautta saa olla maallikoille tarkoitettua läpikulkua. Vain tällä tavoin voidaan varmistua siitä, että tilat säilyvät vaatimustenmukaisessa kunnossa. Jos menetellään muulla tavoin, tulee tilassa tehdä käyttöönottotarkastus ennen niiden käyttöä uudestaan sähkölaboratoriona. Mahdollisesti voidaan joutua tekemään vielä varmennustarkastus, jonka voi tehdä riittävän pätevyyden omaava henkilö. Yleensä tämän suorittaa joko valtuutettu tarkastaja tai laitos. Kaikista tarkastuksista tulee tehdä pöytäkirjat.

Tiloissa työskentelevät voivat siivota tilat. Jos tilojen siivoamiseen käytetään ulkopuolisia siivoojia, heidät on koulutettava tilojen siivoukseen. Sähkötyöturvallisuusstandardissa on annettu siivoojille ohjeet turvallisista työskentelytavoista.[1, s.16.]

3 Sähkötyöturvallisuus sähkökonelaboratoriossa

3.1 Sähkölaboratoriota koskevat määräykset

Sähkötyöturvallisuus laboratoriossa koostuu mm. koneturvallisuuden, sähkölaitteistojen kunnan ja yleisen työturvallisuuden yhteydestä. Opiskelijoiden perehdytys sähkötyöturvallisuuteen ja laboratoriotyöskentelyyn aloitetaan heti opintojen alkaessa, koska oikeilla työskentelymenetelmillä ja riittävällä sähköopin tuntemuksella on suuri vaikutus turvallisuuteen. Työnantaja, sähkötöiden johtaja ja käytön johtaja vastaavat, että sähkötyöt ja sähkölaitteistojen käytöt ja huollot suoritetaan työturvallisuuslain, että sähkötyöturvallisuuslain mukaisesti.

SFS 6002:n liite Y on lähtökohtana laboratoriossa työskentelyyn. Liite Y on kansallinen lisäys työturvallisuusstandardiin, joka koskee mm. oppilaitosten sähkölaboratorioissa työskentelyä. Liitteessä on määritelty sekä valvovien opettajien että opiskelijoiden työskentelyn aikaiset vastuut. Sähköalan töitä koskevat sähkötyöturvallisuusstandardin SFS 6002:n lisäksi mm:

- työturvallisuuslaki 738/2002
- edellä mainitun perusteella annetut asetukset ja viranomaispäätökset
- sähköturvallisuuslaki 410/1996
- Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä 516/1996
- edellä mainitun muutos 1194/1999
- Työ- ja elinkeinoministeriön asetus N:o 351, sähköalan töistä annetun Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen muuttaminen
- SFS-standardi 6000-8-803
- sekä suurin osa SFS 6000-standardisarjasta.

Laboratorio tilojen tulee täyttää edellä mainittujen asetusten ja lakien vaatimukset. [3.]

3.2 Sähkötyöturvallisuusorganisaatio

3.2.1 Sähkölaboratoriot ja -työsalit

Sähkölaboratorio- ja sähkötyösalitilojen sähkötyöturvallisuusorganisaatio on rakenteeltaan samanlainen kuin työelämässä. Tiloihin on aina nimettävä kirjallisesti vähintään sähkötyöstä vastaava henkilö, joka on riittävän ammattitaitoinen. Hänen vastuullaan on, että sähkölaboratoriossa annettavasta koulutuksesta vastaavat aina riittävän pätevyyden omaavat opettajat. Ongelmia koulutuksesta vastaavien henkilöiden pätevyyksissä voi ilmetä, jos henkilö on saanut muun kuin varsinaisen sähkövoimatekniikan

koulutuksen. Tällöin täytyy varmistua, että henkilöllä on sähköalalta riittävä vähintään vuoden mittainen työkokemus. Kuvassa 3 s. 9 esitetään sähköturvallisuusorganisaation rakenne ja sähköturvallisuuden valvonta-alueet.

Oppilaitoksissa sähkötöiden johtajana toimii harvoin toimivan johdon edustaja eli rehtori tai apulaisrehtori, sillä sähkötöiden johtajaksi nimeäminen edellyttää henkilöltä tehtävän vaatimuksen mukaista sähköpätevyyttä (sähköpätevyys S1, S2 tai S3). Jos näin kuitenkin toimitaan, on sähkötyöturvallisuusorganisaatio helppo muodostaa, koska esimiehen ja alaisen välisissä suhteissa ei ole epäselvyyttä. Usein oppilaitoksissa sähkötöiden johtajaksi nimetään joku alan opettajista. Jos sähkötöiden johtaja on ns. riviopettaja, hän on sähkötyöturvallisuusorganisaatiossa kuitenkin osastonjohtajan yläpuolella.

Samalla henkilöllä voi olla useampikin sähkötyöturvallisuuden valvonta-alue. Yleensä oppilaitoksessa tämä tarkoittaa useiden eri sähkölaboratorioiden valvontaa. Jos tiloissa tehdään eri sähköpätevyysluokkia edellyttäviä sähkötöitä, tulee tehtäviin nimetyillä henkilöillä olla pätevyudet kaikkiin tehtäviin töihin. Tämä täytyy varmistaa ennen kuin henkilö nimetään tehtävään. Sähkötöiden johtajan tehtävänä on valvoa, että

- töissä noudatetaan voimassaolevaa sähköturvallisuuslakia ja sen pohjalta annettuja muita määräyksiä
- sähkötöitä tekevät henkilöt ovat riittävän ammattitaitoisia ja opastettuja tehtäviinsä.

Lisäksi hänen tehtäviin kuuluu

- huolehtiminen, että säännökset, määräykset ja ohjeet ovat henkilökunnan käytettävissä
- varmistaa, että sähköturvallisuusohjeisto on ajan tasalla
- olla työntekijöiden tavoitettavissa
- organisoida tiedonkulku sähkötöihin osallistuvien kesken
- käyttöönottotarkastusten organisointi

- henkilökunnan opastaminen mittalaitteiden käyttöön
- henkilökunnan sähkötyöturvallisuuteen liittyvän koulutuksen organisointi
- sähköturvallisuuksäädösten edellyttämä dokumentointi
- käytön opastuksen ja käyttöohjeiden järjestäminen
- henkilökunnan ammattitaidon varmistaminen rekrytoinnin yhteydessä.

Liitteessä 4 on esitetty tarkemmin työ- ja sähkötyöturvallisuusvastuut kaikille eri tahoille, jotka vastaavat sähkötyöturvallisuudesta oppilaitoksessa.



Kuva 3. Sähköturvallisuusorganisaatio

Jos rakennuksen sähköasennuksille on nimetty käytön johtaja, tulee kaikkien sähkölaboratoriossa työskentelevien olla tästä tietoisia. Tällöin on syytä kirjallisesti sopia eri toimijoiden tehtävät ja vastualueet. Oppilaitoksissa ja sähköalan yrityksissä kaikkien sähköalan työtehtäviin osallistuvien on oltava selvillä koko sähkötyöturvallisuusorganisaatiosta. Onkin suositeltavaa, että jo tiloihin perehdyttämisessä otetaan tämä organisaatio esille. On myös suositeltavaa laittaa kulloinkin voimassa oleva organisaatiokaavio yhteystietoineen esille sähkölaboratorioon. Näin saadaan nopeasti selville, kehen on ongelmatilanteessa otettava yhteys. [1.]

3.2.2 Ilmoitusta vaativat sähkötyöt

Jos kaikki työt ja harjoitukset tehdään sähkölaboratoriossa eikä tehtäviin kuulu asiakastöinä tehtäviä laitekorjauksia, ei varsinaisia sähköpätevyyksiä tarvita eikä erillistä ilmoitusta Turvallisuus- ja kemikaalivirastolle töiden tekemisestä silloin tarvita. Koska ilmoitusta TUKES:ille ei tehdä, on oppilaiden omien sähkölaitteiden korjaaminen tiloissa kiellettyä. Mikäli oppilaitoksessa tehdään KTMp 516/1996 § 11:n mukaisia sähköalan töitä, on työtä valvomaan löydyttävä riittävän pätevyyden omaava sähkötöiden johtaja, joka on ylimpänä vastuussa työtehtäviin liittyvistä sähköturvallisuusasioista. Hän voi delegoida organisaatiossa tehtäviä muillekin, mutta vastuuta hän ei voi delegoida kellekään muulle.

Jokaiselle työntekijälle, kuten opiskelijallekin kuuluu aina vastuuta vähintään omasta turvallisuudestaan ja omista toimintatavoistaan huolehtimisesta. Mikäli henkilö esimerkiksi toimii määräysten vastaisesti, voi ääritapauksessa tälle yksittäiselle henkilölle koitua jopa rikosoikeudellinen vastuu. Sähkötöiden tekemisestä oppilaitoksen pitää tehdä KTMp 516/1996 § 26:n mukainen ilmoitus TUKES:lle.

Jos oppilaitoksessa tehdään sähkötöitä asiakkaille tai työt kohdistuvat oppilaitoksen kiinteisiin asennuksiin tai oppilaitosyhteisön sähkölaboratorioiden ulkopuolisiin laitteisiin, oppilaitoksella pitää olla sähkötöiden johtaja ja edellä mainittu ilmoitus tehtynä. Myös sähkölaboratoriossa tehtävät korjaus-, muutos- ja huoltotyöt edellyttävät sähkötöiden johtajaa ja asianmukaista ilmoitusta TUKES:lle. [1.]

3.3 Sähkölaboratorioiden turvallisuusjärjestelmät

3.3.1 Erotuskytkin

Sähkölaboratoriotilojen työalueelta täytyy standardin SFS6000 mukaisesti voida katkaista jännitteet. Erotuskytkimen (kuva 4,kts.seur.s.) pitää olla lukittavissa niin, etteivät opiskelijat pääse työskentelemään ilman valvontaa. Erillisissä harjoitustyöpisteissä vaatimus on yleensä helpointa toteuttaa lukolla varustetulla kytkimellä.

Jännitteet saa kytkeä takaisin päälle ainoastaan joku henkilökuntaan kuuluva. Sen vuoksi sijoitetaan hätä-seis-järjestelmän päällekytkentäpainike lukittuun tilaan tai tehdään kytkentäpainike avaimella ohjattavaksi. [1.]



Kuva 4. Erotuskytkin [4.]

3.3.2 Hätä-seis-järjestelmä

Sähköstandardisarjan SFS 6000:n mukaan opetuskäytössä olevassa laboratoriossa tulee olla laitteet, joilla jännitteet voidaan kytkeä nopeasti pois työskentelyalueelta. Hätäkytkentään käytettävien kytkimien luo tulee päästä helposti ja ne on oltava selkeästi tunnistettavissa. Tämän takia hätäkytkimenä käytetään punaista painonappia keltaisella taustalla (kuva 5). Niitä tulee myös olla riittävästi tilan kokoon nähden. [1.]



Kuva 5. Hätä-seis-painike [5.]

3.3.3 Muu erottaminen

Tilapäiskytkentöjen syöttöön käytettävissä virtapiireissä täytyy olla kytkentöjen läheisyydessä erotuskytkin. Erotuskytkimen tilalla voidaan käyttää myös enintään 16 A:n nimellisvirtaista pistokytöntä.

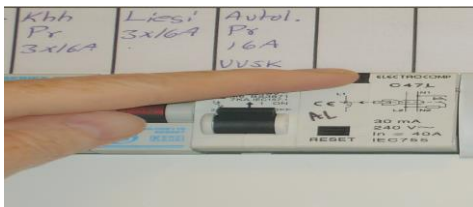
Jos testauspiirissä esiintyy jännitealueen II ylittävä jännite ($> 1\ 000\ \text{V AC}$ tai $1\ 500\ \text{V DC}$) tai muu vaarallinen jännite, joka voi jäädä vaarallisena varauksena laitteeseen sen jälkeen kun syöttö on katkaistu, testauspiiri on varustettava vaarasta ilmoittavalla kilvellä. Käytettävissä on oltava myös joko kiinteät tai siirrettävät työmaadoitusvälineet, joilla työmaadoitus voidaan suorittaa luotettavasti.

Jos käytetään automaattista varauksen purkupiiriä, sen on purettava varaus myös verkkojännitteen katkettua tai järjestelmä on varustettava vihreällä merkkivalolla, joka palaessaan ilmoittaa maadoituksen tapahtuneen.

Kaikki enintään 32 A:n nimellisvirtaiset pistorasiat on suojattava enintään 30 mA:n vikavirtasuojakytkimillä. Tätä ei tarvitse tehdä, jos pistorasiat on liitetty SELV- tai PELV-järjestelmiin, IT-järjestelmään tai suojaerotukseen. [1.]

3.3.4 Vikavirtasuojakytkin

Kaikkiin sähkökonesalin laitteiden syöttöihin voidaan käyttää syötön automaattista poiskytkentää. Tämä toteutetaan nimellisvirraltaan enintään 30 mA:n vikavirtasuojakytkimillä (kuva 6). Suojausta voidaan käyttää puutteellisesti kosketussuojatun laitteen syöttöön silloin, kun suojaerotusta ei ole mahdollista käyttää. Vikavirtasuojakytkimenä suositetaan käytettävien A-tyyppin laitteita. [1.]



Kuva 6. Vikavirtasuojakytkin [6.]

3.3.5 Pienoisjännitteet

Sähkölaboratoriossa on mahdollista käyttää pienoisjännitettä. Pienoisjännite on toteutettava joko SELV- tai PELV-järjestelmänä. Tällöin tilojen on täytettävä standardin SFS 6000 luvussa 411.1 esitetyt vaatimukset. Pienoisjännitteeksi luokitellaan tasajännite (DC) 120 V:n asti ja vaihtosähkö (AC) 50 V:n asti. Pienoisjännitteellisiä laitteita saa rakentaa, korjata ja asentaa ilman virallista sähköalan koulutusta. Pienoisjännitejärjestelmä on oppilaitoksissa hyvä ratkaisu, koska opiskelijat voivat työskennellä kyseistä jännitettä käyttäen itsenäisesti ilman valvontaa. [1.]

