

Jussi Jokinen

# Tehoelektroniikkalaboratorion suunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Jussi Jokinen  
Sähkötekniikka  
Insinöörityö  
31.5.2012

Tekijä Otsikko	Jussi Jokinen Tehoelektroniikkalaboratorion suunnittelu
Sivumäärä Aika	26 sivua + 1 liite 31.5.2012
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Teknologiapäällikkö Arja Ristola Työnjohtaja Harri Huhtala Laboratoriovastaava Kari Huotari
<p>Tehoelektroniikkalaboratorion suunnittelu on monivaiheinen prosessi. Suunnittelussa on monia huomioitavia asioita. Useimmista niistä on olemassa tarkat säädökset, kuten esimerkiksi käytettävistä laitteista, sähkötoista ja turvallisuudesta.</p> <p>Työ aloitettiin tekemällä tarveanalyysi ja tämän jälkeen suunniteltiin toteutus. Seuraavaksi etsittiin tehoelektroniikkalaboratoriolle tarvittavat tilat. Yhdessä laboratoriovastaavan kanssa määriteltiin laboratoriossa tehtäväksi tarkoitetut mittaukset, joiden perusteella spesifioitiin tarvittavat mittauslaitteet. Toteutusta rajattiin määrittelemällä käytettävien sähkösyöttöjen raja-arvot. Sähkötyöturvallisuus valittiin suunnittelun keskeiseksi aiheeksi.</p> <p>Suunnittelun tuloksena saatiin hyvä kokonaisuus siitä, mitä kaikkea on suunniteltava ja otettava huomioon turvallisen tehoelektroniikkalaboratorion rakentamisessa. Työn lopputuloksena voidaan todeta, ettei sähkötyöturvallisuutta saa koskaan väheksyä, eikä siihen voi koskaan kiinnittää liikaa huomiota.</p>	
Avainsanat	tehoelektroniikkalaboratorio, työpaikkakeskus, sähkötyöturvallisuus

Author Title	Jussi Jokinen Planning a Power Electronic Laboratory
Number of Pages Date	26 pages 1 appendix 31 May 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructors	Arja Ristola, Technology Manager Harri Huhtala, Team Leader Kari Huotari, Laboratory Manager
<p>This thesis concerns planning a power electronic laboratory, which is a multiphase process. The design has to take into account a number of things. For a number of these there exact statutes.</p> <p>The work was started with a needs analysis and then the implementation was planned. Next the space for the laboratory was searched. Together with the laboratory manager measurements to be done were defined, which was a big help while specifying the needed measuring devices. Implementation was limited by specifying limits of the power supplies. Electrical safety issues were chosen to be the main point of the design process.</p> <p>This planning project gives information of points that have to be considered while building a safe power electronic laboratory. The conclusion of the work is that electrical safety issues can never be taken too seriously.</p>	
Keywords	power electronic laboratory, supply station, safety at work

## Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

<b>1</b>	<b>Johdanto</b>	3
<b>2</b>	<b>Sähkötyöturvallisuus ja -määräykset</b>	4
<b>2.1</b>	<b>Sähkölaboratorioissa ja -työsaleissa työskentely</b>	4
2.1.1	Sähköverkon asennus- ja huoltotyöt	5
2.1.2	Mittaus- ja testaustyöt laboratoriossa	5
2.1.3	Muu työskentely tiloissa	5
<b>2.2</b>	<b>Sähkölaboratoriotilat ja niitä koskevat vaatimukset</b>	6
<b>2.3</b>	<b>Sähkölaboratorioiden ja -työsalien turvallisuusjärjestelmät ja laitteet</b>	7
2.3.1	Erotus- ja vikavirtasuojakytkimet	7
2.3.2	Suojaerotus ja muu erottaminen	8
<b>2.4</b>	<b>Tiloissa käytettävät työkalut, varusteet ja mittalaitteet</b>	9
2.4.1	Henkilösuojaimet ja työvaatetus	9
2.4.2	Työkalut ja mittalaitteet	10
2.4.3	Tilapäiset liitännäsjohdot, mittausjohtimet ja mittapäät	11
<b>2.5</b>	<b>Tilojen edellyttämät turvallisuusmerkinnät ja -ohjeet</b>	11
<b>2.6</b>	<b>Tilojen huolto, hoito ja kunnossapito</b>	12
<b>2.7</b>	<b>Tehoelektroniikkalaboratoriotilan turvallisuusorganisaatio</b>	14
<b>3</b>	<b>Tehoelektroniikkalaboratorion suunnittelu</b>	15
<b>4</b>	<b>Kiinteistö-/laitteistotarpeet ja mitoitukset</b>	17
<b>4.1</b>	<b>Työpaikkakeskuksen mitoitus ja valinta</b>	18
<b>4.2</b>	<b>Tehonsyöttö</b>	19
<b>4.3</b>	<b>Nousukaapelin mitoitus</b>	19
<b>4.4</b>	<b>Turvakytkennät</b>	20
<b>5</b>	<b>Tehoelektroniikkalaboratorion kalustus</b>	21

<b>6 Yhteenveto</b>	23
---------------------	----

<b>Lähteet</b>	26
----------------	----

### **Liitteet**

Liite 1. Laboratoriotilan pohjapiirustus

## 1 Johdanto

Tehoelektroniikkalaboratorioita on koulutuslaitoksissa ja sähköalan yrityksissä. Niitä voidaan käyttää esimerkiksi sähköisten laitteiden toimivuuden testaamiseen, työntekijän tai oppilaan kouluttamiseen tai osana tuotekehitystä. Tehoelektroniikkalaboratorion yleisin käyttötarkoitus on laitteiden testaaminen ja koestaminen. On kuitenkin huomiotava, että tilan koko ja käytettävissä oleva kalusto rajaavat testausmahdollisuuksia. Sähkölaboratoriossa voidaan testata muun muassa miten paljon laite kuluttaa tai kestää virtaa, kuumeneeko testattava laite pitkäaikaisessa käytössä, tai tuottaako laite sähkömagneettisia häiriöitä ympäristöön. Lisäksi laboratoriotilassa voidaan tehdä laitteen tai kaluston kestävyyskokeita ym.

Etteplan on vuonna 1983 perustettu asiantuntijayritys, jolla on 40 toimistoa ja noin 1 800 työntekijää. Yritys on erikoistunut teollisten laitteistojen suunnitteluun ja teknisen tuoteinformaation palveluihin ja ratkaisuihin. Etteplanin asiakkaat ovat alojensa johtavia, globaaleja yrityksiä. Asiakkaita ovat esimerkiksi KONE, Konecranes ja ABB. Etteplanilla on laaja osaaminen sulautettujen järjestelmien ja elektroniikan kehittämisessä, mekaniikkasuunnittelussa sekä sähkö- ja automaatio suunnittelussa. Etteplanin liikevaihto vuonna 2011 oli 119,4 miljoonaa euroa. Yhtiöllä on yli 1 800 asiantuntijaa esimerkiksi Kiinassa, Ruotsissa, Hollannissa ja Suomessa. Etteplan on listattu NASDAQ OMX Helsinki Oy:ssä tunnuksella ETT1V. [1.]

Etteplan Design Centerillä on käytössään tehoelektroniikkalaboratorioita joissa koestajat koestavat ja mittaavat työkseen laitteita asiakstarpeiden mukaan. Etteplanin testaus tilojen lukumäärä on riippuvainen asiakstarpeista. Yritys pyrkii mukautumaan asiakkaiden tarpeisiin ja toiveisiin testattavista laitteista ja suureista. Etteplan tekee laboratoriahankintoja ja -laajennuksia resurssien mukaan asiakkaiden niin vaatiessa, jos se on molempien osapuolien kannalta kannattavaa.