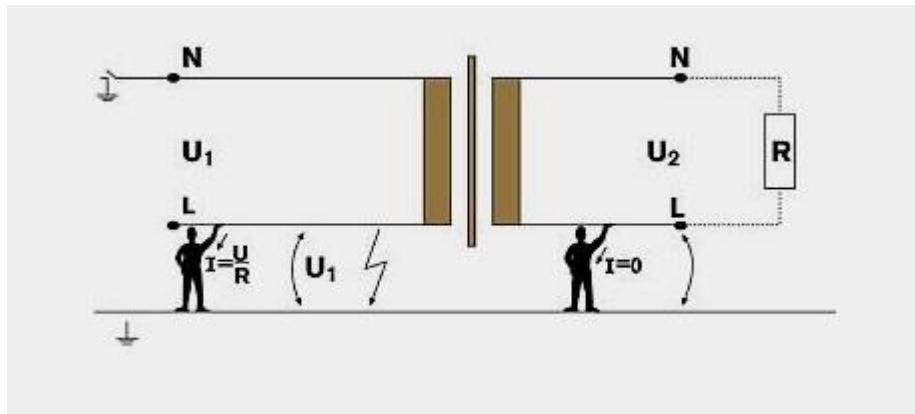
3.3.6 Suojaerotus

Suojaerotus tarkoittaa menetelmää, jossa sähköisten piirien välinen eristys vastaa kaksoiseristystä tai vahvistettua eristystä. Suojaerotus toteutetaan yleensä käyttämällä standardin mukaista suojaerotusmuuntajaa. Suojaerotus on ensisijainen puutteellisesti kosketussuojatun laitteen syöttämiseen käytettävä menetelmä. Tämä on ainoa tapa, jolla voidaan liittää suojausluokaltaan 0 oleva laite. Kuvassa 7 voidaan havaita, että suojausluokan 0 laitteessa suojaus sähköiskulta on ainoastaan peruseristysten varassa. Suojaerotukseen voidaan liittää vain yksi laite kerrallaan. Suojaerotukseen käytettävän muuntajan tulee olla standardien mukainen. [7. s. 564 - 565]



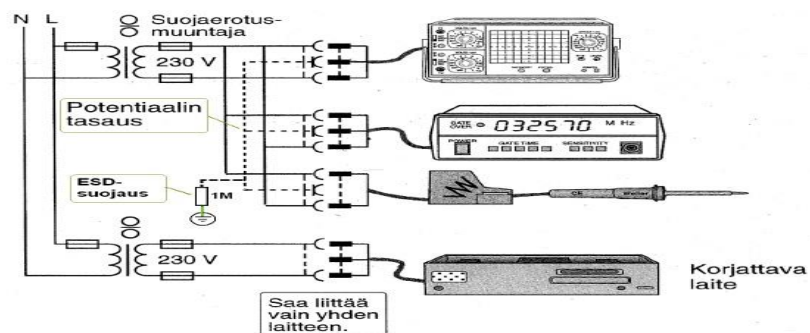
Kuva 7. Suojausluokan 0 sähkölaite [8.]

Suojaerotusmuuntajalla voidaan erottaa mittalaite syöttävästä verkosta. Suojaerotusmuuntajalla erotetaan sähkölaitetta syöttävä sähköverkon osa maasta. Tällöin vikavirtapiirin muodostuminen estetään käyttömaadoitusten kautta. Muuntaja on varustettava riittävällä oikosulkusuojauksella ja poiskytkevällä tai hälyttävällä ylikuormitussuojalla.



Kuva 8. Suojaerotusmuuntajan toimintamalli [9.]

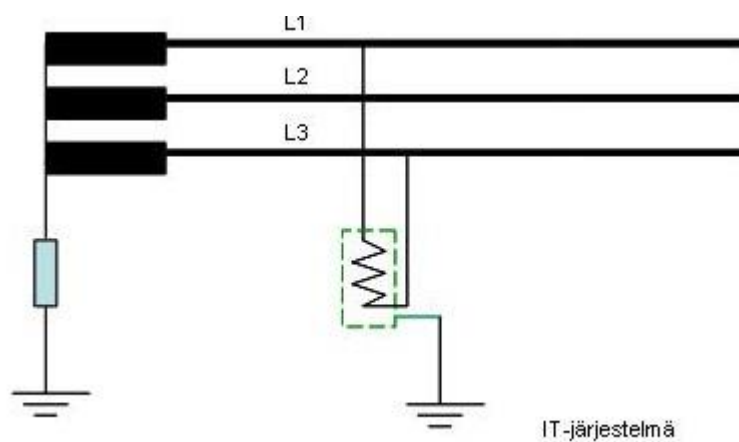
Kuvassa 8 on esitetty, miten suojaerotusmuuntaja toimii. Vasenpuoli voidaan ajatella syöttäväksi sähköverkoksi. Muuntajan toisiopuolelle kytketty laite on erotettu verkkovirrasta suojaerotusmuuntajalla ja näin estetään johtava yhteys maan ja vaiheen välillä. Suojaerotuksessa on muistettava, että sitä ei saa suojavaadoittaa. Kuvassa 9 esitetään sama tilanne, jossa korjattava laite on erotettu syöttävästä verkosta. [10.]



Kuva 9. Suojaerotusmuuntajan käyttö [10.]

3.3.7 IT-järjestelmä

IT-järjestelmässä molemmat pistorasiaan tulevat sähköä syöttävät johtimet on eristetty maasta. Näiden lisäksi rasiaan tulee myös PE-johdin eli suojamaadoitusjohdin. IT-järjestelmän tarkoituksena on mahdollistaa toiminnan jatkuminen, vaikka jossain laitteessa todettaisiin eristysvika, joka oikosulkisi jännitteellisiä osia maahan eli tässä tapauksessa laitteen runkoon. Yhden eristysvian jälkeen järjestelmä muuttuu tavallista viisijohdinjärjestelmää vastaavaksi, eli ensimmäinen eristysvika ei siis vielä polta sähköverkon sulaketta, joten virransyöttö ei katkea. IT-järjestelmä tulee rakentaa niin, että maasulkuvirta ei ylitä 10 mA. [1.]



Kuva 10. IT-järjestelmä [11.]

Kuvassa 10 on esitetty IT-järjestelmän rakenne. Järjestelmässä sähköverkon mikään piste ei ole yhdistettynä maan potentiaaliin eli käyttömaadoitus puuttuu tai muuntajan tähtipiste on yhdistettynä maahan suuren impedanssin kautta.

IT-järjestelmää käytettäessä järjestelmässä on oltava eristystilan valvontalaite. Valvontalaite voi aiheuttaa syötön poiskytkennän tai hälytyksen, mutta suositeltavaa olisi käyttää poiskytkentää. Poiskytkennän tai hälytyksen suositellaan toimivan, kun eristysresistanssi laskee alle 50 kilo-ohmin. Hälytyksen täytyy olla helposti havaittavissa. Hälytys annetaan sekä optisena että äänihälytyksenä. Hälytysääni saa olla kuitattavissa, mutta optisen hälytyksen tulee olla olemassa yhtä pitkään kuin vian. [12.]

3.4 Työn aikaisen sähköturvallisuuden valvonta

Sähköiskun tai valokaaren vaaraa aiheuttavissa sähköalan töissä täytyy jokaiseen työkohteeseen nimetä henkilö valvomaan työnaikaista sähköturvallisuutta. Tätä henkilöä kutsutaan työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojaksi. Hänen tulee olla itsenäiseen työhön kykenevä sähköalan ammattihenkilö. Valvoja osallistuu työhön tai tekee sen kokonaisuudessaan itse.

Työn aikaisen sähköturvallisuuden valvojan tulee itse olla kohteessa, jotta hän pystyy paremmin valvomaan turvallisuutta. Valvoja on nimettävä viimeistään siinä vaiheessa, kun sähkölaitteistoon ollaan kytkemässä jännitteitä. Valvojan tehtäviin kuuluu mm. ennen sähköalan työn aloittamista selvittää luotettavasti sähkölaitteiston rakenne, arvioitava työhön liittyvät vaaratekijät ja ryhdyttävä sähkötyöturvallisuuden kannalta tarvittaviin toimenpiteisiin. [13.]

Laboratoriotyöskentelyssä yksi opiskelija valitaan kerrallaan työn aikaisen sähköturvallisuuden valvojaksi, jonka tehtävänä on ennen jännitteiden kytkemistä varmistua kytkennän turvallisuudesta ja turvallisista työskentelymenetelmistä.

3.5 Tiloissa käytettävät työkalut, varusteet ja mittalaitteet

3.5.1 Henkilösuojaimet ja työvaatetus

Sähkölaboratoriotiloissa on käytettävä henkilösuojaimia yleisten työturvallisuusvaatimusten mukaisesti. Yleisimpiä suojavälineitä ovat ainakin silmä- ja kuulosuojaimet. Koneiden käyntiäänet voivat helposti ylittää 80 dB melutason, jolloin kaikkien työskentelyalueella olevien henkilöiden on käytettävä kuulosuojaimia. Silmäsuojaimia tarvitaan usein erilaisissa poraus-, hionta-, ja sahaustöissä sekä nesteitä käsiteltäessä. Kypärän käyttö ei yleensä ole pakollista laboratorioympäristöissä.

Jännitetyökäsineiden käyttöä tulisi suosia. Opastettuina henkilöinä opiskelijat voivat tehdä mittauksia avoimista jännitteellisistä kohteista, jolloin käsineiden käyttö on pakollista. Muissakin tilanteissa käsineiden käyttö lisää turvallisuutta.

Myös muita suojakäsineitä voidaan joutua käyttämään esimerkiksi käsiteltäessä happamia ja emäksisiä nesteitä. Suojakäsineitä saatetaan tarvita myös tilanteessa missä käsitellään pölyäviä tai lämpimiä materiaaleja. Esimerkiksi moottorin laakerin vaihtaminen on tilanne missä suojakäsineiden käyttö on välttämätöntä.

Työvaatetuksen täytyy soveltua kulloiseenkin työhön. Vaatetuksen tulee myös suojata likaantumislta ja vaaraa aiheuttavilta aineilta. Myös turvajalkineiden käyttö on suotavaa, mikäli salissa joudutaan liikuttamaan tai nostamaan painavia esineitä. ESD-turvavälillä alueella jalkineiden tulee suojata käytettäviä komponentteja rikkoontumiselta.

Oikeanlaisia hyväksytyjä työasuja tulisi käyttää laboratoriossa aina. Omien vaatteiden käytöstä saattaa aiheutua tiedostamaton turvallisuusriski. Suojavaatteiden käyttöäkin on harjoitettava, jotta niiden tärkeys korostuisi ennen todelliseen työympäristöön siirtymistä. [1. s. 27 - 28]

3.5.2 Työkalut ja mittalaitteet

Pienoisjännitteillä työskenneltäessä valitaan työkalut, jotka tehtävään työhön parhaiten sopivat. Turvallisinta on valita sellaiset työkalut, joita ammattilaisetkin käyttävät. Kun työskennellään myös pienjännitteillä, on suositeltavaa käyttää koko ajan nk. jännitetyökaluja, joiden kädensijat on suojattu eristävällä aineella.

Mittalaitteiden valinnassa täytyy ottaa huomioon niiden soveltuvuus laboratoriotiloissa työskentelyyn. Mittalaitteille on olemassa nk. CAT-luokitus (taulukko 1), joka määrää mittalaitteiden soveltuvuuden eri käyttökohteille. Tämä on hyvä tarkastaa ennen työskentelyn aloittamista.

Taulukossa 1 kerrotaan eri CAT-luokituksille soveltuvat käyttökohteet.

Taulukko 1. CAT-luokitukset [1. s.29]

Kategoria	Selitys
CAT IV	Syöttötaso, ilmajohdot ja maakaapelit
CAT III	Jakelutaso, jakelumuuntajan jälkeiset asennukset
CAT II	Paikallistaso, kannettavat laitteet, kodinkoneet
CAT I	Signaalitaso, tietoliikenne- ja elektroniikkalaitteet

3.5.3 Tilapäiset liitântä johdot, mittausjohtimet ja mittapääät

Jatkojohtoja tarvitaan usein erilaisten käsityökalujen ja mittalaitteiden sähkönsyöttöjen järjestämiseen. Tällöin puhutaan tilapäisistä liitântä johdoista. Laboratoriotilat luokitellaan kuiviksi ja lämpimiksi tiloiksi, mutta silti suositetaan käytettävän vain keskivahvoja tai vahvoja kaapelityyppejä. Kuvassa 11 nähdään siirrettävä työmaakeskus, jota käytetään usein laboratoriossa helpottamaan mittauksien johdotuksia. Jatkopistorasioiden ja pistotulppien valinnassa olisi hyvä käyttää työmaaolosuhteisiin hyväksytyjä tuotteita.



Kuva 11. ABB:n siirrettävä työmaakeskus

Suurissa mittauskokonaisuuksissa ja monimutkaisissa laboratoriotöissä joudutaan usein tilanteeseen, jossa käytetään tilapäisiä mittausjohtoja ja mittapäitä. Mittauskytkennät joudutaan usein tekemään nk. väliaikaisina kytkentöinä, jotta mittaus saadaan suoritettua loppuun. Tällöin tarvitaan erilaisia kytkentäapujohtoja ja -johtimia sekä mittapäitä. Oppilaitosten sähkölaboratorioissa ja muutenkin tilapäisissä kytkennöissä tulee

käyttää rakenteita, jotka on suojattu tahattomalta kosketukselta. Kuvassa 12 nähdään kosketussuojattu mittajohto ja kuvassa 13 kosketussuojattu mittapää, joita tulee laboratoriossa käyttää. Paljaiden naparuuvien käyttö on kokonaan kielletty.[1. s. 30 - 31]



Kuva 12. Kosketussuojattu mittajohto. [14.]



Kuva 13. Kosketussuojattu mittauspää. [14.]

3.6 Laboratorion turvallisuusmerkinnät, -ohjeet ja -varusteet

Sähkölaboratorioiden asennuksista on oltava ajantasaiset olevat merkinnät ja dokumentit. Työskentelypaikkojen pistorasiat on merkittävä siten, että merkinnöistä selviää mm. seuraavat tiedot: jännite, teho tai virta ja suojaustapa. Oppilaitosten sähkötekniiseen opetukseen käytettyjen laboratorioiden työskentelypaikoilla pitää lisäksi olla kaa-

vio työskentelypaikan sähkönsyötön järjestelyistä. Tämä on suositeltavaa myös sähkölaitekorjaamoissa ja muissa sähkölaboratorioissa.

Laboratorion ovissa tulee olla vaatimusten mukaiset merkinnät (kuva 2, ks. s. 4). Kuvassa 2 nähdään Albertinkadun sähkökonesalin sisäänkäynti varoituskilpineen. Ovessa on myös ilmanvaihtokoneen opaste, koska se sijaitsee laboratorion yhteydessä. Kuvassa 17 (s. 22) on yksi esimerkki varoituskilven oikeaoppisesta käytöstä laboratoriossa. Kyseistä varoituskilpeä käytetään usein tilanteissa, joissa halutaan ulkopuolisten pysyvän poissa kieltoalueelta turvallisuusriskin vuoksi.

Sisäpuolella tulee olla selkeät poistumisreitit opasteet ja -valaisimet. Tämä on ohjeistettu sisäasiainministeriön asetuksessa (805/2005). Jos työsalissa on vaarallisia rakenteita tai poistuminen estyy esimerkiksi sähköjen katketessa, pitää tilat varustaa riskialttiin työalueen valaistuksella.

Laboratoriosta täytyy myös löytyä erilaisia varoituskilpiä, joita käytetään työskentelyalueen rajaamiseen ja merkintään. Merkintään on oltava käytettävissä riittävä määrä kilpiä, varoitusmerkkejä, lippusiimaa ja varoitusteippejä. Esimerkiksi kuvan 14 mukaista kilpeä tulee käyttää silloin, jos mittaus joudutaan jättämään kesken. Kuvassa 14 näkyvä kolmio, jonka sisällä on musta salama, varoittaa yleisesti vaarallisesta jännitteestä. Vaatimus kilpien käyttämiseen tulee pienjännitesähköasennukset standardista SFS 6000 sekä valtioneuvoston päätöksestä työpaikkojen turvamerkkien käytöstä (976/1994).