Insinööriyön lähtökohtana oli Etteplan Design Centerin asiakstarpeiden lisääntyminen. Etteplan tarvitsi lisää testaus tilaa ja tästä syystä yritys halusi, että heille suunnitellaan insinööriyönä uusi tehoelektroniikan laboratoriotila.

Tässä työssä selvitetään myös, mitkä ovat vaiheet, jotka kuuluvat tehoelektronikkalaboratorion suunnitteluun. Mitkä ovat huomioitavia asioita suunnittelussa, mitä mittauksia on tehtävä, jotta laboratoriotilasta saadaan turvallinen ja standardien mukainen, ja mitkä ovat hankittavat tarvikkeet ja laitteet. Tehoelektronikkalaboratorion suunnittelytyössä on otettava huomioon myös tarvittavat henkilö- ja laiteresurssit. Itse tehtävät rakennusvaiheet on huomioitava, sekä ne vaiheet, jotka mahdollisesti on ulkoistettava. Työvaiheiden ulkoistamisesta syntyy lisäkuluja, eivätkä resurssit käytännössä riitä kaikkien tarvittavien toimenpiteiden toteuttamiseen yrityksen sisäisellä työvoimalla.

## **2 Sähkötyöturvallisuus ja -määräykset**

Työnantajan yleisiin velvollisuuksiin kuuluu huolehtia työntekijöiden turvallisuudesta ja terveydestä. Tarkoituksena on, että työnantaja ottaa huomioon työolosuhteisiin, työhön ja muuhun työympäristöön, sekä työntekijän henkilökohtaisiin edellytyksiin liittyvät seikat.

### **2.1 Sähkölaboratorioissa ja -työsaleissa työskentely**

Sähkölaboratoriotilaan on maallikoilla pääsy ainoastaan opastetun tai ammattitaitoisen henkilön seurassa. SFS 6000-8-803 mukaan sillä ei ole merkitystä, onko laboratoriossa jännite kytketty vai ei. Mikäli tiloihin pääsyä ei voida muuten estää, ne on pidettävä lukittuina. On myös pidettävä huoli siitä, että kaikki ovet ja vastaavat kulkutiet on varustettava opasteilla, joissa kielletään tiloihin pääsy asiattomilta.

Jotta voidaan olla varmoja siitä, että tiloihin pyrkivä henkilö on opastettu henkilö tai sähköalan ammattilainen eikä maallikko, on hänen oltava varmasti tunnistettavissa. Jos maallikko kuitenkin päästetään laboratorioon, häntä on opastettava riittävästi ennen tiloihin pääsyä, ja häntä pitää valvoa koko sen ajan, kun hän tiloissa on. Maallikoille selvitettäviä asioita ennen laboratorioon pääsyä on, esimerkiksi ohjeet sähköisistä lisäsuojausjärjestelmistä, miten toimia hätätilanteessa sekä tiedot hätäseisjärjestelmistä. Heidän on myös tiedettävä, missä ensiapupisteet ja sammutuskalustot sijaitsevat.

### 2.1.1 Sähköverkon asennus- ja huoltotyöt

Rakennuksen sähköverkkoon tehtävät asennustyöt voi tehdä ainoastaan rakennuksen omistajan hyväksymä tai valtuuttama toimija. Laboratoriohenkilökunta ei saa tehdä itsenäisesti muutoksia nousukytkeihin.

### 2.1.2 Mittaus- ja testaustyöt laboratoriossa

Työntekijän on suoritettava hyväksytysti EN 6002 standardin mukainen sähkötyöturvallisuuskurssi ennen kuin voi työskennellä sähkölaboratoriotilassa. Työnantajan on annettava työntekijälle riittävät tiedot työpaikan vaara- ja haittatekijöistä. Työnantajan on huolehdittava siitä, että työntekijän ammatillinen osaaminen ja työkokemus on otettu huomioon, kun työntekijää perehdytetään työhön, olosuhteisiin tai työmenetelmiin, työssä käytettäviin laitteisiin ja työkaluihin sekä turvaolosuhteisiin tai työskentelytyötöihin, ennen kuin työntekijä aloittaa varsinaisen työskentelyn, työtehtävät muuttuvat, tai otetaan käyttöön esim. uusia laitteita. Työntekijälle on annettava myös opastusta korjaustöiden ja vaaratilanteiden varalle, miten vaaratilanteilta vältytään ja miten toimia häiriö- ja poikkeustilanteissa. [2, s. 80.]

Henkilö on perehdytettävä työhön myös silloin, jos tilassa jossa työskennellään, on sähköiskun tai valokaaren vaara. Sähkölaboratoriossa olevan valvovan tai ohjaavan henkilön, on oltava sähköalan ammattilainen. [3, s. 13 - 14.]

### 2.1.3 Muu työskentely tiloissa

Sähkölaboratorio on tilana erikoistila, josta on pidettävä huolta ja huolehdittava, että se on vaaditussa kunnossa koko ajan siellä työskenneltäessä. Tämä tarkoittaa sitä, että ilman valvontaa tilaa ei saa käyttää edes väliaikaisesti mihinkään muuhun tarkoitukseen. Kyseisen laboratorion läpi ei saa maallikolle olla edes läpikulkua tai vastaavaa, jos ei tilassa ole jatkuvasti ohjaavaa tai valvovaa, riittävän pätevyyden omaavaa henkilöä. Jos jostain syystä kuitenkin tehdään poikkeus, on tämän jälkeen tiloille suoritettava uudelleen käyttöönottotarkastus laboratoriotiloina. Tämän lisäksi voi olla, että joudutaan teettämään vielä varmennustarkastus, jota ei voi suorittaa kuin riittävän pätevyyden omaava henkilö. Useissa tapauksissa tämä henkilö on joko valtuutettu tarkastaja



tai valtuutettu laitos. Kaikista tehtävistä tarkastuksista on myös ehdottomasti tehtävä pöytäkirjat.

Sähkölaboratoriotilojen siivoamiseen käytetään usein ulkoista työvoimaa. Tällöin on pidettävä huoli, että heidät on perehdytetty siihen, kuinka tiloissa siivotaan turvallisesti sähköturvallisuusstandardien ohjeistuksen mukaisesti. Jos pidetään tarpeellisena, voidaan vielä erikseen siivottavista tiloista laatia tarkemmat ohjeet, esimerkiksi niin kutsutut tilakortit. [3, s. 13 - 14.]

## **2.2 Sähkölaboratoriotilat ja niitä koskevat vaatimukset**

Sähkölaboratorioista ja niiden sähköasennuksista on esitetty vaatimukset standardeissa SFS 6000-1...6000-6, ja lisäosat tai täydennykset ovat standardissa SFS 6000-8-803. SFS 6000-8-803:n vaatimukset koskevat tiloja, joissa on kosketeltavana jännitteenä luokan II jännitteitä (vaihtosähköllä  $50 < U \leq 1\,000\text{ V}$  ja tasasähköllä  $120\text{ V} < U \leq 500\text{ V}$ ). Jos testataan pienjännitteisiä laitteita, voi niiden yhteydessä esiintyä enintään 10 kV:n jännitteitä. Tässä tapauksessa koskettamisesta aiheutuva virta on enintään 10 mA.

Laboratoriotiloissa käytettävät virtapihdit ja mittapäät, on oltava standardien SFS-EN 61010-2-031 ja SFS-EN 61010-2-032 mukaiset. Korjattavien laitteiden kokeilut yms. on pyrittävä tekemään mahdollisuuksien mukaan kosketussuojattuna. Jos tämä ei ole mahdollista, on käytettävä tilapäisiä esteitä tai suojuksia. Kun tilassa on jännitealueen II ylittäviä, enintään 10 kV:n jännitteitä pienjännitelaitteiden erityiskokeiden aikana, testattava laite on erotettava huonetilasta niin, että estetään pääsy kosketussuojamattomien jännitteisten osien lähelle. Jotta kosketusjännitesuojaus olisi vieläkin parempi, on sähkölaboratorioiden lattioiden, testauspaikkojen ja työpöytien pintojen oltava eristäviä. Tarvittaessa eristävyys testataan SFS 6 000 luvun 612 mukaan.

Jos sähkölaboratoriotiloissa suoritetaan asennuksia, on niistä löydyttävä aina ajantasaiset dokumentit ja merkinnät. Tällaisia dokumentteja voivat olla esimerkiksi piirustukset sähkönsyötöstä, dokumentit tehdyistä asennuksista tai muutoksista, piirikaaviokuvat tai huoltokirjadokumentit.

Jotta tilat säilyvät jatkuvasti vaaditunlaisina, on käyttöönottotarkistuksien lisäksi tehtävä toistuvia mittauksia tasaisin väliajoin. Mittauksista on oltava ajantasaiset testipöytäkirjat ja ne on säilytettävä laboratoriossa. Muita mittauksia ovat esimerkiksi lattia- ja työtasopintojen yhdistelmäresistanssin ja maadoitusresistanssin mittaaminen. Lisäksi on huolehdittava, että maadoitusjohtimet ovat kiinni, standardien mukaiset merkinnät paikoillaan, ja pidettävä huoli siitä, ettei tiloihin ole tuotu laitteita tai materiaaleja, jotka voisivat aiheuttaa staattisia varauksia.

Sähkötapaturmien varalta on sähkölaboratorioissa oltava myös esim. Suomen Punaisen Ristin hyväksymät ensiapuohjeet ja hätäpuhelimen numero. Sähköturvallisuusmääräykset eivät kuitenkaan edellytä, että tiloissa olisi oltava varsinaisia ensiapuvälineitä. On kuitenkin hyvä selvittää, mitä ensiapuvälineitä olisi perusteltua sijoittaa työtiloihin. Kun ensiapuvälineet on hankittu, on tämän jälkeen pidettävä huoli, että ne ovat jatkuvasti käyttökunnossa. Helpointa on nimetä vastuuhenkilö tai laittaa ylläpito kiinteistöhoito- ja kunnossapito-ohjelmaan. [3, s. 18, 20, 24, 34.]

Paloviranomaiset ovat määrittäneet vaatimukset alkusammutuskalustosta, joten on pidettävä huolta, että ne ovat koko ajan toimintakunnossa ja merkinnät säilyvät. Työntekijän on tarvittaessa nimettävä yksi tai useampi työntekijä palontorjunta-, ensiapu- ja pelastustoimenpiteiden vastuuhenkilöksi, ellei ole pelastustoimilaisissa (561/1999) tarkoitettussa suunnitelmassa osoittanut vastaaviin tehtäviin suojeluhenkilöstöä. Kyseisten henkilöiden on oltava koulutettuja, ja heitä on oltava riittävästi sekä käytössä olevien varusteiden täytyy olla asianmukaisia. Huomioitavia asioita on myös työn luonne ja siihen liittyvät erityiset vaarat sekä työpaikan koko. 17 §:n säännökset on huomioitava henkilöitä nimettäessä. [2, s. 86.]

## **2.3 Sähkölaboratorioiden ja -työsalien turvallisuusjärjestelmät ja laitteet**

### **2.3.1 Erotus- ja vikavirtasuojakytkimet**

Standardin SFS-6 000 kohdan 537.2 mukaisesti, on työskentelyalueelta pystyttävä katkaisemaan jännitteet. Tarvittaessa pitää myös erotuskytkimen olla lukittavissa siten, että voidaan työskennellä valvotusti. Kun halutaan erottaa kaikki tilan asennukset kerralla jännitteettömiksi ja estää uudelleenkytkentä ilman valvovan henkilökunnan lupaa,

asennetaan lukittavaan tilaan usein hätäseis järjestelmän päällekytkentäpainike, tai tehdään päällekytkentäpainike avaimella ohjattavaksi. Hätäkytkentään käytettävät painikkeet on oltava helposti tunnistettavissa. Niiden luo on myös päästävä helposti ja esteettömästi. Painikkeena käytetään keltaisella pohjalla olevaa punaista kytkintä. Kaikki asennetut vikavirtasuojat pitää testata valmistajan ohjeiden mukaisesti ja niistä on oltava testipöytäkirja laboratoriossa saatavilla.



Kuva 1. Hätäseis-painike

Vikavirtasuojakytkimenä sähkölaboratorioissa suositellaan käytettäväksi tyyppin A laitteita (toiminta vaihtovirralla ja sykkivällä tasavirralla). Inverterilaitteita testattaessa voidaan käyttää erillisiä B-sarjan vikavirtasuojakykimiä. B-sarjan vikavirtasuoja toimii myös tasavirralla. Pienoisjännitteet, joita käytetään, on toteutettava joko SELV- tai PELV -järjestelmänä. Sähkölaboratoriotilojen on tällöin täytettävä standardin SFS 6 000 kohdassa 411.1 esitetyt vaatimukset.

### 2.3.2 Suojaerotus ja muu erottaminen

Puutteellisesti kosketussuojatun laitteen ensisijainen suojaukseen käytettävä suojausmenetelmä on suojaerotus. Tähän käytettävän muuntajan on oltava standardin SFS-EN -60742:n mukainen tai vastaava. Muuntajassa on oltava hälyttävä tai poiskytkävä ylikuormitussuojaus ja oikosulkusuojaus. Jos on häiriöiden takia tarpeellista erottaa mitta- laite syöttävästä verkosta, laitteelle käytetään tässä tapauksessa erillistä suojaerotusmuuntajaa.

Kun testauspiirissä on jännitealueen II ylittävä jännite ( $> 1\,000\text{ V AC}$  tai  $1\,500\text{ V DC}$ ) tai jokin muu vaarallinen jännite, joka voi syötön katkaisunkin jälkeen jäädä vaaralliseksi varauksena laitteeseen, on kyseisessä piirissä oltava vaarasta ilmoittava varoituskilpi. Työntekijöillä on oltava myös käytössä kiinteät tai siirrettävät työmaadoitusvälineet, joilla voidaan suorittaa työmaadoitus luotettavasti. Sähkölaboratoriossa olevat, enintään  $32\text{ A:n}$  nimellisvirtaiset pistorasiat täytyy suojata enintään  $30\text{ mA:n}$  vikavirtasuojakytkimellä. Tätä ei tarvitse kuitenkaan tehdä silloin, kun ne on liitetty SELV- tai PELV -järjestelmään, suojaerotukseen tai IT -järjestelmään.

IT-järjestelmää on syötettävä standardin SFS-EN-60742:n mukaisella suojaerotusmuuntajalla tai vastaavalla. IT-järjestelmä on rakennettava niin, että maasulkuvirta koko järjestelmässä on enintään  $10\text{ mA}$ . Kun järjestelmää käytetään, siinä on oltava eristystilan valvontalaite, jonka tehtävänä tarvittaessa on syötön poiskytkentä tai hälytyksen tekeminen. Usein suositetaan poiskytkennän käyttöä. Hälytyksen tai poiskytkennän suositetaan toimivan silloin, kun eristysresistanssi laskee alle  $50\text{ k}\Omega\text{:n}$ . [3, s. 21, 23, 24.]