Laboratoriosta tulee myös löytyä sähkötapaturman ensiapuohjeet (kuva 15), jotka on esimerkiksi Suomen Punainen Risti tarkastanut. Lisäksi sen läheisyydessä tulee sijaita myös hätäpuhelinnumero. Mitään ensiapuvälineitä ei sähkötyöturvallisuusmääräyksissä tiloihin vaadita. Ensiapupiste tulee merkitä kuvan 16 mukaisella huomiokilvellä. [1. s. 34]



Kuva 14. Varoituskilpi [15.]

SÄHKÖTAPATURMAN ENSIAPU

1 Tee nopea tilannearvio

2 Katkaise virta ja irrota loukkaantunut vaarantamatta itseäsi

- Katkaise virta kytkimellä, irrottamalla pistotulppa tai vastaavalla tavalla.
- Ei-eli virtaa saada nopeasti katkaistua, irrota loukkaantunut eristävällä välineellä, esim. kumilla laudanpötkällä, naruilla tai vaatteilla.
- Älä koskaan käytä irrottamiseen koettaa tai metallista esinettä.
- Suorannäkötapaturmissa et voi aloittaa varusteilla pelastustöitä ennen kuin sähköalan ammattihenkilö on katkaissut virran.

3 Tarkista autettavan tila

- Puhuttele häntä ja ravistele oikeapäästä. Jos hän ei vastaa eikä liiku, hän on todennäköisesti menettänyt tajuntansa.

Selvität ensilavun tarve

4 Hälytä apua... 112

- Jos potilas ei herää, soita ensin hätänumeroon 112.
- Hätänumeroon voit soittaa makuuta myös automaattisesti. Matkapuhelimesta sovitetaan ilman suuntanumeroa. Joillakin työvälineillä on myös hätänumeroita, jotka on tallon otettava hätänumeroon eteen, esim. 0-112.

Säilytä malttiai ja puhu selvästi:

- Kerro sähkötapaturmasta.
- Kerro, jos henkilö on vaarassa.
- Anna tarkka osoite ja tarvittaessa ajo-ohjeita.
- Vastaa kysymyksiin ja toimi ohjeiden mukaan.
- Lopeta puhelu vieste, kun saat siihen luvan.
- Palaa välittömästi jatkamaan ensiapua.

SOKIN ENSIAPU

Sokki vaikutus ilmenee sähkötapaturmassa, jossa virran voimakkuus ylittää 50 mA, mutta kesto on lyhyempi kuin sydänjako. Sokki oireet kehittyvät nopeasti:

- huimaus
- jano
- nopea ja pienenä tuntuva syke
- kalpea ja kylmänhikinen iho

Ilman ensiapua sokki kehittyä vaikeammaksi ja saattaa johtaa tajuttomuuteen.

Sokin elimistöille toimet haitalliset vaikutukset estetään oikealla ensiavulla:

- aseta autettava makuulle
- nosta jalat koholle
- huolehdi avun hälyttämisestä
- sokki potilas palelee - pidä hänet lämpimänä huovalla, takilla tai lämpöpeitteellä
- estä vaurioita rauhallisesti
- älä jätä sokissa olevaa yksin, ellei se ole välittömästi esimerkiksi avun hankkimiseksi

SÄHKÖTAPATURMIEN PALOVAMMAT

Sähkötapaturmassa onnettomuuden uhrin saa usein myös palovammoja. Iholla näkyvät, pinnallisen palovamman lisäksi sähkö aiheuttaa elimistön myös sisäisiä palovammoja, jotka voivat olla vaikkakin, etukäteen ne oireita havaittavissa.

Tavallisen, pinnallisen palovamman ensiapuna on jäähdyttäminen, mutta sähkötapaturmassa palovamma jää toteutettuihin uhrin elintoimintojen turvaamisen jälkeen. Jos kyseessä on elvytys, palovammalle ei ensivaiheessa tehdä mitään.

Silmien loukausta ehkäisee voimakkaalla vetokaarella voi seurauksena olla äkillinen häikäily. Kostaa kylmä kääre levittää kipua. Tarvittaessa on hakeuduttava jatkohoitoon.

5 Anna ensiapua

- Tarkista hengitys asettamalla käden selkään tajuttoman nenän ja suun eteen. Jos tunnet ilman virtauksen kädelläsi ja näet rintakehän liikkuvan, uhrin hengittää.
- Nyt voit asettaa uhrin kyliäseen hengityksen turvaamiseksi.
- Jos et havaitse elintoimintoja avun hälytyksen jälkeen, aloita elvytys.
- Käänä uhrin päälle taskukalpin ja puhalla suusta suuhun -menetelmällä kaikki tavalliset puhallustehänen keuhkoissa.
- Jos et tunne sykettä eikä näe muuta verenkierronmerkkejä, aloita myös paineluvelytys.
- Paina rintalastan alaosaa suurin läisäveren 15 kertaa.

Aloita elvytys

ELVYTYKSEN TOIMENPITEET ONNISTUVAT, JOS OLET HARJOITTELLUT NIITÄ ASIANTUUNTEVASSA OPASTUKSESSA.

Tee hätäilmoitus numeroon:

ENSIAPUSSA TARVITAAN HÄTÄKESKUKSEN, ENSIAPUA ANTAVAN AUTTAJAN JA AMMATTIAUTTAJAJEN YHTEISTYÖTÄ

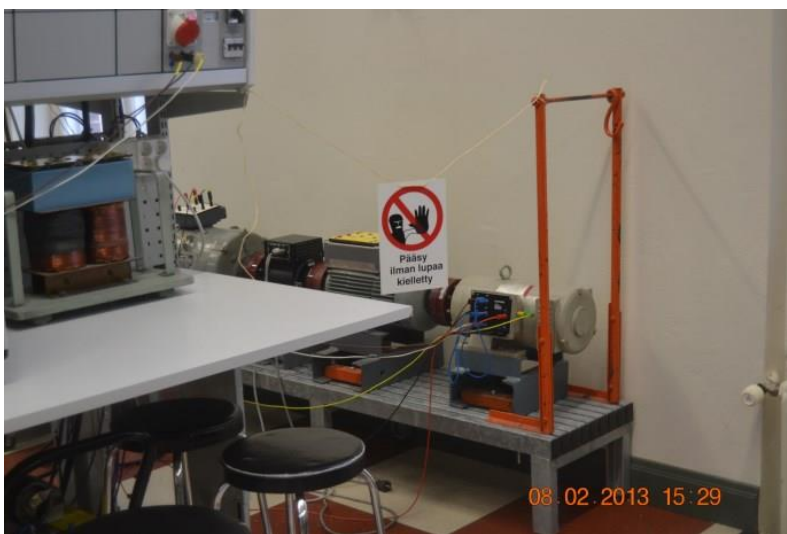
PIDÄ YLLÄ OPPIMASI ELVYTYSTAITO

Kuva 15. Sähkötapaturman ensiapuohje-kyllti [1.]



Kuva 16. Ensiapu [16].

Laboratorion tavaroille kuten ensiaputarvikkeille, varoituskilville, tilapäissuojille, esteille (ketjut ja lippusiimat) ja työkaluille on hyvä löytyä ihan omat säilytystilat, josta tarvikkeet on helppo noutaa. Näitä tarvikkeita valvomaan kannattaa valita joku henkilökunnasta vastuuhenkilöksi. Tarvikkeiden luovutus suositellaan tehtäväksi kuittausta vastaan. Näin ne pysyvät paremmin käyttökelpoisessa kunnossa ja tallessa.



Kuva 17. Pääsy ilman lupaa kielletty

Alkusammutuskaluston tulee olla paloviranomaisten määrittelemissä paikoissa ja oikealle asennuskorkeudelle asennettuina sekä selkeästi merkittynä (kuva 18). Niiden luotavuus täytyy olla esteetön pääsy. Palokaluston toimintakuntoa ja niiden sijainnin ilmaisevia merkintöjä täytyy valvoa. Palokaluston säännöllisellä ja oikeaoppisella huollolla on tositilanteessa ratkaiseva merkitys. Alkusammutuskaluston silmämääräisen tarkastuksen toimintakunnon varmistamiseksi voi jokainen tehdä, mutta laitteiston huollosta vastaa kiinteistönhuolto. [1.]



Kuva 18. Käsiammutin opaste [17].

4 Nykyinen sähkökonesali

Nykyinen sähkökonesali on tilana ahdas, joka aiheuttaa ongelmia mm. turvallisuuteen ja säilytystilan käyttöön. Koska tilaa on vähän, opiskelijat joutuvat työskentelemään hyvin lähellä toisiaan, jolloin työn aikainen sähkötyöturvallisuuden taso laskee. Laboratoriossa on myös paljon turhaa tavaraa, joka vaikuttaa tilan yleisilmeeseen ja laskee siten sen käyttöastetta. Uudistuksessa tilan käyttöastetta täytyy pyrkiä nostamaan, jotta useampi laboratoriomittaus voidaan suorittaa samanaikaisesti, jolloin tilasta tulee kustannustehokkaampi.

4.1 Tilan rakenteelliset ominaisuudet

Sähkökonesali sijaitsee Albertinkatu 40 - 42 kiinteistössä alhaalla luokassa B123. Tilaa on käytetty laboratoriotarkoitukseen jo Helsingin Teknillisen Oppilaitoksen ajoilta lähtien. Kuvassa 1 (ks. s 4) nähdään laboratorion yleisilme ylhäältäpäin kuvattuna. Laboratorio on 12m x 25m kokoinen tila, jossa lattiamateriaalina on käytetty muovipinnoitettua lastulevyä. Lattia on rakennettu neliön mallisista palasista, joista jokainen on avattavissa. Lattian alla kulkee tilan kaapelointi, josta on nostettu syötöt muun muassa työpöydille ja muutamalle alakeskukselle. Oppilaitoksen sähköpääkeskukselta sähkö on syötetty tiloihin nk. alakeskuksilla. Liitteessä 1 on Dialux-ohjelmalla tehty pohjakuva laboratoriosta ennen muutoksia.

Tilasta löytyy vanhanmallinen hallinosturi katossa, jolla mekaanisesti pystytään siirtämään tilan koneita ja laitteita sekä pituus- että leveyssuunnassa. Nykyisen tilan ongelmana ovat ahtaus ja laboratoriossa lojuvat käyttämättömät koneet, kaapelit ja mittalaitteet. Esimerkiksi kuvassa 19 (kts.seur.s.) nähdään miten salin perällä olevassa hyl-

lyssä on käyttämättömiä koneita ja epämääräisiä kaapeleita. Tämä vie pois hyödyllistä säilytystilaa laboratoriosta ja tekee yleisilmeen sotkuiseksi. Tämä tila voidaan muuttaa varastoksi.



Kuva 19. Säilytystilan hukkakäyttöä

4.2 Laboratorion kalustus

Laboratoriosta löytyy tällä hetkellä opiskelijoille kuusi työpöytä paikkaa eli 18 opiskelijaa pystyy samanaikaisesti tekemään mittauksia, mikäli työskennellään kolmen hengen ryhmissä. Työpöydät ovat Teklab nimisen yrityksen valmistamia (kuva 20). Yksi työpöytä paikka on varattu sähkölaitekorjaamon käyttöön. Työpöydät ovat vanhoja, mutta toimivia ja niissä olisi paljon vapaita moduulipaikkoja uusille toiminnoille.



Kuva 20. Teklab-työpöytä

Säilytystilaa löytyy laboratoriosta runsaasti, mutta se on heikosti hyödynnetty. Laboratoriossa on erilaisia avohyllyjä ja korkeita umpinaisia kaappeja. Ongelmana tämän hetkessä tavaran säilytyksessä on, että kaapit ja hyllyt ovat täynnä käyttämätöntä tavaraa, jonka takia kaappeja ja hyllyjä on käytössä enemmän kuin todellisuudessa tarvittaisiin. Kaikki nk. turhat kaapit lisäävät tilassa ahtauden tunnetta viemällä tarvittavaa hyötytilaa.

Tilasta ei myöskään löydy kunnollista ensiapupistettä ja pääsy osalle palonapeista ja hätä-seis-kytkimille oli estetty. Hätäpoistumistie on heikosti merkitty ja hätäpoistumistien alle oli pinottu rullakoita.

4.3 Opetuslaitteisto

Laboratoriossa on käytössä vielä jonkin verran analogisia virta- ja jännitemittareita. Toki uusiakin mittalaitteita on hankittu. Esimerkiksi pihtimittarit virranmittaamiseen ovat uusia, sekä digitaalisia yleismittareita löytyy jo runsaasti että uudenmallisia oskilloskooppeja ja funktiogeneraattoreitakin. Myös sähkönlaadun tutkimiseen löytyy uusia mittalaitteita. Ongelmana onkin suuri määrä käyttämättömiä mittalaitteita ja tarvikkeita. Kaapeissa on esimerkiksi Vamp-suojareleitä ja mittaussyksiköitä sekä valokaarisuojausjärjestelmiä, joita ei käytetä juuri mihinkään.

Käytössä olevat moottorit ja koneet ovat vanhoja, mutta toimivia. Kovin suurta konetta ei tilaan voida ottaa, koska syöttö on alimitoitettu. Esimerkiksi suurinta 25 kW:n moottoria ei voida ajaa täydellä kuormalla. Eniten tilaa vievä on vanha tahdistuspöytä sekä 70-luvulta oleva 3-vaiheinen muuntaja, joka painaa 610 kg. Siirrettävät säätövastukset ovat myös kookkaita.

Laboratoriosta löytyy myös paljon pienempiä käämejä ja muuntajia. ABB:ltä on hankittu paljon erilaisia taajuusmuuttajia, jotka ovat tehoelektronikan opetuksen kannalta tärkeimpiä laitteita. Yrityksiltä saadaan myös paljon erilaisia laitteita ja komponentteja lahjoituksina, mutta lahjoituksien vastaanotto kannattaa miettiä tarkoin. Mitään turhaa laitetta ei kannata ottaa laboratorioon lojumaan.

Laboratoriossa järjestettävää teoriaopetusta varten luokan työpöytien puoleisella seinällä on iso heitinkangas (kuva 21). Tämä on teorian opetusta varten ratkaisuna huono, koska seinällä olevalta kankaalta on opetusta vaikea seurata eikä istumapaikkoja voida kunnolla järjestää. Tämä pitäisi uudistuvassa oppimisympäristössä ottaa huomioon, koska reaaliaikainen teoriaopetus mittausten yhteydessä on opetusmielessä tärkeää.