## 2.4 Tiloissa käytettävät työkalut, varusteet ja mittalaitteet

### 2.4.1 Henkilösuojaimet ja työvaatetus

Sähkölaboratorioissa on käytettävä henkilösuojaimia yleisten turvallisuusvaatimusten mukaisesti. Pienjännitelaboratorioissa eniten käytetyt henkilösuojaimet ovat varmasti jännitetyökäsineet, joita olisi hyvä käyttää mittauksia tehdessä. Opastettu henkilö voi tehdä mittauksia avoimesta jännitteellisestä kohteesta, ja tällöin käsineiden käyttö on pakollista. Suojakäsineiden käyttö on pakollista myös silloin, kun käsitellään lämpimiä kappaleita tai pölyviä ja likaisia materiaaleja. Esimerkiksi moottorin laakerin vaihto on tällainen tapaus.

Työntekijällä on myös oltava kulloiseenkin työhön soveltuva työvaatetus ja turvakengienkin käyttö voi olla joissain tilanteissa tarpeellista. Samalla asianmukaisen vaatetuksen ja kenkien, on myös tarkoitus suojella käsiteltäviä komponentteja, kuten esimerkiksi EPA-tiloissa työskenneltäessä. Suojavarustuksen käytöstä ei kannata tinkiä, vaan

varusteita suositetaan käytettäväksi aina sähkölaboratoriossa työskenneltäessä. [3, s. 27 - 28.]

#### 2.4.2 Työkalut ja mittalaitteet

Kone, työväline tai muu laite, jonka asennus- tai käyttöolosuhteet vaikuttavat turvallisuuden, on tarkistettava oikean asennuksen ja turvallisen toimintakunnon varmistamiseksi ennen ensimmäistä käyttöönottoa, samoin kuin uuteen paikkaan asentamisen tai turvallisuuden kannalta merkittävien muutostöiden jälkeen (käyttöönottotarkastus). Tarkastus on myös muistettava tehdä tasaisin väliajoin käyttöönoton jälkeenkin ja tarvittaessa myös poikkeuksellisen tilanteen jälkeen työvälineen, koneen tai muun laitteen toimintakunnon varmistamiseksi (määräaikaistarkastus).

Työvälineitä, koneita ja muita laitteita on käytettävä, puhdistettava, hoidettava ja huollettava asianmukaisesti. Myös pääsyä koneiden ja työvälineiden vaara-alueelle on rajoitettava niiden rakenteen, sijoituksen, turvalaitteiden ja suojausten avulla tai muulla sopivalla tavalla. Korjaus-, säätö-, huolto-, puhdistus-, poikkeus- ja häiriötilanteisiin on varauduttava niin, että ne eivät aiheuta haittaa tai vaaraa työntekijöiden terveydelle tai turvallisuudelle. [2, s. 84.]

Jos käytettävä mittalaite on valittu mittauskohteen mitattavan virran ja jännitteen mukaan oikein, täyttävät tämän jälkeen yleensä myös mittalaitteen mittajohtimetkin kaikki niille asetetut vaatimukset. Pienjännitteillä työskenneltäessä, olisi hyvä käyttää käsityökaluina ns. jännitetyökaluja (esim. ruuvimeisselit ja pihdit). Jännitetyökaluissa on kosketeltavat osat suojattu eristeellä.

Mittalaitteiden kanssa täytyy muistaa se, että jos niitä on käytetty myös sähkölaboratorion ulkopuolella, on soveltuvuus kyseiseen käyttöön tarkistettava uudelleen. Erityisiä huomioitavia asioita ovat mm. CAT -luokituksen ja mekaanisen kestävyuden tarkistaminen. [3, s. 29 - 31.]

Taulukossa 1 on kerrottu eri CAT-luokitusten määritelmät.

Taulukko 1. CAT-luokitukset

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

### 2.4.3 Tilapäiset liitänjöhdot, mittausjohtimet ja mittapäät

Helppojen sähkökäyttöisten käsityökalujen ja testattavien laitteiden sekä koneiden tehonsyöttöön tarvitaan tilapäisiä liitänjöhtoja, kuten esim. jatkojohtoja. Sähkölaboratoriotilat ovat yleensä lämpimiä ja kuivia, mutta tästä huolimatta niissä suositetaan käytettäväksi tilapäisinä liitänjöhtoina ainoastaan keskivahvoja tai vahvoja kaapelityyppejä. Jatkopistorasiat ja pistotulpat taas pyritään valitsemaan niin, että ne vastaavat käytännön työympäristöä.

Mittauksia varten joudutaan kuitenkin joskus tekemään väliaikaisia kytkentöjä, ja tämä edellyttää yleensä kytkentäapujohtimien sekä mittapäiden käyttöä. Tällöin täytyy kiinnittää erityisesti huomiota kosketussuojauksiin mittapisteissä. Paljaiden naparuuvien käyttöä on syytä myös välttää. [3, s. 30 - 31.]

## 2.5 Tilojen edellyttämät turvallisuusmerkinnät ja -ohjeet

Työpaikan ja työskentelypaikkojen kulkuteiden, käytävien, uloskäyntien ja pelastusteiden, työskentelytasojen ja muiden alueiden, joissa työntekijät töidensä takia liikkuvat, on oltava turvallisia ja pidettävä turvallisessa kunnossa. Kaikissa ovissa, jotka johtavat sähkölaboratorioon, on oltava vaatimusten mukaiset kilpimerkinnät. Sisäministeriön asetuksen (805/2005) mukaisesti, tilojen sisäpuolella on oltava poistumisreittiopasteet ja poistumisreittivalaisimet. Jos tiloissa on vaarallisia rakenteita tai käytetään laitteita tai koneita, joiden takia turvallinen poistuminen esim. sähköjen katketessa ei ole mah-

dollista, on silloin tiloissa oltava myös riskialttiin työalueen valaistus. Tehoelektronikkalaboratoriossa on oltava myös kylttejä ja opasteita, ja niiden on kestettävä fyysiset rasitukset. Opasteista on olemassa standardin IEC-60417 mukaiset määräykset. [3, s. 33.]

Taulukossa 2. on esitetty sähkölaboratoriotilassa tarvittavia turvallisuusmerkintöjä

Taulukko 2. Esimerkkejä turvamerkinnoistä



## 2.6 Tilojen huolto, hoito ja kunnossapito

Normaalit varmennus-, käyttöönotto- ja määräaikaistarkastusten vaatimukset soveltuvat yleisesti myös sähkölaboratorioiden käyttöönoton, rakentamisen ja käytön tarkastuksiin. Mittalaitteista, aivan kuten muistakin laitteista on huolehdittava ja varmennettava, että ne säilyvät koko ajan määräysten vaatimassa kunnossa. Laitteiden tulee olla myös kunnostettavissa, käsiteltävissä ja puhdistettavissa turvallisesti. Jatkuva silmämääräinen tarkastelu ei riitä, vaan yleensä tehdään määräaikaistarkastuksia ja tarvittaessa jopa mittauksia. Suoja- ja hätäjärjestelmien toiminta on myös testattava tasaisin

välein. Jos esim. vikavirtasuojien valmistaja vaatii testaamista testipainikkeella kerran kuukaudessa, niin tätä määrystä on noudatettava. Tällaisiin tehtäviin on hyvä nimetä henkilö, jonka tehtävänä on huolehtia määrävälein tehtävistä tarkastuksista ja testauksista, joko tekemällä ne itse tai valvomalla niiden suorittamista. On tärkeää, että kaikki toimenpiteet kirjataan myös kunnossapito-ohjelmaan.

Sähkölaboratorion määräaikaistarkastusväli riippuu kiinteistöstä, jossa laboratorio sijaitsee. Jos kiinteistössä on sähköverkon johtaja oman muuntamon tai liityntätehon (yli 1 600 kVA) takia, määräaikaistarkastusväli on 10 vuotta, muuten se on 15 vuotta. Käytön johtajan tehtävänä on huolehtia määräaikaistarkastuksista. Jos käytön johtajaa ei ole, on tehtävään nimettävä henkilö, jonka vastuulla on huolehtia määräaikaistarkastuksista. [3, s. 37 - 38.]