Kuva 21. Valkokangas seinällä

4.4 Sähkötyö- ja koneturvallisuus

Monet mittaukset joudutaan suorittamaan eri ryhmien kesken hyvin lähekkäin työpöytien välillä, jolloin työturvallisuus vaarantuu. Tilan ahtauden vuoksi ryhmien väliset mittaukset häiritsevät toisiaan. Mahdolliset paukahdukset saattavat säikäyttää toisen opiskelijaryhmän, jolloin riski tapaturmalle kasvaa. Myös useat moottorit ja generaattorit sijaitsevat ahtaassa välissä työpöytien päädyissä, jonne joudutaan kurkottamaan ja koneiden pyörivät akselit ovat vapaasti näkyvissä. Kurkottamisen seurauksena on vaarana, että hiha tarttuu akseliin.



Kuva 22. Moottoriyhdistelmä luokan perällä

Luokan perällä olevassa koneessa (kuvassa 22) kiinni olevaan halkaisijaltaan 60 cm ja paksuudeltaan 5 cm umpiteräksiseen rautapyörään liittyy yksi suurimmista turvallisuusriskeistä. Moottoria ohjataan taajuusmuuttajan avulla, jolla säädetään pyörimisnopeudelle rajat, mutta on mahdollista syöttää maksimipyörimisnopeus yli sallittujen arvojen. Tällöin koneen edessä suojana on vain metallinen puomi, joka ei pidättele rautapyörää. Umpinaisen rautapyörän painoksi voidaan mittojen mukaan arvioida n. 110kg. Tämän kokoisen massan irtoaminen akselista aiheuttaisi sivullisille välittömän hengenvaaran.



Kuva 23. Vaakakone mittauspiste

Heti tämän taajuusmuuttaja ohjatun moottorin takana on vaakakoneet (kuva 23, kts.ed.s.). Tämä on kytkentöjen osalta yksi haastavimmista laboratorioissa tehtävistä mittauksista. Tähän mittaukseen liittyvät työturvallisuusriskit johtuvat siitä, kun kytkentöjä tehdessä joudutaan menemään pöytien välistä esimerkiksi takometrillä mittaamaan akselista koneen pyörimisnopeutta. Työpöytinä on käytetty tavallisia teräsrunkoisia pöytiä, joissa on pinnoitetut pöytälevyt. Vaakakoneilla suoritetuissa mittauksissa tarvitaan paljon mittajohtoja ja usein kytkennöissä johdot menevät toistensa kanssa vaarallisesti ristiin. Tällöin työskentelyn aikana johtoon kompastuminen voi pudottaa esimerkiksi kalliin tehoanalysaattorin lattialle ja rikkoa sen tai aiheuttaa opiskelijan kaatumisen, josta seurauksena saattaa olla henkilövahinkoja. Vaakakoneiden työpöydillä on usein myös mittaukseen kuulumattomia kytkentöjä, jotka haittaavat tehtäviä mittauksia.

Suurin vaaranaiheuttaja moottoreissa on suojaamattomat akselit. Kuvassa 24 nähdään oikeaoppisesti suojattu nivelakseli. Suojaukseen on käytetty avattavaa luukkua. Laboratorion koneista vanhimmat ovat 1970-luvulta ja niitä on käytetty paljon. Koneiden ikä alkaa olla jo niin korkea, että mahdollisia rikkoutumisia saattaa tapahtua. Koneiden kaikki liikkuvat osat tulee olla tahattomalta kosketukselta suojatut.



Kuva 24. Turvallinen nivelakselin suojaus

5 Uudistuva sähkökonesali

5.1 Uudet tilaratkaisut

Tilassa tehtävät muutokset ovat rajoitetut. Tila on ahdas ja siellä on paljon käyttämättömiä laitteita ja tavaroita. Tilassa opettavien laboratorioinsinöörin kanssa käydyissä keskusteluissa ja tilaan tutustumisessa päädyttiin ratkaisuun, että nykyiset työpisteet pysyisivät omilla paikoillaan kuten myös laboratorion perällä olevat UPS-laitteistot ja ABB:n moottorilähtökeskus, eikä työssä keskitytä uusien laitteiden hankintaan. Suurikokoisesta tahdistinpöydästä (kuva 26, kts.s.31) haluttiin päästä eroon ja sitä ollaankin siirtämässä nykyiseltä paikalta sivuun. Tilassa tehtävät muutokset ovat lähinnä käytön muunneltavuuden parantaminen ja uusien työpisteiden suunnitteleminen, sekä turhan tavaran poistaminen ja nykyisten tavaroiden uudelleen järjestely. Itse toteutus on tarkoitus suorittaa myöhempänä ajankohtana. (Ahoste, Kinosmaa 2013,18.)

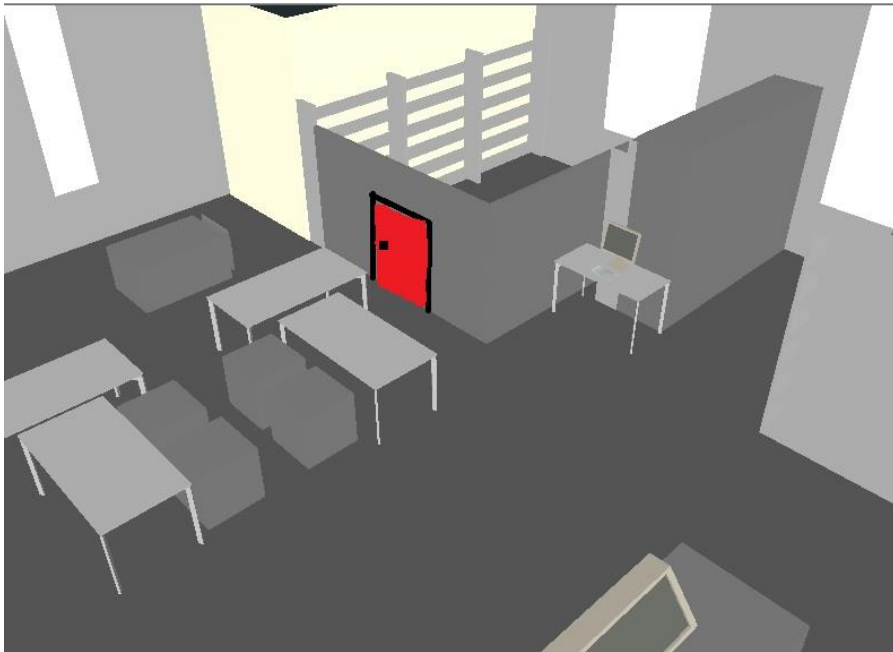
Uuden tilan layout-kuvissa (liite 2, liite 3) on esitetty mahdollisuus, jossa ABB:n moottorilähtökeskuksen ja IV-konehuoneen välisestä tilasta tehdään tavaravarasto, mikäli sen rakentamiselle saadaan lupa. Tila toimii tällä hetkellä tavaroiden säilytyspaikkana, joten siitä on mahdollista tehdä kevyellä rakentamisella suljettu tila. Mikäli kiinteistöstä vapautuu varastotilaa, on se hyvä saada laboratorion käyttöön.

5.2 Laitteiden dokumentointi

Ihan aluksi tila tulee siivota ja tavarat järjestellä paremmin. Kaikki koneet ja mittalaitteet pitää käydä läpi ja tehdä niistä kokonaan uusi dokumentointi. Kaikki käyttämättömät ja rikkiäiset laitteet poistetaan tiloista, jotta saadaan tilankäytöstä irrotettua lisää hyötytilaa opetuskäyttöön. Mittalaitteiden ja tarvikkeiden dokumentteihin merkitään tavaroiden sijainnin tarkka paikka, jotta ne löydetään nopeasti. Tarkalla dokumentoinnilla voidaan selvittää mahdollisten laitehankintojen tarve. Tällöin laitteiden kuntoa on helppo seurata ja rikkoontuneet laitteet saadaan nopeasti toimitettua huoltoon. Kalustolistan tekeminen yksinkertaisuudessaan onnistuu, vaikka Excel-ohjelmalla, jolloin sen päivittäminen onnistuu nopeasti ja lista pysyy jatkuvasti ajan tasalla. Samalla kaikkien laitteiden inventaarionumerot saadaan päivitettyä ja listattua ylös. Tämän hetkiset inventaarionumerot eivät ole ajan tasalla.

5.3 Kaluston uudelleen järjestely

Tavaroiden sijoittelu tulee miettiä kokonaan uudestaan. Laboratoriossa lojuu epämääräisiä tavaroita ympäriinsä ja osa säilytykseen tarkoitetuista hyllyistä ovat tyhjillään. Kaikki mittausvälineet ja työkalut tulee käydä läpi ja suunnitella niiden sijoittelu loogisesti. Laboratoriossa olevia sähkötyökaluja ja muita tarvikkeita, joita ei käytetä mittauksissa, on hyvä laittaa esille opetusmielessä. Kilville ja kieltotauluille tulee varata oma paikka säilytystilasta esimerkiksi luokan perältä, mihin on kuvassa 25 Dialux-ohjelmalla tehty hahmotelma uudesta varastotilasta. Varastotila on suunniteltu ABB:n moottorilähtökeskuksen taakse.



Kuva 25. Hahmotelma uudesta varastosta

Käytävillä olevien hyllyjen ja kaappien täyttäminen aloitetaan pääoven vierestä ja edetään siitä järjestyksessä. Samalla mittaustarvikkeet kategorisoidaan omiin ryhmiin. Tavaroiden sijoituksesta tehdään päivitetty kalustolista, mistä nähdään hyllyn numero, tarvikkeen numeroitu paikka, sekä uusi inventaarionumero. Näin kalustosta on helpompi huolehtia.



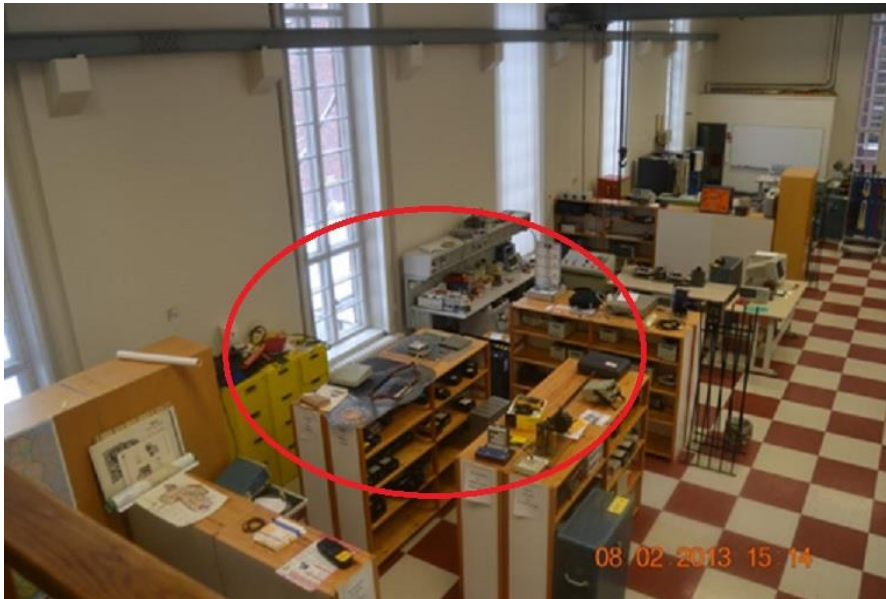
Kuva 26. Vanha tahdistinpöytä

5.4 Uusien työpöytien sijainti

Laatikostojen järjestystä muuttamalla tai ne kokonaan poistamalla saadaan kuvassa 27 näkyvän ympyröidyn alueen edusta vapaaksi, johon on mahdollista sijoittaa uusi työpiste. Kuvassa 27 (kts.seur.s) näkyvän nykyisen työpöydän ja uuden Työpöydän väli rajataan metallisella turva-aidalla, jolloin opiskelijoiden sähköturvallisuus paranee ja ryhmät eivät häiritse toisiaan. Tästä ratkaisusta nähdään Dialux:lla piirretty kuva s. 33 (kuva 28).

Työpöytien määrän lisäämisellä on monenlaisia vaikutuksia. Esimerkiksi suuritöiset laboratoriomittaukset vaativat usein etukäteen tehtyjä kiinteitä asennuksia töiden suorittamisen nopeuttamiseksi. Uusien työpisteiden lisäämisellä voidaan ryhmäkokoja kasvattaa tarpeen vaatiessa. Työpöytien määrän lisääminen nostaa myös tilan kustannustehokkuutta, kun tilassa on mahdollista pitää samanaikaisesti esimerkiksi kahta laboratoriokurssia tai toisen kurssin yhteydessä teettää jonkin muun kurssin rästitöitä.

Kun mittalaitteet ja koneet ovat siirrettävillä alustoilla, voidaan tätä tilaa pitää esimerkiksi nk. muunneltavana tilana, jossa opiskelijat voivat harjoittaa omia mittauksia sallittujen rajojen puitteissa. Tämä tuo mahdollisuuden nykyisten laboratoriokurssien laajentamiselle, kun laboratoriokursseihin otetaan uudeksi työkse oman mittauksen suunnittelu ja toteutus. Eli ts. opiskelijat suunnittelevat oman mittauksen, jonka uudessa työpisteessä sitten toteuttavat.



Kuva 27. Uuden työpisteen paikka

Kun vanha tahdistinpöytä (kuva 26, kts.s.29) siirretään pois, on mahdollista lisätä työpöytien määrää vielä yhdellä. Tällöin tahdistinmittaukset voidaan suorittaa edelleen nykyisellä paikallaan, mutta esimerkiksi käyttämättömänä olevat UPS-laitteet (kuva 30) saadaan helpommin käyttöön, kun johdotuksen matka lyhenee. Myös sähkökeskuksessa on vielä vapaita syöttölähtöjä jäljellä, joten uusien mittauksien toteuttaminen on senkin puolesta mahdollista.

Eli ts. laboratorioon on mahdollista rakentaa 2 - 3 uudelle työpöydälle tilat, jolloin on mahdollisuus saada UPS-laitteet, jotka esitetty kuvassa 30 s.34 ja ABB:n moottorilähtökeskus käyttöön kehittämällä niiden ympärille kokonaan uusi mittaustila. Uusien mittauksien suunnittelu on oma projektinsa.

Tarvittaessa laboratorioon on mahdollista lisätä työpisteitä kerralla useampiakin, kun pöydät laitetaan vastakkain pääkäytävän vasemmalle puolelle nykyisten työpisteiden mukaisesti. Tämä kuitenkin tarkoittaa, että käytettävien koneiden pitää tällöin olla pieniä, koska koneet sijoitetaan ikkunan viereen. Uudistetun tilan layoutiin (Liite 2) on piirretty hahmotelma kahden uuden työpisteiden paikasta ikkunan vieressä, joka nähdään myös kuvassa 28. Työpisteet ovat tällöin vierekkäin ja molemmat voidaan suojata metallisella turva-aidalla.



Kuva 28. Dialux-näkymä työpisteratkaisuista

Liitteessä kolme on esitetty toinen vaihtoehto työpisteiden sijoittamiselle. Tässä uudet työpisteet ovat vastakkain, kuten kuvassa 29 nähdään (kts.s.34). Kyseisessä tilanteessa moottorit sijoitetaan ikkunoiden eteen pöytien päähän. Albertinkadun laboratorioon on tilan ahtauden vuoksi mahdollista lisätä 2 - 3 työpistettä, jolloin tilaa jää vielä muuhun käyttöön.



Kuva 29. Dialux-näkymä uudesta tilaratkaisusta



Kuva 30. UPS-laitteistot

5.5 Video-opetus

Uudistetun tilan toisessa pohjakuva layoutissa (Liite 3) on hahmoteltu luokkatilan video-opetukseen uusi ratkaisu. Laboratorion nykyinen valkokangas seinältä korvataan nk. lattiamallilla, joka on liikuteltavissa. Myös videotykillä tehdään siirrettävä jalusta, jossa paikka myös kannettavalle tietokoneelle. Ratkaisu voidaan toteuttaa myös laajakuva television avulla, joka sijoitetaan siirrettävään kaappiin.

Tällöin voidaan teoriaopetusta järjestää mittausten yhteydessä nopeasti salin pitkällä käytävällä. Luokkaan hankitaan uusia istuimia, jotka voidaan siirtää käytävälle opetusta varten. Näin opiskelijat mahtuvat istumaan ja videota on helpompi seurata. Näin mittauksiin liittyviä ongelmia voidaan havainnollistaa videolta töiden suorituksen aikana, mikä tehostaa opiskelua.

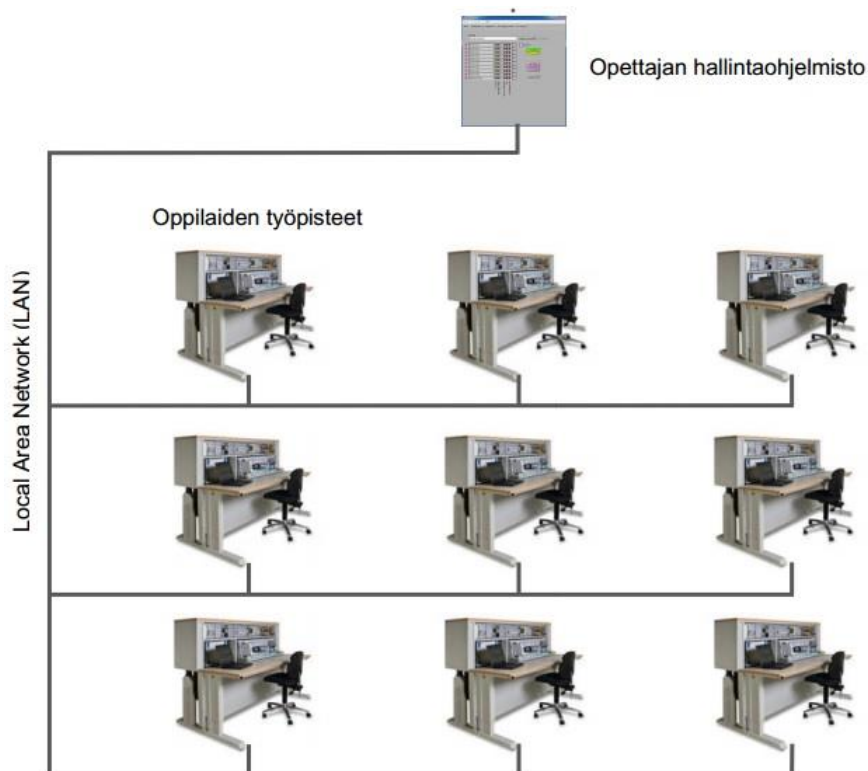
5.6 Nykyiset työpöydät

Työpöytien päivittämisellä on mahdollista saada laboratorion tekniikaltaan nykyaikaisempi kokonaisuus, joka on siirrettävissä muuton myötä uusiin tiloihin. Teklab nimisen yrityksen myyntijohtaja Hannu Siltalan mukaan Albertinkadun laboratorion työpöydät voi liittää suhteellisen helposti etähallintajärjestelmään, jossa työpöytien ohjaus tapahtuu opettajan tietokoneelta. Nykyisistä työpöydistä pitää vaihtaa vain syöttö- ja jännitelähde yksiköt uudempiin malleihin, joissa on WLAN-tuki sekä hankkia käyttöön sopiva ohjelma tarvikkeineen. Työpöytien runkoja ei tarvitse uusia, jolloin kustannukset ovat edulliset verrattuna kokonaan uusien työpöytien hintaan. Jännitelähteiden hallinnalla opettaja pystyy rajoittamaan työpisteiden virtarajoja, joka on sähköturvallisuuden kannalta merkittävä parannus. Virta-arvot voidaan myös lukita haluttuun kohtaan, jolloin ne pysyisivät samoissa lukemissa. Lukituksen muuttaminen tapahtuu opettajan koneelta. (Siltala 2013, 19.)

Kuvassa 31 (kts.seur.s.) esitetään laboratorion etähallintajärjestelmän toimintaperiaate. Etähallintajärjestelmässä opiskelijoiden työpisteet on ohjattavissa opettajan tietokoneelta. Uudessa järjestelmässä on paljon sähköturvallisuutta parantavia ominaisuuksia kuten ohjelmistollinen sähkönsyötönhallinta. Tämä järjestelmä vaatii opettajan antamaa kytkentälupaa ennen sähköjen kytkemistä työpöytiin. Kutsu-painikkeella opettaja pyydetään paikalle ongelmatilanteissa. Lisäksi järjestelmään kuuluu keskitetty turvallisuus-

testaus, jolla opettaja pystyy testaamaan kaikki luokan vikavirtasuojat ohjelmiston avulla sekä sähköjen sammutus toiminto, jolla opettaja voi sammuttaa sähköt kaikista työpisteistä ohjelmiston avulla. Ohjelmistoja löytyy useita erilaisia ja koko laboratorion ohjaaminen on mahdollista saada toimimaan myös älypuhelimilla sekä tarvittaessa laboratorion valvonta web-kameran kautta.

Tämän järjestelmän etuina on, että opiskelijoiden työskentely on entistä itsenäisempää, mutta kuitenkin turvallista. Samalla opettajat voivat tehdä muita töitä, kun opiskelijat suorittavat mittauksia omaan tahtiin sekä mittaustulosten käsittely helpottuu, kun valmiit tulokset ovat heti opettajan tarkasteltavissa, kun ne lähetetään sähköisesti. Tällä uudistuksella saadaan laboratorion nykyaikaisempi, joka motivoi oppimaan. [20.]



Kuva 31. Etähallintajärjestelmän toimintamalli [21]

Teklab:n myyntijohtajalta Hannu Siltalalta saadun hinta-arvion (Liite 5) mukaan yhden työpöydän uudistamisen kustannusarvio on seuraava:

- Syöttöyksikkö 1 534,00 EUR
- Laboratorion hallintaohjelmisto Basic 1 250,00 EUR
- Säädettävä AC-jännitelähde 0-250 VAC 1 211,00 EUR
- Ethernet-liitäntä LabView ajurilla ja käyttöliittymäohjelmistolla 305,00 EUR
- Ohjelmoitava tasajännitelähde 0-30 V 1 040,00 EUR
- Ethernet-liitäntä käyttöliittymäohjelmistolla 289,00 EUR
- Työpöytäruntoon 8-porttinen 1 G Ethernet-kytkin 354,00 EUR
- Yhteensä: 5 983,00 EUR.

Yhteensä yhden työpöydän muutuskustannukset ovat siis 5 983 euron luokkaa, joka ei sisällä kaapeloinnista ja asennuksesta aiheutuvia kuluja. Mikäli kaikki työpöydät uudistetaan yhdellä kertaa, saadaan laitteista varmasti jonkinlainen paljousalennus, jolloin kulut hieman laskevat. Tämä muutostyö on kuitenkin verrattuna kokonaan uuteen työpöytään edullinen ratkaisu. Kokonaan uusi työpöytä maksaisi n. 25 500,00 euroa. Tämän hetkisten työpöytien rungot (kuva 20, kts. s. 24) ovat kuitenkin hyvät ja niissä on paljon vapaita moduulipaikkoja, joten niitä on turha vaihtaa. Nämä ratkaisut on siirrettävissä myös uuteen kohteeseen, joten niiden modifiointia pystyy myöhemminkin jatkamaan. [20.]

5.7 Tilojen muunneltavuus

Laboratorio tilana on sellainen, että mitään suuria rakenteellisia muutoksia siellä ei voida toteuttaa. Se, mitä muunneltavuuden suhteen on tehtävissä, on järjestellä nykyistä kalustusta ja tehdä laitteista helpommin siirrettäviä. Kaikille moottoreille täytyy laittaa kärry tai lavetti alle, jotta ne ovat helposti siirrettävissä, kuten kuvasta 32 nähdään.



Kuva 32. Moottori kärryn päällä

Lavetin tulee olla sellainen, että se on pinontavaunulla (kuva 33) siirrettävissä. Suurin osa laboratorion koneista voi olla pyörillä varustettujen vaunujen päällä, koska ne eivät ole painoiltaan kuin muutamia kymmeniä kiloja. Suurimpien koneiden alle riittää trukki-piikeillä siirrettävissä oleva alusta (kuva 34). Albertinkadun sähkökonelaboratorioon uusia moottoreita hankittaessa ei kannata valita sitä painavinta, vaan moottoria valittaessa pitää miettiä sen liikuteltavuuden keveyttä. Esimerkiksi 7,5 kW sähkömoottori painaa n. 50 kg, jota voidaan vielä kärryillä helposti liikutella ja sillä saadaan kuitenkin demonstroitua sähkötekniikan ilmiöitä. Laboratoriossa tulee suosia käsin liikuteltavia vaunuja ja pyrkiä minimoimaan pinontavaunun käyttö.



Kuva 33. Pinontavaunu

Kaikki isot mittalaitteet ja taajuusmuuttajat tulee olla siirrettävissä telineissä. Työkaluja varten on hyvä hankkia liikuteltavia työkaluvaunuja, joissa laatikot on päällekkäin pinotavia. Näin ne voidaan siirtää sivuun, kun niitä ei tarvita.



Kuva 34. Siirrettävä moottorialusta

Tilan muunneltavuuden parantamisessa täytyykin keskittyä enemmän koneiden liikuteltavuuteen. Kiinteästi asennettuja kookkaita mittauskytkentöjä tulee välttää. Laitteistojen on oltava sellaisia, että niistä voidaan helposti rakentaa suuriakin mittauskokonaisuuksia, eikä koneiden siirtelyyn saa mennä tarpeettomasti aikaa.

5.8 Salin sähköturvallisuuden parantaminen

Koska Albertinkadun sähkökonesalin edellisestä suuremmasta uudistuksesta on kulu-
nut aikaa, ovat sähköturvallisuusmääräykset ehtineet muuttua tällä välin. Sen takia tätä
asiaa on hyvä tarkastella nk. opiskelijan näkökulmasta, jotta sähkökonesalin turvalli-
suutta voidaan parantaa ja mahdolliset vaaranpaikat saatetaan yleiseen tietoon. Säh-
köturvallisuus on aina sekä opiskelijoiden että henkilökunnan yhteinen asia.

Kaikki isot mittalaitteet ja taajuusmuuttajat tulee olla siirrettävissä telineissä. Työkaluja
varten on hyvä hankkia liikuteltavia työkaluvaunuja, joissa laatikot on päällekkäin pinot-
tavia. Näin ne voidaan siirtää sivuun, kun niitä ei tarvita. Tilan muunneltavuuden paran-
tamisessa täytyykin keskittyä enemmän koneiden liikuteltavuuteen.

5.8.1 Mittalaitteet ja -johdot

Kaikki mittalaitteet ja -johdot tarkastetaan huolellisesti. Siten saadaan rikkiäiset ja tar-
peettomat laitteet ja johdot pois käytöstä. Laboratoriossa on paljon laitteita joiden kunto
on epämääräinen ja ne voivat olla jopa turvallisuusriski. Samalla, kun laitekanta tarkas-
tetaan, tehdään inventaariolistan päivittäminen. Kaikkien laitteiden numerot päivitetään
ja siirretään sähköiseen muotoon.

Laboratorion laitehallinta on mahdollista toteuttaa myös hankkimalla varastohallinta-
ohjelmisto, jolla voidaan seurata laitteiden käyttöä inventaarionumeroiden avulla. Esi-
merkiksi laitteen rikkoontuessa se saadaan nopeasti sivuun ja ohjelmiston avulla näh-
täisiin nk. huollossa olevat laitteet. Samalla ohjelmalla onnistuu myös laitteiden seu-
rannan valvonta. Opiskelijat joutuvat lainaamaan usein mittalaitteita esimerkiksi insi-
nööritöitensä varten, joten ohjelmalla nähdään nopeasti onko mittalaite lainassa. Palau-
tustoiminnolla nähdään onko laite omalla paikallaan.

5.8.2 Sähkötyö- ja koneturvallisuus

Koska Albertinkadun laboratorio on tilana ahdas, niin turvallisuuskysymykset korostu-
vat entistä enemmän. Opiskelijat työskentelevät lähellä toisiaan ja tilan ahtaudesta joh-
tuvaa vaaratilanteita täytyy yrittää parantaa eri menetelmin. Seuraavaksi esitetään kor-
jausehdotuksia laboratoriossa ilmenneisiin ongelmiin.

Käytössä olevien moottoreiden ja generaattoreiden kaikki liikkuvat osat suojataan. Koneiden väliset nivelakselit ovat yksi suurimmista riskitekijöistä, kun takometrilla joudutaan mittaamaan moottorien pyörimisnopeuksia. Nivelakselit suojataan avattavilla luukuilla (kuva 24), jotka voidaan konetekniikan puolella valmistaa. Samalla kun asennetaan tarvittavat suojaukset, on hyvä myös tarkastaa käytettävien koneiden yleiskunto, koska koneet ovat vanhoja. Koneet olisi hyvä tarkistuttaa säännöllisin väliajoin, jotta turvallisuus säilytetään.

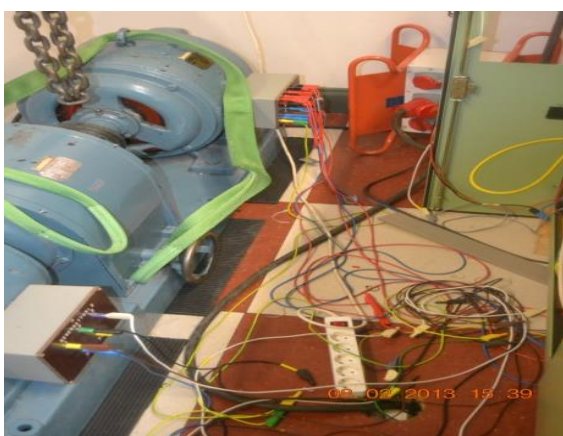
Kaikkiin mittauspisteisiin, joissa se on mahdollista, asennetaan teräksiset turva-aidat. Esimerkiksi luokan perällä olevan koneen (kuva 22) metallinen turvapuomi pitäisi korvata turva-aidalla. Puomi ei anna tarvittavaa suojaa, jota kyseisessä mittauspisteessä tarvitaan. Luokan perälle on mahdollista rakentaa aidattu alue, joka vastaa samanlaista suojausmenetelmää kuin teollisuudessa usein käytetään. Opetuksen kannalta tämä on hyvä ratkaisu, koska samalla voidaan opettaa varoituskilpien oikeaoppista käyttöä ja korostaa niiden merkitystä.