Tarkastuksen tekijän tulee olla tehtävään pätevä työnantajan palveluksessa oleva tai muu henkilö. Pätevyyden määrittelee perehtyneisyys kyseessä olevan työväliseen käyttöön, rakenteeseen ja tarkastamiseen. Jos kone, laite tai työväline on vaarallinen, tarkastuksen saa tehdä vain asiantuntijayhteisö tai riippumaton asiantuntija. Tarkastuksessa on arvioitava erityisesti turvallisuutta työväliseen käytön kannalta ja noudatettava tarkastamiseen annettuja säännöksiä. Tarkastuksessa tulee huomioida myös tuotteen valmistajan ohjeet. [2, s. 85.]

Sähkölaboratorion kunnossapidosta vastaava henkilö on myös nimettävä. Kunnossapitoa helpottaa, jos kyseinen henkilö työskentelee myös tilassa. Hänen on oltava vähintään sähköalan ammattilainen, jotta hän suoriutuu tehtävästä. Tämä ei kuitenkaan aina riitä, vaan häneltä voidaan edellyttää jopa S1-tason sähköpätevyyskykyä. Koska tiloissa työskentelee usein myös muita sähköalan ammattilaisia, on tiloista vastaavalla henkilöllä oltava tästäkin syystä tarvittavat valtuudet tehtävänsä, jotta hän voi tarpeen tullen puuttua toisten tekemisiin ja korjata havaitsemiaan puutteita. [3, s. 40.]

Työntekijällä on velvollisuus ilmoittaa välittömästi työnantajalle ja työsuojeluvaltuutetulle työmenetelmissä tai työolosuhteissa havaitsemistaan vioista ja puutteellisuuksista, jotka voivat aiheuttaa haittaa tai vaaraa työntekijöiden terveydelle tai turvallisuudelle. Viat tai puutteellisuudet voivat olla esimerkiksi koneissa, henkilösuojaimissa, muissa työväliseissä tai muissa laitteissa. Työntekijän on työntantajalta saamansa ohjeistuksen mukaan, kokemuksensa sekä ammattitaitonsa mukaisesti ja mahdollisuuksiensa mu-



kaan poistettava ne ilmeistä vaaraa aiheuttavat tekijät ja puutteellisuudet, jotka on havainnut. Työntekijän on tehtävä myös ilmoitus siinä tapauksessa, että hän on poistanut tai korjannut kyseisen vian tai puutteellisuuden. Työnantajan on vastaavasti kerrottava ilmoituksen tehneelle työntekijälle tai työsuojeluvaltuutetulle, mihin toimenpiteisiin on ryhdytty tai aiotaan ryhtyä. [2, s. 81.]

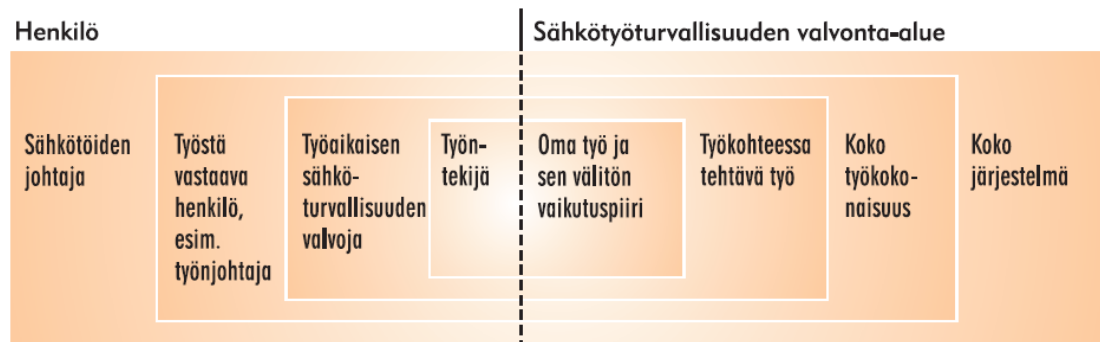
## **2.7 Tehoelektroniikkalaboratoriotilan turvallisuusorganisaatio**

Kaikilla sähköalan yrityksillä on oltava S1, S2 tai S3 pätevyiden omaava sähkötöiden johtaja. Hän on henkilö, joka loppujen lopuksi on vastuussa kaikista sähkötyöturvallisuuteen liittyvistä asioista. Sähkölaboratoriossa ja sähkötyösalissa on oltava aina myös erikseen kirjallisesti nimetty sähkötyöstä vastaava henkilö. Itsenäiseen työskentelyyn kykenevä sähköalan ammattilainen on riittävän pätevä henkilö tähän työhön. Jos henkilöllä ei ole sähkövoimatekniikan koulutusta, vaan esim. elektroniikan tai tietotekniikan koulutus, on hänellä oltava vähintään vuoden työkokemus kyseisistä sähköalan töistä. Silloin voidaan katsoa, että hän on kykenevä itsenäiseen työskentelyyn ja voi toimia sähkötyöstä vastaavana henkilönä. Henkilöllä voi olla useampikin tila vastuullaan. Koska tiloissa voidaan tehdä eri pätevyysluokkia vaativia töitä, on vastuuhenkilöllä oltava pätevyudet niihin kaikkiin.

Kaikkien sähköalan yrityksissä työskentelevien henkilöiden on oltava myös tietoisia koko sähkötyöturvallisuusorganisaatiosta. Olisikin suositettavaa jo tiloihin opastettaessa kertoa myös organisaatiosta ja eri toimijoiden tehtävistä. Koko organisaatiosta olisi hyvä olla kaaviokuva yhteystietoineen sähkölaboratorion seinällä. Sähkötyöturvallisuusorganisaatiossa on hyvä olla myös henkilönimet. Samoin kaikki tehtävät ja vastuualueet, jotta uusien työntekijöiden on myös helppo sisäistää järjestelmä. Epäselvissä tilanteissa saadaan kaaviokuvan avulla heti selville yhteyshenkilö. [3, s. 47 - 48.]

Taulukossa 3 on esitetty esimerkki sähkötyöturvallisuusorganisaatiosta. Taulukosta nähdään organisaatioon kuuluvien henkilöiden vastuualueet.

Taulukko 3. Sähköturvallisuusorganisaatio



### 3 Tehoelektroniikkalaboratorion suunnittelu

Tehoelektroniikkalaboratorion suunnittelu alkaa käyttöön tulevan tilan valinnasta ja hankinnasta. Tässä tapauksessa tila oli kuitenkin jo ennakkoon valittu, sillä yrityksellä oli Hyvinkäällä entuudestaan jo yksi testauslaboratoriotila, jonka vieressä oli käyttämätön toimitila. Olemassa olevaa toimitilaa päätettiin hyödyntää ja muokata siitä sähkölaboratoriokäyttöön soveltuva.

Valittuun laboratoriotilaan suunniteltiin tehoelektroniikan tarpeet täyttävä sisäinen sähkönjakelujärjestelmä. Kokemuspohjan perusteella, joka pohjautui Hyvinkäällä sijaitsevassa samankaltaisessa testauslaboratoriossa tehtyihin mittauksiin, voitiin arvioida testattavien laitteiden tehontarpeeksi noin 40 kW, kolmivaihelaitte. Yrityksen puolesta määritettiin myös tehoelektroniikkalaboratorion toteuttamiseen reunaehdot. Pienjännitteen oli oltava  $< 1\ 000\ \text{VAC} / 1\ 500\ \text{VDC}$  ja toimilaitteet saivat suurimmillaan olla 63 A (400 V).