Luokan perällä sijaitsevan vaakakone mittauspisteen (kuva 35) turvallisuutta muutetaan niin, että koneet lasketaan jalustalta alas, jolloin vaa'at saadaan lattiatasolle ja niiden luku onnistuu työpöytien päistä. Nykyään mittauksen aikana joudutaan menemään moottorien väliin lukemaan tulokset, jolloin epähuomiossa voidaan altistua erilaisille vaaroille. Vaakakoneet liikkuvat ja paukahtavat mittauksen aikana, joka voi aiheuttaa säikähtämisen seurauksena esimerkiksi kaatumisen koneiden päälle. Myös tämän mittauspisteen voi suojata turva-aidalla.



Kuva 35. Vaakakone

Kaikkien mittauspisteiden yleistä turvallisuutta voidaan lisätä rakentamalla nk. kaapelikanavia. Erityisesti mittaukset, jotka sisältävät kiinteitä etukäteen tehtyjä kytkentöjä, tarvitsevat kaapelikanavia yleisen turvallisuuden parantamiseen. Kuvassa 36 nähdään esimerkki kytkennästä, missä kaapelit lojuvat lattialla vaarallisen näköisesti. Tämä on vanhan tahdistuspöydän mittauskenttä. Tämä kytkentä on sähköturvallisuuden kannalta vaarallinen ja epäsiistin näköinen. Kyseisen näköisiä kytkentöjä varten pitää rakentaa kaapelikanavia, joita pitkin johdot vedetään siististi. Silloin työturvallisuus paranee ja samalla tehdään salin yleisilmeestä siistinnäköinen.



Kuva 36. Turvaton kytkentä

Kuvassa 37 nähdään esimerkki kourumallisesta kaapelikanavasta. Yleensä kaapelikanavat ovat muovisia koteloita, joiden läpi kaapelit vedetään, jotta ne saadaan kulkemaan siististi. Kaapelikanavia on paljon erilaisia, joten laboratorioon varmasti löytyy se sopiva. Kanava on mahdollista rakentaa myös kovertamalla lattiaan sopiva ura, joka kaapelien asennuksen jälkeen peitetään muovilistalla.



Kuva 37. Kaapelikanava [22]

Edellä mainittujen asioiden lisäksi huomio täytyy kiinnittää laboratorion sähkökorjaamotoimintaan ja opetuksen ulkopuolella tehtäviin mittauksiin. Laboratoriossa mitataan usein opetuksen ulkopuolella esimerkiksi insinööritöitä varten. Usein laboratoriossa on ollut käynnissä suhteellisen epäselviä mittauksia, joista kaikki tiloissa työskentelevät eivät ole olleet mitenkään tietoisia. Mittauspöydillä saattaa olla muita kytkentöjä opetuksen kanssa samanaikaisesti, joista ei tiedetä, että kuka niitä suorittaa ja mitä niissä tarkalleen mitataan. Tämä on ongelma siinä mielessä, että joillakin työpisteillä voi olla sähköt koko ajan kytkettyinä päälle.

Tätä voidaan pitää jonkinasteisena sähköturvallisuus riskinä muille tiloissa työskenteleville. Tätä varten täytyy kehittää sellainen toimintamalli, että jokaisesta suoritettavasta ulkopuolisesta mittauksesta on oltava esillä tarkat tiedot, että kuka suorittaa ja mitä. Mittaukset on varustettava myös riittäväillä ohjeilla ja varoituksilla. Aina pitää olla tieto siitä, että onko jännitteet kytkettyinä ja jos mahdollista niin ulkopuoliset mittaukset pitää pyrkiä rakentamaan sähkökorjaamolle varattuun työpisteeseen (kuva 38).



Kuva 38. Sähkökorjaamon työpiste

Kaikista laboratoriossa tehtävistä mittauksista tulee tehdä tarkat dokumentit mittausten läheisyyteen, joista ilmenee ainakin seuraavat asiat:

- kuka tekee
- mitä tekee
- mittaus alkoi
- mittaus päättyy
- mittausten suorittajan yhteystiedot
- muita tarkentavia tietoja.

5.8.3 Turvakytkimet ja hätäpoistuminen

Albertinkadun sähkölaboratorion hätäpoistumistie on luokan perällä oleva ikkuna. Kuvassa 39 nähdään laboratorion hätäpoistumisreitistä kertova pieni kyltti, joka on vaikea havaita. Ikkunan takaa löytyvät pelastautumistikkaat laatikosta. Tutkittaessa hätäpoistumisreittejä huomio kiinnittyi pelastautumistikkaiden alla oleviin rullakoihin ja muuhun tavarahan. (kuva 40, kts. seur. s.) Mikäli hätäpoistumisreittiä joudutaan käyttämään, niin ikkunasta joudutaan laskeutumaan suoraan rullakoiden ja muovisten pakkauslaatikoiden päälle. Tämä ongelma kyllä huomataan pakollisessa palotarkastuksessa, mutta silti jokaisen kannattaa kiinnittää niihin huomiota ja puuttua epäkohtiin, vaikka se pelastuslain alainen asia onkin. Hätäpoistumisreitit pitää olla aina esteetön.



Kuva 39. Laboratorion hätäpoistumisreitit merkintä

Sisäasiainministeriön asetuksen (805/2005) mukaan tilojen sisäpuolella tulee olla riittävät poistumisreititopasteet ja -valaisimet. Tähän vedoten voidaan todeta, että Albertin-kadun sähkökonelaboratorion hätäpoistumisopasteet eivät vastaa tämän hetkisten standardien vaatimuksia ja ne on muutettava. Poistumisreittien opastusta ja valaistusta koskevat määräykset on äskettäin uudistettu, mutta laboratorioissa ei ole muutoksia huomioitu. [1.]



Kuva 40. Hätäpoistumistie

Hätä-seis-painikkeita luokasta löytyy riittävästi, mutta vaaranpaikkoja niidenkin kanssa löytyy. Kuvasta 41 nähdään miten kulku hätä-seis-painikkeelle voidaan epähuomiossa siirrettävällä moottorilla estää. Nämä tilanteet täytyy ottaa huomioon, kun mittauksia suoritetaan ahtaissa väleissä. Tässä on yksi vastuunalainen asia, joka kuuluu STTV:lle.



Kuva 41. Hätä-seis-painike

5.8.4 Ohjeet ensiavusta

Luokasta puuttuvat sähkötapaturman ensiapukilvet kokonaan. Sähkölaboratoriosta tulee löytyä sähkötapaturman ensiavusta kertovat ohjeet sekä hätäpuhelinnumero ja niitä on oltava useita. Ensiapuvälineitä sähkötyöturvallisuusmääräykset eivät edellytä, mutta silti kannattaa opettajan pöydän viereen laittaa ensiapupisteestä kertova kuvan 15 mukainen merkki, sekä ohjeet ensiavusta ja perustarvikkeita nopean ensiavun antamiseen kuten laastareita ja sidontavälineitä.

5.8.5 Vaatetus

Työturvallisuutta kun lähdetään miettimään ja parantamaan, niin yksi tärkeä asia laboratorioa ajatellen on vaatetus. Laboratorioon kannattaa miettiä käyttöpakkoa työtakkeille. Työtakkia käyttämällä saadaan estettyä mahdollisten löysien vaatteiden aiheuttamat vaarat, kuten löysän hihansuun tarttuminen moottorin liikkuviin osiin. Samalla opetetaan opiskelijat oikeaoppisten työvaatteiden ja -välineiden käyttöön, koska työelämässä turvavaatteet ovat työturvallisuusmääräysten mukaan usein pakolliset. Näiden määräysten vastaisella toiminnalla on usein suuret seuraukset.

5.8.6 Laboratorioon perehdyttäminen

Laboratoriotyöskentelyyn perehdyttäminen on oppilaitoksessamme järjestetty melko puutteellisesti, vaikka perehdyttäminen on yksi tärkeimmistä asioista ajatellen turvallista laboratoriotyöskentelyä. Oppilaitoksessa mennään suoraan laboratorio-opetukseen ja kyseisen kurssin opettajan vastuulle jää laboratoriotyöskentelyn pelisääntöjen selvittäminen, jolloin perehdyttäminen on hyvin kevyttä.

Tätä käytäntöä pitää muuttaa siten, että opiskelijujen alkuvaiheessa järjestetään joko omana kurssinaan laboratorioon perehdyttäminen tai osana jotain muuta kurssikokonaisuuksia. Ammattikoulusta tulleet opiskelijat ovat työskennelleet laboratorioissa ja tietävät sähköturvallisuudesta perusteet, joten heille voisi järjestää jotain muuta opetusta esimerkiksi kielten opetusta, mutta lukiosta tulleet opiskelijat eivät välttämättä tiedä sähköstä kuin alkeet. Opetuksen perusopinnot vaihe pitääkin jakaa lukiopohjaiseen ja ammattikoulupohjaiseen ryhmään. Lukiosta tulleille tulee heti koulun alettua käydä ensimmäiseksi läpi sähköopin perusteet, jossa opetettaisiin mm. oikeat vaihevärit, sähköpiirrosmerkit sekä sähköturvallisuutta.

Sähköturvallisuuden ja turvallisen laboratoriotyöskentelyn opetuksen pystyy hyvin yhdistämään yhdeksi kurssiksi, jossa käytäisiin läpi ennen laboratorioon menoa yleiset työskentelymenetelmät kuten käyttäytyminen tiloissa, laitteisiin koskeminen, ohjeiden noudattaminen, koulun sähkötyöturvallisuus organisaation rakenne sekä syöminen ja juominen tiloissa.

Samalla kurssilla voidaan paremmin käsitellä myös työn aikaisen sähköturvallisuusvastuun eli STTV:n merkitystä mittauksissa, koska nykyään laboratoriokursseilla ei oikein ymmärretä kyseisen tehtävän todellista tarkoitusta. Mittauksissa opiskelijat valitsevat ryhmän keskuudesta henkilön joka toimii mittauksen aikana STTV:nä, tietämättä edes mikä vastuu kyseiselle henkilölle oikeasti kuuluu. Kuvassa 41 (kts.s.45) on esitetty yksi mahdollinen vaaratilanne, johon STTV:n tulee puuttua ja millä valvonnan vastuuta voidaan laboratoriossa opettaa. STTV:lle on määritelty vastuu työnaikaisen sähköturvallisuuden valvonnasta lain sallimissa rajoissa, joka löytyy liitteestä 4. Tätä pitää korostaa, jotta opiskelijat laboratoriotöissä ymmärtävät tilanteen.

6 Yhteenveto

Työssä suunniteltiin uudistuksia Metropolia Ammattikorkeakoulun Albertinkatu 40-42:ssa sijaitsevaan sähkökonelaboratorioon. Työn tekeminen aloitettiin palaverilla opettajien kanssa, jonka jälkeen laboratorioon tutustuttiin paikanpäällä yhdessä laboratorioinsinöörien kanssa. Opettajien kanssa sovittiin, että suunnitelma uudistuksista tehdään tilan nykyisellä kalustolla. Mahdolliset uudet laitehankinnat täytyy tehdä tarkkaan harkiten ja se edellyttää nykyisten laboratoriokurssien sisällön tarkistamista sekä muutoksia opetussuunnitelmaan, joihin tässä työssä ei keskitytty. Uusien laitehankintojen tulee tukea täysin tilassa annettavaa opetusta.

Työn alussa tutustuttiin sähkökonelaboratoriota koskeviin standardeihin ja lakeihin. Koska opetustilana sekä kalustukseltaan laboratorio on vanha, työn painopisteeksi muodostui nopeasti sähkötyöturvallisuus, koska edellisestä uudistuksesta oli kulunut jo aikaa. Työssä käydään läpi laboratorion yleisimmät turvallisuusjärjestelmät sekä tuodaan esille oppilaitoksen sähkötyöturvallisuus organisaation rakenne, joka selvittää eri henkilöiden vastuut turvallisuudesta ja työskentelyssä tarvittavat pätevyudet.

Suunnittelutyö eteni nykyisen laboratoriotilan ongelmien kartoittamisella. Nykyinen tila on 12m x 25m kokoinen hallimainen tila. Tila on ahdas, joten suuria muutoksia saliin ei voitu suunnitella. Tilassa tehtävät rakenteelliset muutokset ovat haasteellisia toteuttaa, koska museovirastolla on omat säädöksensä, joka rajoittaa myös tavaroiden järjestelyä. Lisäksi laboratorion sähkönsyöttö on nykyisiin tarpeisiin selvästi alimitoitettu, mutta laajennusvaraa uusille laitteille kuitenkin on.

Suunnitellut uudistukset liittyivät lähinnä laboratorion käyttöasteen parantamiseen. Tilaan on mahdollista saada lisää mittauspöytiä, joten opetusryhmäkokoja voidaan tulevaisuudessa kasvattaa tai nykyisiä mittauksia kehittää laajemmiksi. Tämän vuoksi on mahdollista rakentaa työpöytien ympärille etähallintajärjestelmä opetuksen ohjaamisen helpottamiseksi. Kaikkien uudistuksien lähtökohta on kuitenkin laboratorion siivoaminen, tilan uudelleen järjestely, muunneltavuuden tehostaminen, nykyisen turvallisuuden parantaminen sekä nykyisen laitteiston käyttökunnon tarkastaminen. Perusasioiden täytyy olla kunnossa ennen kaluston ja laitteiston uudistamista. Tärkeintä on saada tilan käyttöaste nostettua sille tasolle, että tilassa ei ole yhtään käyttämätöntä laitetta vaan kaikki on mittauksissa mukana.

Tämä työ antaa kuvan Albertinkadun sähkökonelaboratorion nykytilasta ja minkälaisia uudistuksia tilassa voidaan tehdä. Tätä työtä voi tulevaisuudessa hyödyntää pohjana, kun tilan uudistuksia ruvetaan toteuttamaan. Sähkölaboratorion uudistuksien yhteydessä on hyvä päivittää myös kurssitarjonta ja opetussuunnitelmat, jotta laitehankinnat voidaan tehdä järkevästi, eikä turhia laitteita tule hankittua. Työtä mahdollisesti hyödynnettäessä tulee huomioida standardien mahdolliset muutokset ja ottaa ne myös huomioon ennen toteuttamisen aloittamista.

Lähteet

- [1] Sähkö- ja teleurakointiliitto STUL ry, Sähkötyöturvallisuus ammatillisessa koulutuksessa: 2006 ESPOO. 9.2.2013
- [2] DI Etto Jaakko, Sähkötekniikan insinöörikoulutuksen oppimisympäristöjen kehittäminen, Teknologiaosaamisen johtaminen-koulutusohjelman opinnäytetyö, KTAMK 2010. Luettu 6.2.2013, 5.3.2013
- [3] Ruoppa Erkki, Sähkölaboratorion työskentelykäytännöt, PDF-dokumentti, SAMK Tekniikka Pori 2005. 18.2.2013
- [4] Kuva 4: <http://www.taloon.com/kuvat/k/mup/3600468.jpg>. 19.2.2013
- [5] Kuva 5: <https://www1.elfa.se/data1/wwwroot/assets/medium/222128f.jpg>, 18.2.2013
- [6] Kuva6:
http://www.sahkoala.fi/aankohtaista/vikavirtasuojaus/fi_FI/tiedote/files/78912869560484633/default/vikavirtasuojakytkin.jpg, 18.2.2013
- [7] SFS käsikirja 600, Pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuus: 1.painos 2008-2009 HELSINKI. Luettu 18.2.2013
- [8] Kuva 7: http://www.oamk.fi/~hannul/RAT_sahko/Sahkoturv_kuvina.pdf. 18.2.2013
- [9] Kuva 8: <http://www.intertrafo.fi/muuntaja.html>. 18.2.2013
- [10] [http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/ST_PPT1_S2007.ppt%20\[Yhteensopivuustila\].pdf](http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/ST_PPT1_S2007.ppt%20[Yhteensopivuustila].pdf). Luettu 18.2.2013, kuva 9.
- [11] Kuva9:
<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030503/1113391235042/1150107031700/1150107977837/1150110228558.html> 18.2.2013
- [12] Dipl.Ins. Honkonen, Jukka. Sähköturvallisuus. HUS/LT.WWW-dokumentti
<http://www.kolumbus.fi/jukka.u.honkanen/tdata/sahkotur.pdf>, luettu 18.2.2013.

[13] DI Outi Knuutila, DI Johanna Pulkkinen, Sähkötyöturvallisuus, Tampereen Teknillinen Yliopisto 2013. WWW-dokumentti.

<http://www.tut.fi/sahkotyoturvallisuus/tietosivusto/ty%C3%B6naikaisen-s%C3%A4hk%C3%B6turvallisuuden-valvoja>. Luettu 20.5.2013

[14] Kuvat 12,13: <http://www.boreaselectronics.fi/>

[15] Kuva 14: http://www.mattikaki.fi/sahkoturvallisuus/ala_kytke.gif. 19.2.2013

[16] Kuva 16:

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/73/Bobologie.svg/200px-Bobologie.svg.png>. 19.2.2013

[17] Kuva 18:

http://www.pelastustoimi.fi/wpcontent/media/images/transfer/_kasisammutin%20opaste.jpg 19.2.2013

[18] Ahoste Maarit, Kinosmaa Ilkka. 2013. Laboratorioinsinöörien haastattelu. 8.2.2013. Albertinkadun sähkökonelaboratorio. Helsinki.

[19] Siltala Hannu. Myyntijohtaja Teklab Oy. Puhelinkeskustelu 13.3.2013

[20] Teklab Oy, Tuotekatalogi 2013, PDF-dokumentti,

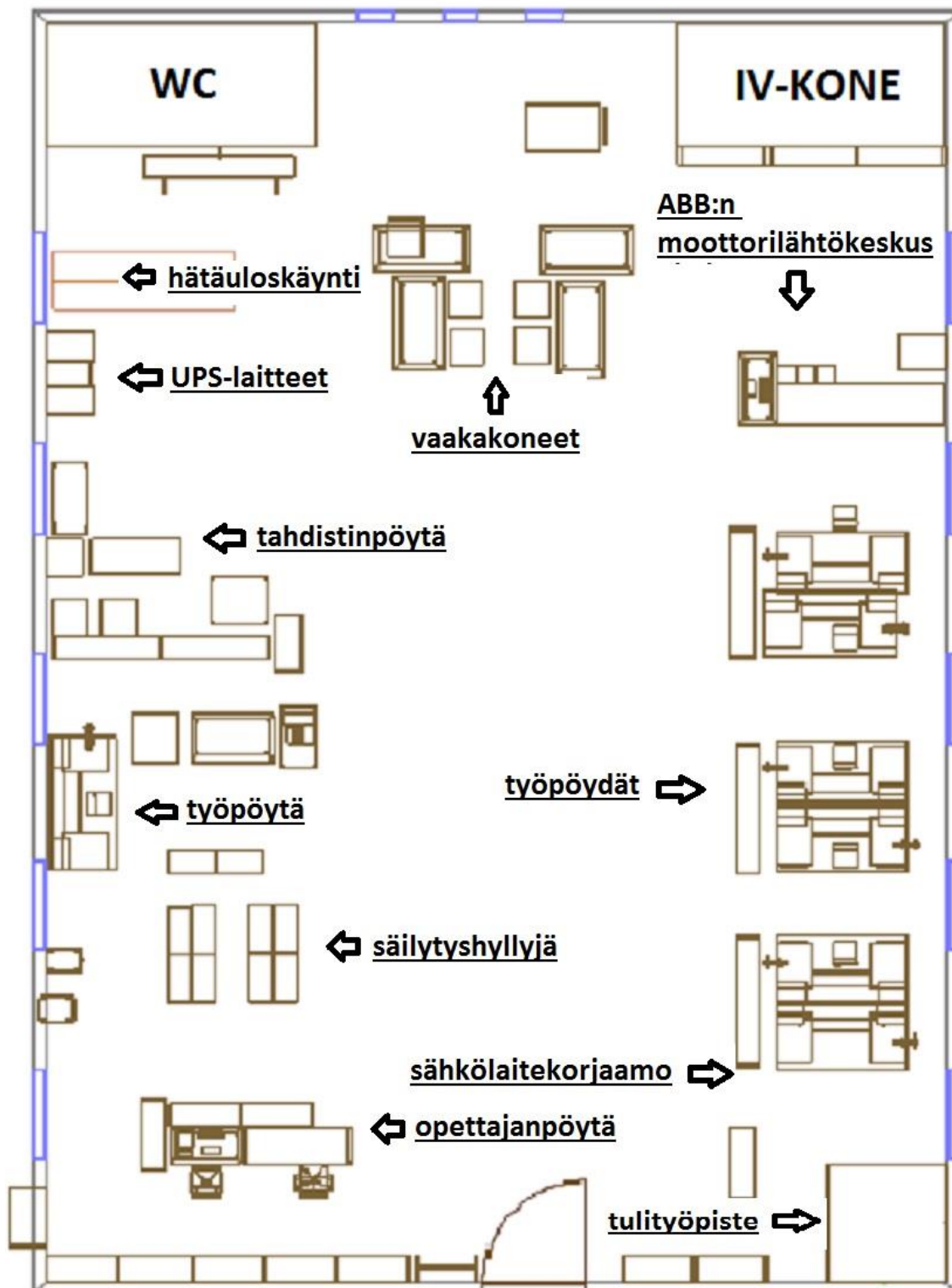
http://www.teklab.fi/Upload/Teklab_download/Brochures/TEKLAB%20tuotekatalogi%202013%20www.pdf. Luettu 3.4.2013

[21] Kuva 31: <http://www.teklab.fi/suomi/ratkaisut/ratkaisut-oppilaitoksille.aspx>. 7.3.2013

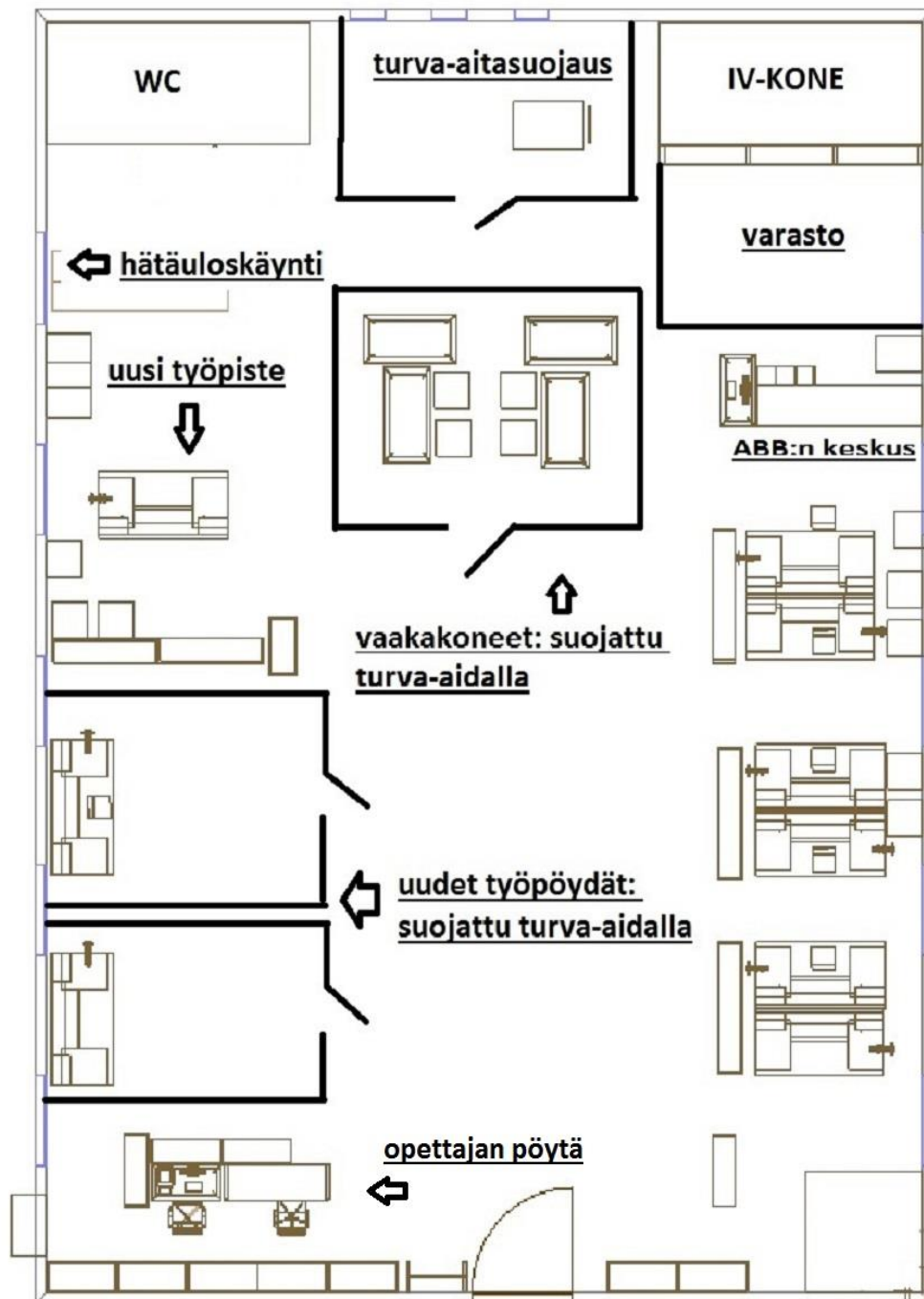
[22] Kuva 37: Kaapelikanava

http://mb.cision.com/Public/MigratedWpy/88916/727815/a501c22def75ea16_org.jpg.
[17.4.2013](#)

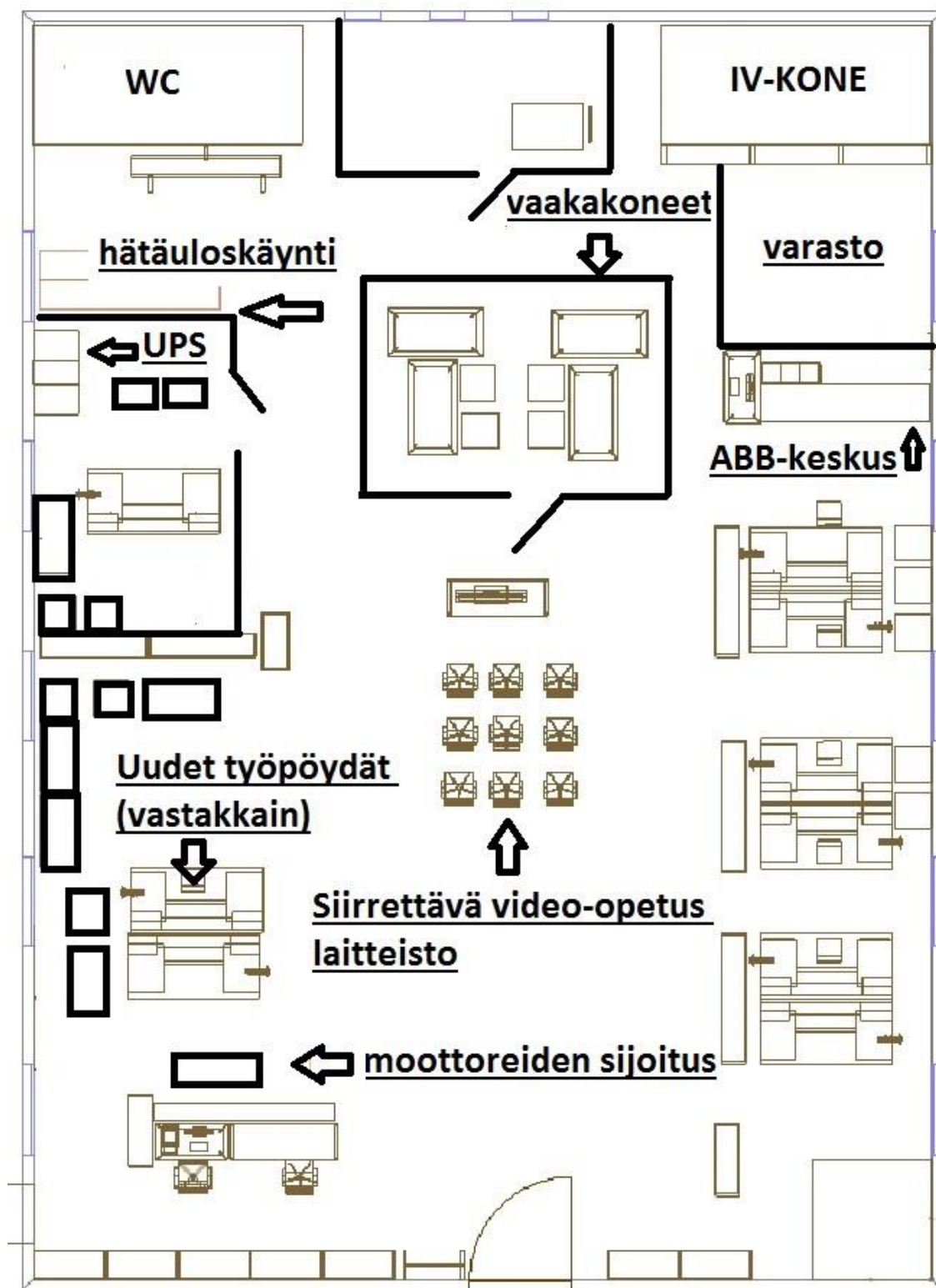
Vanhan tilan layout



Uusi tila layout 1.



Uusi tila layout 2.