Tehontarpeen perusteella mitoitettiin ja valittiin työpaikkakeskus. Valitun työpaikkakeskuksen mukaan mitoitettiin tarvittava pääkeskuksen syöttösulake, jonka mukaan määrytyi nousujohtimien koko. Nousukaapeli suunniteltiin reititettäväksi kaapelitikkaille välikattoon. Lopuksi, kun kaikki tarvittavat mitoitus, kaapelivalinnat ja suunnitelmat oli tehty, piirrettiin kytkennöistä, kaapeloinneista yms. asianmukaiset dokumentit.

Sähkönjakeluverkon suunnitteluvaiheessa oli huomioitava, että sähkölaboratoriotilassa työskennellään pienjännitealueella eli vaihtosähköllä  $50 < U \leq 1\ 000\ \text{V}$  ja tasasähköllä

$120 \text{ V} < U \leq 1\,500 \text{ V}$ . Kun testataan pienjännitteisiä laitteita, voi niiden yhteydessä esiintyä enintään 10 kV:n jännitteitä. Tässä tapauksessa koskettamisesta aiheutuva virta on enintään 10 mA. Sähkölaboratorioista ja niiden sähköasennuksista on esitetty vaatimukset standardeissa SFS 6000-1...6000-6, ja lisäosat tai täydennykset ovat standardissa SFS 6000-8-803.

Ennen mittalaitteiden ja kalustuksen hankintaa selvitettiin, onko olemassa käyttökelpoisia mittalaitteita entuudestaan, joita voisi hyödyntää. Tämän jälkeen tehoelektronikkalaboratorion käyttöasteelle ja testaustarpeille tehtiin huolellinen tarveanalyysi. Pohdittiin minkälaisia mittauksia tehoelektronikkalaboratoriossa oli tarkoitus tehdä, ja minkälaisia mittauksia tulevaisuudessa tarvitsee tehdä. Tämän avulla tiedettiin mihin jo olemassa olevat mittalaitteet ja koneet riittävät ja mitkä ovat niitä laitteita, jotka ovat ehdottomasti hankittava mittausten ja koestusten tekemiseen.

Tehoelektronikkalaboratorion kalustukseen kuuluu yleismittareita, säätömuuntajia oskilloskooppeja ym. Loput laitehankinnat riippuvat asiakastarpeista ja tilan käyttöasteesta. Laitehankintoja pohdittaessa on kuitenkin huomioitava esimerkiksi standardit SFS-EN 61010-2-031 ja SFS-EN 61010-2-032 laboratoriotiloissa käytettävistä virtapihdeistä ja mittapäistä.

Yksi merkittävimmistä suunnitteluun vaikuttavista asioista, joka helposti unohtuu on resurssit. Tarvittavista koneista, mittalaitteista, ESD-suojaukseen liittyvistä kuluista, kuten esim. ESD-lattiasta oli tehtävä kustannuslaskelmat. Pohdittiin myös halutaanko laboratoriotilalle suorittaa sertifiointi.

Resursseista johtuen pohdittiin mittalaitteita hankkiessa niiden eroavaisuuksia niin hinnoissa kuin laaduissakin. Arvioitiin siis tarkkaan kalliiden laitteiden kohdalla, maksaako ne ehkä itsensä takaisin, vai olisiko mahdollisuus suorittaa samat mittaukset joillain muilla menetelmillä. Kalliimmilla mittalaitteilla voidaan saada mitattua tarkempia arvoja, kuin hieman halvemmilla ja yksinkertaisemmilla laitteilla. On kuitenkin pohdittava kuinka tarkkoja mittauksia vaaditaan ja on kannattavaa tehdä. Tässä vaiheessa oli siis tiedettävä, mitä ja miten halutaan mitata, ja mitkä ovat tarkkuusluokat, joihin pyritään.

Tähän tarkoitukseen listattiin mittaukset, joita asiakastarpeet vaativat. Selvitettiin ja pohdittiin myös mittaukset, joita asiakkaat edellyttävät lähitulevaisuudessa. Taulukossa 5 on esitetty mittaukset ja mitattavat suureet.

Taulukko 4. Mitattavat suureet

Mittaus	Mitattavat suureet
Lämpöajot erilaisissa toimintapisteissä	lämpötilat (min. 40 kanavaa), virrat, jännitteet, tehot
Hyötysuhde	otto- ja antoteho
Harmoninen särö	verkkovirran harmoninen särö, tarvitaan 40:nteen harmoniseen taajuuteen asti.
Nousu ja laskuajat	du/dt ja di/dt
Hilaohjauksiin liittyvät mittaukset (tai muut mittaukset, joissa mittaus pitää toteuttaa kelluvana)	oskilloskooppi täysin erotettuna (akkukäytöllä)
Ääni	äänenpaine (dBA)
Jäähdytys	ilmamäärä ja tilavuusvirta
Oikosulku- ja maasulku	virta, jännite
Kuormitus erilaisissa toimintapisteissä	virrat, jännitteet, tehot

Kun oli selvitetty ja suunniteltu tarvittavat mittaukset, pystyttiin tekemään tarkempi tarvehankintalista. Tehoelektroniikkalaboratorioon tarvittavia laitteita olivat dataloggeri, lämpöanturit (esim. PT100), tehomittarit ja oskilloskoopit. Oskilloskoopien oli oltava USB- tai Ethernet -väylällä varustettuja, nopeudet oli oltava min. 200 MHz, mutta 600 MHz olisi toivottavampi. Oskilloskoopeilta vaadittiin myös ominaisuutta, joka mittaa nousuajoista keskiarvoa, minimiä ja maksimia sekä piirtää mitatuista nousuajoista kuvaajan. Lisäksi tarvittiin ainakin 2 kpl differentiaalimittapäitä, erillinen mittapää, joka liitetään oskilloskooppiin äänenpaineen mittaamista varten ja läpivirtausmittari. Erillinen oskilloskooppiin liitettävä pihtivirtamittari, erotusmuuntaja ja Shunt-vastuksia virran mitaamiseen (Gossen Metrawatt).

#### 4 Kiinteistö-/laitteistotarpeet ja mitoitukset

Työ aloitettiin mitoittamalla työpaikkakeskus, jonka perusteella valittiin kiinteistön pääkeskuksesta noususulake ja laskettiin tarvittavan nousukaapelin koko.

#### 4.1 Työpaikkakeskuksen mitoitus ja valinta

Työpaikkakeskuksen on oltava selkeällä ja helppopääsyisellä paikalla, jotta huoltaminen voidaan suorittaa helposti. Työpaikkakeskuksessa on suojalaitteita, jotka vaativat huoltoa tai tarkistamista säännöllisin väliajoin, joten jakokeskuksen paikka on valittava sen mukaan.

Työpaikkakeskuksen sulakkeen kuormavirran laskenta:

$$I_r = \frac{P}{U \times \sqrt{3}}, \quad I = \frac{40kW}{400V \times \sqrt{3}} \approx 58 \text{ A}$$

$I_z > 58 \text{ A}$ , eli valitaan seuraava suurempi vakiosulake  $I_z = 63 \text{ A}$

$I_r$  = kuormavirta

$I_z$  = sulakkeen nimellisvirta

Tämän avulla pystyttiin mitoittamaan ja rajaamaan tarvittava työpaikkakeskus, jossa oli oltava ainakin yksi 63 A:n lähtö. Pienempiä laitteita varten tarvitaan 32 A:n ja 16 A:n 3-vaihesyötöt. Tehoelektroniikkalaboratoriossa toimitaan pienjännitealueella, jolloin yleensä edellä mainitut sähkönsyötöt riittävät.