LIITE 2. TYÖ- JA SÄHKÖTYÖTURVALLISUUSVASTUUT KOULUTUKSESSA

Viranomaisvaatimukset

Työturvallisuusvastuut määräytyvät työturvallisuuslain (738/2002) ja sähkötyöturvallisuusvastuut sähkölain (410/1996) sekä niistä annettujen asetusten ja ministeriöiden päätösten mukaan. Sähköasennuksia koskevat lisäksi ne standardit, jotka TUKES on julkaisussaan S10-05 määritellyt noudatettaviksi. Sähkölaboratorioita koskevat täydentävät vaatimukset on esitetty standardin osassa SFS 6000-8-803.

Sähkötyöturvallisuudesta on julkaistu standardin SFS 6002 toinen painos, jossa asetetaan vaatimukset turvallisesta sähkölaitteistojen käytöstä ja sähkölaitteistoissa tai niiden läheisyydessä työskentelystä.

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksissä (1193/1999 ja 1194/1999) todetaan, että Suomen olosuhteet huomioon ottavia standardeja noudattamalla katsotaan pienjännitesähköasennusten olennaisten turvallisuusvaatimusten täyttyvän.

Turvallisuusvastuut ja käytännön järjestelyt

Jos seuraavassa lueteltujen tehtävänimikkeiden mukaista tai vastaavaa henkilöä ei oppilaitoksessa tarvita, on henkilön vastuut ja velvoitteet siirrettävä muille toimijoille siinä määrin kuin tehtävän lain, asetusten ja määräysten mukainen hoitaminen edellyttää. Jos tehtävien hoitoa varten nimetään useita henkilöitä, tulee heidän vastuulleen kuuluvat tehtävät määritellä ja rajata yksiselitteisesti kirjallisessa muodossa. Samoin on meneteltävä silloin, jos ei ole yksiselitteisesti selvää, kenelle mikäkin tehtävä ja vastuu kuuluu.

Rehtori:

- Vastaa siitä, että oppilaitokseen on nimetty tarvittavat käytönjohtajat, sähkötöiden johtajat ja sähkölaboratorioissa työstä vastaavat henkilöt.
- Vastaa myös siitä, että nimetyillä henkilöillä on käytössään riittävät resurssit ja päätösvalta tehtävistään suoriutumiseen.

Käytön johtaja:

- Vaadittava pätevyys on selvitetty KTm 516/1996:ssa.
- Nimeää yhdessä koulun johdon kanssa sähkötöiden johtajat, sähkötyötilojen kunnosta vastaavat henkilöt sekä sähkötyötiloissa opetusta antavat henkilöt. Nimi- ja tehtäväluettelo on suositeltavaa pitää näkyvillä kaikissa sähkölaboratorioissa ja -työsaleissa.
- Huolehtii yhdessä koulun johdon ja opintoalavastaavien tms. kanssa siitä, että sähkötyötilojen käyttöön ja siellä tapahtuvan opetuksen valvomiseen on käytettävissä riittävästi ja riittävän ammattitaitoista opetushenkilökuntaa.

- Huolehtii yhdessä sähkötöiden johtajien kanssa siitä, että osaston henkilökunnalla on riittävät tiedot sähkötyö- ja sähköturvallisuudesta.
- Vastaa tiloissa työskentelevien perehdyttämisestä työsalin turvalaitteisiin ja työskentelyyn sähkötyösalissa.
- Vastaa tiloja koskevien huolto- ja kunnossapito-ohjelmien sekä tiloissa työskentelyä varten tarvittavan perehdytysohjelman yms. laatimisesta.
- Nimeää yhdessä koulun johdon kanssa sähkötyösalitilojen siistijät.
- Osallistuu työnantajan järjestämään ensiapukoulutukseen kolmen (3) vuoden välein sekä yleiseen SFS 6002 -sähkötyöturvallisuuskoulutukseen vähintään viiden (5) vuoden välein.
- Huolehtii kiinteistöön kuuluvien määräaikaistarkastusten tekemisestä.

Sähkötöiden johtaja:

- Vaadittava pätevyys on selvitetty KTMp 516/1996:ssa.
- Vastaa sähkötyöturvallisuuden yleisestä valvonnasta kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksellä (516/1996).
- Vastaa työstä sähkötyösalissa ja salin ulkopuolisissa työkohteissa. Jos sähkötöiden johtaja ei voi olla läsnä kaikissa työkohteissa, joissa tehdään sähkötöitä, tulee tarvittaessa sähkölaboratorioihin ja -työsaleihin sekä salin ulkopuolisiin työkohteisiin nimetä työn aikaisesta sähkötyöturvallisuudesta vastaava henkilö, jonka tulee olla sähköalan ammattilainen.
- Osallistuu työnantajan järjestämään ensiapukoulutukseen kolmen (3) vuoden välein sekä yleiseen SFS 6002 -sähkötyöturvallisuuskoulutukseen vähintään viiden (5) vuoden välein.
- Valvoo, että kaikki käyttöönotto- ja varmennustarkastukset tulevat tehdyiksi määräysten mukaan sekä huolehtii, että tarkastuksissa havaitut puutteet ja viat tulevat korjatuiksi nopeasti.

Työstä vastaava henkilö:

- Vaadittava pätevyys on selvitetty KTMp 516/1996:ssa.
- Vastaa sähkötyöturvallisuuden yleisestä valvonnasta kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksellä (516/1996).
- Jos työstä vastaava henkilö ei voi olla läsnä kaikissa tilanteissa, joissa tehdään sähkötöitä, tulee tarvittaessa sähkölaboratorioihin ja -työsaleihin nimetä työn aikaisesta sähkötyöturvallisuudesta vastaava henkilö, jonka tulee olla sähköalan ammattilainen.
- Vastaa työn aikaisesta sähkötyöturvallisuudesta.

- Osallistuu työnantajan järjestämään ensiapukoulutukseen kolmen (3) vuoden välein sekä yleiseen SFS 6002 -sähkötyöturvallisuuskoulutukseen vähintään viiden (5) vuoden välein.

Sähkölaboratorioiden ja -työtilojen kunnosta vastaava henkilö:

- Huolehtii opettajien ja muun henkilökunnan avustuksella laitteiden toimintakunnosta, huollosta ja käyttöohjeista.
- Tekee määräajoin tarkastukset ja toimintakokeet sähkötyösaleissa erikseen laaditun huolto- ja kunnossapito-ohjelman mukaisesti.
- Osallistuu työnantajan järjestämään ensiapukoulutukseen kolmen (3) vuoden välein sekä yleiseen SFS 6002 -sähkötyöturvallisuuskoulutukseen vähintään viiden (5) vuoden välein.

Sähköalan käytännön töiden opetusta ja koulutusta antava henkilö:

- Vastaa sähkölaboratorioissa ja -työsaleissa tai työsalin ulkopuolella tehtävien töiden valvonnasta erillisen kirjallisen sopimuksen mukaan.
- Sähkölaboratorioissa ja -työsaleissa opetusta ja koulutusta antava henkilö vastaa työn aikaisesta sähkötyöturvallisuudesta ja hänen tehtäviinsä kuuluu oppituntien aikainen sähköturvallisuustoimien ja työturvallisuuden valvonta.
- Huolehtii turvallisuudesta valvonnasta esim. seuraavasti:
 - Jakaa opetusryhmänsä opiskelijoille kuittausta vastaan laboratorion työskentelyohjeet ja järjestää yhteistyössä opintoalavastaavien tms. kanssa opiskelijoiden sähkötyöturvallisuuskoulutuksen osana opetusta. Varmistaa tentillä tai muulla vastaavalla tavalla ohjeiden ja määräysten ymmärtämisen.
 - Suunnittelee valvomansa koulutuksen sähkötyöt työ- ja sähkötyöturvallisuusmääräysten mukaisiksi ja opastaa sekä perehdyttää opiskelijat niihin.
 - Osallistuu sähkötyösaleihin perehdyttämiseen.
 - Osallistuu työnantajan järjestämään ensiapukoulutukseen kolmen (3) vuoden välein sekä yleiseen SFS 6002 -sähkötyöturvallisuuskoulutukseen vähintään viiden (5) vuoden välein.

TYÖ- JA SÄHKÖTYÖTURVALLISUUSVASTUUT KOULUTUKSESSA

Huom!

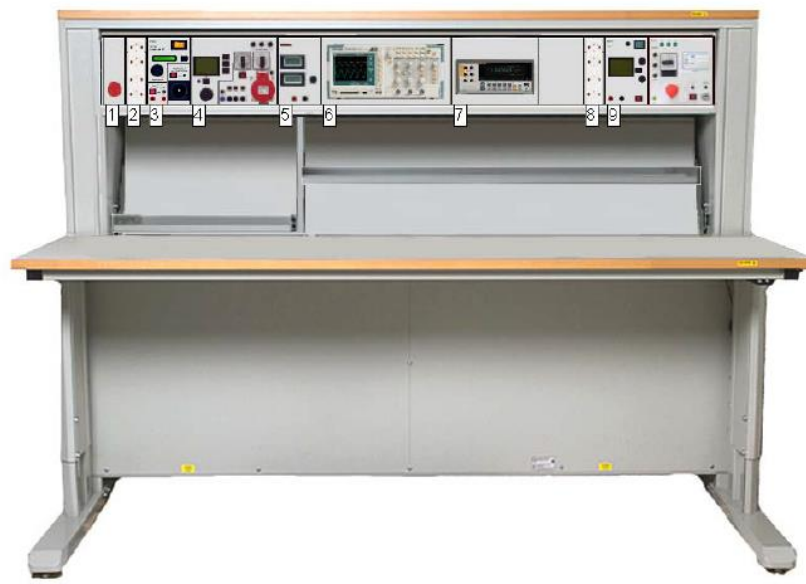
Työssäoppimisessa ja siihen verrattavassa opiskelussa turvallisuusvastuut ovat työssäoppimispaikan organisaatiolla.

VASTUUT VASTUUN KANTAJAT	Ylin työ- ja sähkö- työturvallisuus- vastuu	Käyttötoiden vastuu	Sähkötoiden vastuu	Tilojen ja laitteiden kunnossapito- vastuu	Työnäikaisen sähkö- turvalli- suuden valvoja opiskelussa	Oman työn työ- ja sähkötyö- turvallisuus- vastuu
Sähköalan pätevyys- vaatimus	Ei sähköalan pätevyys- vaatimuksia	KTMp 516/96	KTMp 516/96	Vähintään sähköalan ammattilainen (itsenäiseen työhön kykenevä)	Vähintään sähköalan ammatti- lainen (itsenäiseen työhön kykenevä)	Ei sähköalan pätevyysvaati- muksia, kuitenkin vähintään opastettu ja perehdytetty
Haltija / haltijan edustaja (oppilaitoksissa yleensä rehtori)	X	X ¹⁾	X ²⁾	X ³⁾	X ⁴⁾	X ⁵⁾
Käytön johtaja		X		X ²⁾	X ⁴⁾	X ⁵⁾
Sähkötoiden johtaja			X	X ²⁾	X ⁴⁾	X ⁵⁾
Tilojen kunnosta huolehtimaan nimetty henkilö(t) (tilavastaava)				X	X ⁴⁾	X ⁵⁾
Opetus- tapahtumaa hoitava henkilö (opettaja, ammattilainen, yms)				X ⁴⁾	X	X ⁵⁾
Opiskelija				X ⁵⁾	X ⁵⁾	X

X = vastaa

- 1) Vastuu nimeimisestä
- 2) Vastuu perehdytyksestä ja opastuksesta
- 3) Vastuu tarvittavista ohjeistuksista
- 4) Velvollisuus informoida puutteista
- 5) Harjoiteltaessa valvojana toimimista lain sallimissa rajoissa

SÄHKÖLABORATORIO



Työpöytärunko

Tuote	Kuvaus	Kpl	Yksikköhinta	Kokonaishinta:
HELP10L20	Monitoimityöpiste säilytystilalla 2000 mm	1	5 700,00 EUR	5 700,00 EUR
LAN8_	8-porttinen 1 G ethernet-kytkin	1	354,00 EUR	354,00 EUR

Laitepaneeli

Tuote	Kuvaus	Kpl	Yksikköhinta	Kokonaishinta:
DEFAULT_HELP10	HELP10 panel	1	0,00 EUR	0,00 EUR

Syöttöyksikkö

Tuote	Kuvaus	Kpl	Yksikköhinta	Kokonaishinta:
SU3NET	3-vaiheinen syöttöyksikkö paikallisverkko-ohjauksin	1	1 534,00 EUR	1 534,00 EUR
TLCBASIC	Laboratorion hallintaohjelmisto, Basic	1	1 250,00 EUR	1 250,00 EUR

Modulit

Tuote	Kuvaus	Kpl	Yksikköhinta	Kokonaishinta:	
1	HPITNET	Hätä-seis-painike ELP100IT-- ja ELP100NET-syöttöyksikölle	1	78,00 EUR	78,00 EUR
2	ELPSL4	Schukoliitäntä, lisäpistorasiat x 4	1	79,00 EUR	79,00 EUR
3	ACP40	Säädettävä AC-jännitelähde 0-250 VAC, 0-4 A AC	1	1 211,00 EUR	1 211,00 EUR
	ACPETHERNET	Ethernet-liitäntä LabView ajurilla ja käyttöliittymäohjelmistolla	1	305,00 EUR	305,00 EUR
4	ACP1003V	3-vaiheinen ohjelmoitava AC-jännitelähde	1	5 836,00 EUR	5 836,00 EUR
	ACP1003VETHE	ETHERNET-liitäntä käyttöliittymäohjelmistolla	1	304,00 EUR	304,00 EUR
5	DC50010L	DC-osa 0-500 V 10 A 3V-säätömuuntajaan	1	655,00 EUR	655,00 EUR
6	TPS2014B	Digitaalinen oskilloskooppi 100 MHz/1Gs/s 4 kanavaa	1	3 400,00 EUR	3 400,00 EUR
	TPS2PBND2	Tehoanalyysipaketti TPS-sarjaan,	1	1 800,00 EUR	1 800,00 EUR
	TPSEETHERNET	Ethernet-liitäntä käyttöliittymäohjelmistolla	1	289,00 EUR	289,00 EUR
7	FLUKE8808A	Digitaalinen yleismittari, 5.5 numeron näyttö	1	847,00 EUR	847,00 EUR

METROPOLIA AMK		2	12.10.2012		
8	ELPSL4	Schukoliitäntä, lisäpistorasiat x 4	1	79,00 EUR	79,00 EUR
9	TLP305	Ohjelmoitava tasajännitelähde 0-30 V DC,0-5 A	1	1 040,00 EUR	1 040,00 EUR
	TLPETHERNET	Ethernet-liitäntä LabView ajurilla ja käyttöliittymäohjelmistolla	1	289,00 EUR	289,00 EUR
<u>Lisävarusteet</u>					
Tuote	Kuvaus	Kpl	Yksikköhinta	Kokonaishinta:	
HELP10SUPP	HELP10 väljakaja	1	50,00 EUR	50,00 EUR	
HELP10SH2	HELP10 teräshylly, leveä	1	120,00 EUR	120,00 EUR	
HELP10SH3	HELP10 vetoily, kapea	1	280,00 EUR	280,00 EUR	
				25 500,00 EUR	