Näiden tietojen perusteella tutkittiin ja etsittiin ominaisuuksiltaan sopivaa kaupallista tuotetta. Työpaikkakeskuksessa oli oltava tarvittavat syöttömahdollisuudet, jotka edellä mainittiin. Sähkölaboratoriossa on myös suojattava enintään 32 A:n pistorasiat enintään 30 mA:n vikavirtasuojakytkimellä (ks. 2.3.2).

Näiden vaatimusten perusteella päädyttiin Falicon 125 A:n työpaikkakeskukseen, joka täytti kaikki vaadittavat kriteerit. Seuraavaksi esitetään taulukko kyseisen työpaikkakeskuksen tyyppitiedoista. Taulukon alimmalla rivillä oleva työpaikkakeskus on siis keskus, joka valittiin tehoelektroniikkalaboratorion toteuttamiseen. Taulukossa on esitetty mm. pistorasioiden lukumäärät, vikavirtasuojien koot, taajuusluokka sekä kotelon fyysiset mitat. Taulukossa 4 on esitetty työpaikkakeskusten tekniset tiedot.

Taulukko 5. Työpaikkakeskukset

## FTPKxx – TYÖPAIKKAKESKUKSET 400/230V 50Hz



TYYPPI	In/ [A]	Pistorasiat					Johdonsuoja-automaatit				varatila	Vikavirta- suoja	Kaapeli max. [mm <sup>2</sup> ]	Kotelon mitat
		1-os	2-os	5 x 16	5 x 32	5 x 63	1 x 16	3 x 16	3 x 32	3 x 63				
FTPK 1/40	40	3 x	-	1 x	1 x	-	3	2	1	-	-	x = 30 mA	Cu 16	290 x 360 x 150
FTPK 2/40	40	3 x	-	2 x	1	-	3	2	1	-	-	x = 30 mA	Al/Cu 50	300 x 560 x 160
FTPK 3/63	63	-	3 x	2 x	2	-	3	2	2	-	21	x = 30 mA	Al/Cu 50	450 x 560 x 160
FTPK 4/125	125	-	3 x	2 x	2	1	3	2	2	1	15	x = 30 mA	Al/Cu 95	450 x 700 x 160



Kuva 2. Työpaikkakeskus

## 4.2 Tehonsyöttö

Työpaikkakeskuksen valinnan perusteella tehonsyötön oli oltava vähintään 63 A. Koska haluttiin käyttöön koko työpaikkakeskuksen mahdollinen kapasiteetti (125 A) varattiin rakennuksen pääkeskuksesta 125 A:n sulakelähtö.

## 4.3 Nousukaapelin mitoitus

Suunnittelu aloitettiin selvittämällä, miten ja mihin kaapeli oli tarkoituksen mukaista sijoittaa. Tutkimme tilan ja päädyimme siihen, että paras tapa kaapelin asentamiseen on asennus välikattoon kaapelitikkaille, josta kaapeli kuljetetaan seinäpintaa pitkin alas työpaikkakeskukselle. Kaapelin kytkentämatkaksi mitattiin noin 15 metriä. Etusulakkeet olivat 3 x 125 A:n gG-sulakkeet. Tehoelektroniikkatila on normaali toimistotila ja siellä

ympäristön lämpötila on noin +25 °C . Kaikki nämä vaikuttavat korjauskertoimiin, jotka on huomioitava kaapelin mitoituksessa.

Toimitilan lämpötila on noin +25 °C ja kaapeli asennetaan seinäpinnalle (asennustapa C), niin ainoa huomioitava korjauskerroin aiheutuu harmonisista yliaalloista. D1:n mukaan korjauskertoimeksi valittiin 0,8. Seinään tehtävä läpivientikin suunniteltiin niin suureksi, ettei sitäkään tarvitse huomioida. Kaapeliksi mitoitettiin ylivirtasuojan nimellivirran mukaan D1:n taulukosta 4×70+35 kuparikaapeli. Taulukossa 5 on esitetty kaapelin valinta sulakkeen mukaan.

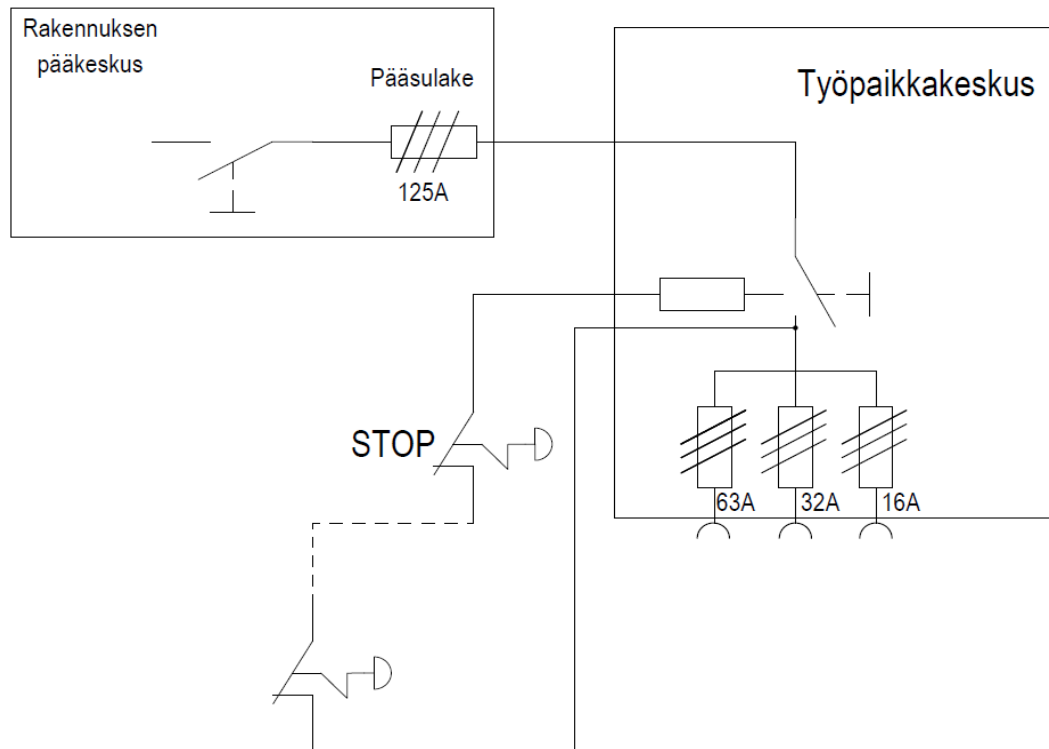
Taulukko 6. Kaapelinmitoitus

Korjauskerroin		1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6
Asennus tapa	Sulake/ johdon--suojakatkaisijan nimellisvirta I <sub>N</sub>	Vähimmäispoikkipinta, kun suojalaitteena on sulake/ johdonsuojakatkaisija mm <sup>2</sup> Cu					
C	63	16/10	16	16	25/16	25	35
	80	16	25/16	25	35/25	35	50
	100	25	35/25	35	50/35	70/50	70
	125	35	50/35	70/50	70	95/70	95
	160	70	70	95	95	120	150
	200	95	95	120	150	185	240
	250	120	150	150	185	240	300
	315	150	185	240	300	-	-
	400	240	300	300	-	-	-

#### 4.4 Turvakytkennät

Tehoelektroniikkalaboratorioon tarvittiin myös hätäseis-piiri turvallisuussyistä. Hätäseis-painiketta on painettava hätätilanteessa, jolloin hätäseis-piiri katkaisee virrat koneista tai laitteista. Piirin on katkaistava virrat myös laitteista, jotka ovat viallisen laitteen jälkeen tai sitä ennen, jos niistä aiheutuu vaaratilanne.

Seuraavaksi esitetään kaavio, jossa nähdään hätäseis-piiri, työpaikkakeskus ja rakennuksen pääkeskus.



Kuva 3 Työpaikkakeskus

## 5 Tehoelektroniikkalaboratorion kalustus

Tehoelektroniikkalaboratorion peruskalustukseen kuuluu mm. säätömuuntajia, yleismitareita, suojaerotusmuuntajia ja oskilloskooppeja.

### Säätömuuntaja

Säätömuuntajan tehtävänä on mahdollistaa portaaton ja häiriötön jännitteen säätö. Säätömuuntajia on yksi- ja kolmevaiheisia. Niitä käytetään ensisijaisesti vaihtojännitteiden nostoon ja laskuun, vaihtovirtapiirien galvaaniseen erottamiseen ja elektronisten piirien keskinäisten impedanssien sovittamiseen. [4.]





## Oskilloskooppi

Oskilloskooppi koostuu neljästä osasta. Vaakapoikkeutus- eli horisontaaliosasta, pystypoikkeutus- eli vertikaaliosasta, liipaisuosasta ja näyttöosasta. Käytännössä se piirtää mitattavan signaalin kuvaajan näytölle. Hyvälaatuisen oskilloskoopin kaistanleveys voi olla useita gigahertsejä, mutta tehoelektronikan laboratoriokäyttöön riittää yhden gigahertsin kaistanleveys. [4.]



## Suojaerotusmuuntaja

Suojaerotusmuuntaja on laite, joka erottaa galvaanisesti toisiopuolelle kytketyn laitteen. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että suojaerotusmuuntaja estää sähköiskun maan ja vaiheen välillä. Muuten oskilloskoopin mittakärjillä on suora yhteys maahan, josta syntyisi sähköiskun vaara. Suojaerotusmuuntajaa käytetään esim. oskilloskoopin ja sähköverkon välillä. Suojaerotusmuuntajaan ei kytketä kuin yksi laite kerrallaan, jotta käyttö säilyy turvallisena. [4.]



## Yleismittari True RMS

Yleismittareilla voidaan mitata esimerkiksi jännitettä ja virtaa. Kalliiden ja halpojen yleismittareiden erot ovat yleensä tarkkuudessa, turvallisuudessa ja mitta-alueiden laajuudessa. [4.]



Tehoelektroniikkalaboratoriossa on myös lämpöhuone, jossa on lämpökaappi. Lämpökaapilla testataan komponenttien kestävyyttä eri lämpötiloissa. Sillä voidaan tuottaa hallitusti haluttuja lämpötiloja. [4.]

## 6 Yhteenveto

Tässä työssä suunniteltiin tehoelektroniikkalaboratorion toteutus ammattikäyttöön, mutta varsinaista toteuttamista ei vielä tehty. Kyseisen suunnittelun pohjalta toteutetaan kyllä laboratoriotila, mutta sen varsinainen toteuttaminen siirtyy myöhempään ajankohtaan. Toteutuksen yhteydessä tehdään myös ISO 9001:n mukaiset dokumentaatiot laboratorion tilasta, jotka mahdollistavat tilan sertifiointin tarvittaessa. Tämä tarkoittaa toiminta- ja turvallisuusohjeiden, kytkentäkaavioiden ja niihin liittyvien asennuspiirustusten laatimista.

Sähkölaboratorion suunnitteluun ei ole olemassa yhtä ainoaa ja oikeaa tapaa, mutta sähkötyöturvallisuudesta ja sähkötilan rakentamisesta on säädetty standardeja, jotka asettavat vaatimuksia ja rajoituksia toteuttamiseen. Jos sähkölaboratoriotila suunnitellaan ja rakennetaan standardien vaatimusten mukaisesti on silloin myös siellä työskentely turvallista. Tämä edellyttää toki, että tilassa työskennellään myös sähkötyöturvallisuustandardien mukaisesti.

Laboratoriotila suunniteltiin Etteplan Design Centerin tilauksesta yrityksen tiloihin Hyvinkäälle. Etteplanin asiakastarpeet olivat lisääntyneet joten yritys tarvitsi uusia testaustiloja mittausten ja koestusten toteuttamiseen. Tehoelektroniikkalaboratorio lisää resursseja laitteiden testaukseen ja samalla kehittää yrityksen ammatti- ja tietotaitoa.

Työssä selvitettiin ja pohdittiin tarvittavia mittauksia, joita tehoelektroniikkalaboratoriossa yleisesti on pystyttävä tekemään, kuten esim. jännitteen, resistanssin sekä hyötysuhteen mittaamiset. Erityisesti kuitenkin oli pohdittava asiakkaiden edellyttämiä mittaavaatimuksia (esim. harmonisten säröjen mittaukset ja lämpötestaukset), jotta asiakastarpeet voidaan täyttää. Sen jälkeen, kun oli saatu selvitettyä tarvittavat mittaukset, oli helpompi lähteä kartoittamaan tarvittavia mittalaitteita ja tarvittavia virtoja yms.

Sähkölaboratoriotilan suunnittelussa oli pohdittava myös kuinka suuria virtoja testauksissa käytetään ja kuinka suuria ne voivat enimmillään olla testaustilassa. Minkäkokoinen syötön oli oltava, kun tehoelektroniikkalaboratoriossa toimitaan pienjännitteillä.

Työssä haluttiin painottaa tietoisesti turvallisuusnäkökantaa. Pohdittiin ja selvitettiin työturvallisuuteen liittyviä asioita hieman syvällisemmin. Työturvallisuuslaissa 23.8.2002/738 on säädetty esimerkiksi hyvin tarkkaan turvallisuusehdot, joten tutkittiin työntekijöiden ammattitaitovaatimuksia ja työvarusteita koskevia turvallisuusohjeita ja -määräyksiä. Lisäksi selvitettiin vaatimukset ja säädökset, jotka työtilasta sekä siellä työskentelystä oli määritetty.

Insinööriyössä esitettyjen suunnitelmien pohjalta saatiin hyvä kuva siitä, mitä kaikkea tehoelektroniikkalaboratorion suunnittelu ja rakentaminen vaatii. Projekti oli monivaiheinen, joten suunnitteluvaiheessa voi helposti unohtua jonkin asian mitoittaminen, huomioiminen tai laskenta. Sähkötyöturvallisuuteen on myös panostettava. On huomioitava kaikki mahdolliset riskitekijät, jotta työskentely tilassa on varmasti turvallista.

Insinööriyölle asetetut tavoitteet saavutettiin, sillä tämän tehoelektronikkalaboratorion suunnittelun pohjalta voidaan toteuttaa sähkölaboratoriotila. Työ painottui suunnittelun lisäksi tietoisesti työturvallisuuspuoleen. Työssä olevaa työturvallisuusmateriaalia voidaan hyödyntää muissakin sähkötiloissa, jos asiakastarpeet Etteplanilla kasvavat ja testaustiloja tarvitaan lisää.

## Lähteet

- 1 Etteplan Design Center. 2011. Verkkodokumentti. <[www.etteplan.fi](http://www.etteplan.fi)>. Luettu 21.5.2012.
- 2 Luhtanen, Raimo (toim.). 2005. LAKIKOKOELMA 2005, Sähköturvallisuus. Helsinki 2005. Edita Prima Oy.
- 3 Sähköturvallisuus ammatillisessa koulutuksessa. Espoo 2006. Teoksessa Kivimäki, Jaakko, Lehtonen, Lasse, Peltola, Seppo, Tarkkainen, Heikki (toim.). Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry.
- 4 Wikipedia. Verkkodokumentti. <[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)>. Luettu 15.5.2012.

### Laboratorion pohjapiirros

