

SÄHKÖSUUNNITTELIJAN KÄSIKIRJA

Smeds Pekka

Opinnäytetyö
Tekniikka ja liikenne
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Insinööri (AMK)

2018

Tekniikka ja liikenne
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Pekka Smeds	Vuosi	2018
Ohjaaja	Ins. (AMK) Marko Kukkola		
Toimeksiantaja	Oulun Insinöörikeskus OY Kauko Sorvoja		
Työn nimi	Sähkösuunnittelijan käsikirja		
Sivu- ja liitesivumäärä	31 + 3		

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä sähkösuunnittelijalle selkeä kuvaus rakennusprojektien sähkösuunnitteluvaiheista. Tämä opinnäytetyö tehtiin Oulun Insinöörikeskus Oy:lle, jonka palveluihin kuuluu sähkösuunnittelu.

Opinnäytetyössä käsiteltiin rakennusprojektin vaiheet siinä määrin kuin ne sähkösuunnittelijalle kuuluvat. Työssä käytiin läpi myös keskeisimmät laskutoimitukset, joita sähkösuunnittelija tarvitsee työssään.

Opinnäytetyössä käsiteltiin myös rakennusprojektin eri vaiheisiin kuuluvat kokoukset ja mitä sähkösuunnittelijan olisi hyvä tietää näistä kokouksista etukäteen. Työssä käytiin läpi myös työmaan luovutukseen liittyvät asiat sähkösuunnittelijan näkökulmasta.

Opinnäytetyön tulokseksi saatiin sähkösuunnittelijan käsikirja. Käsikirjan on tarkoitus helpottaa sähkösuunnittelijan työtä uran alkuvaiheessa. Opinnäytetyö tulee Oulun Insinöörikeskus Oy:n käyttöön.

Avainsanat

sähkösuunnittelu, sähkösuunnitteluprosessi, tekniset laskelmat

Technology, Communication and Transport
Electrical and Automation Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Pekka Smeds	Year	2018
Supervisor	Marko Kukkola BEng (UAS)		
Commissioned by	Oulun Insinöörikeskus OY Kauko Sorvoja		
Subject of thesis	Handbook for Electric Designer		
Number of pages	31+3		

The aim of this thesis was to give a clear description of the electrical design phases of construction projects for the electrical designer. This thesis is done for Oulun Insinöörikeskus Oy. Oulun Insinöörikeskus Oy is gives electrical design services for construction business.

The thesis deals with the steps of the construction project to the extent they belong to the electrical designer. The most important calculations that the electrical engineer needs in his work is covered also in this thesis work.

This thesis also handles the meetings in the different phases of the construction project and what the electrical designer should know about these meetings in advance. The work also involves issues related to the transfer of the finished building from the electrical designer point of view.

The electrical designer's manual is the result of this Bachelor's thesis. This manual is intended to facilitate the work of an electrical designer at an early stage of her career. The thesis will be used by Oulun Insinöörikeskus Oy.

Keywords

electrical design, electrical design process, technical calculations

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 OULUN INSINÖÖRIKESKUS OY	7
3 SUUNNITTELU.....	8
3.1 Suunnittelun lähtökohdat	8
3.2 Hankesuunnittelu	10
3.3 Luonnossuunnittelu.....	11
3.4 Toteutussuunnittelu	13
4 TEKNISET LASKELMAT JA MITOITUKSET	17
4.1 Oikosulkuvirran laskenta.....	17
4.2 Jännitteenaleneman laskenta	18
4.3 Kaapeleiden kuormitettavuus.....	20
4.4 Nousujohtojen mitoitus.....	20
4.5 Selektiivisyys	21
5 KOKOUKSET JA SEURANTA.....	23
5.1 Suunnittelukokoukset.....	23
5.2 Työmaakokoukset.....	23
5.3 Suunnitteluvaiheilmoitukset	24
5.4 Työmaakäynnit	25
5.5 Työmaan luovutus	26
6 LAIT JA ASETUKSET.....	27
7 LOPPUDOKUMENTOINTI	28
8 POHDINTA.....	29
LÄHTEET.....	30
LIITTEET	31

ALKUSANAT

Haluan kiittää Oulun Insinöörikeskus Oy:n toimitusjohtaja Kauko Sorvojaa, joka mahdollisti opinnäytetyön tekemisen Oulun Insinöörikeskus Oy:lle. Haluan kiittää myös opinnäytetyön ohjaaja Marko Kukkolaa ohjauksesta ja opastuksesta työ aikana.

Oulussa 27.4.2018

Pekka Smeds

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aihevalintaan vaikutti todella paljon oma työllistyminen. Työllistyin 2018 tammikuun alussa sähkösuunnittelutoimistoon. Alkuun oli haastavaa päästä työssä alulle. Olisi ollut hyvä, jos käytössä olisi ollut opaskirja, josta voi tarkistaa sähkösuunnittelussa tarvittavia asioita. Siitä sain idean opinnäytetyön aiheeseen. Aiheeksi valikoitui sähkösuunnittelun käsikirja, paketti, josta saa käsitteen siitä, mitä sähkösuunnittelu on.

Opinnäytetyössä käsitellään sähkösuunnittelun eri vaiheiden käytännöt ja mitä kussakin vaiheessa tehdään. Työssä käsitellään myös yleisimpiä laskukaavoja, joita tarvitaan kun mitoitetaan suunnittelukohteita. Suunnittelutyöhön kuuluu oleellisena osana myös muita tehtäviä, kuten suunnittelukokoukset, työmaan seurantaomenteet ja työmaakokoukset, joita käsitellään myös tässä käsikirjassa.

Opinnäytetyö tehdään Oulun Insinöörikeskus Oy:lle, jossa itse myös työskentele. Oulun Insinöörikeskuksessa minun valitsemani aiheeseen suhtauduttiin hyvin ja kannustettiin työn tekemiseen.

2 OULUN INSINÖÖRIKESKUS OY

Oulun Insinöörikeskus Oy on 2014 vuonna perustettu yritys. Yritys on alkujaan perustettu jo vuonna 2005, mutta se toimi alkuun nimellä Insinööritoimisto Sorvoja ky, joka muutti sittemmin nimensä Oulun Insinöörikeskus Oy:ksi 2014. Yrityksen toimipiste sijaitsee Oulussa, mutta toiminta on valtakunnallista. Yritys tuottaa insinöörisuunnittelupalveluita kaikkeen rakentamiseen. Yrityksen palveluita ovat muun muassa sähkösuunnittelu, tele- ja turvasuunnittelu, valvontapalvelut, kiinteistöjen kuntoselvitykset, energiaselvitykset ja -todistukset, vastaava mestari- ja työnjohto palvelut, rakennesuunnittelu sekä kaluste- ja tilasuunnittelu. Yritys työllistää tällä hetkellä toimitusjohtajan lisäksi kaksi työntekijää. Yrityksen asiakkaita ovat esimerkiksi rakennusliikkeet, kiinteistöyhtiöt, valtio, kunnat, kaupungit ja seurakunnat. Yrityksen referenssejä on muun muassa

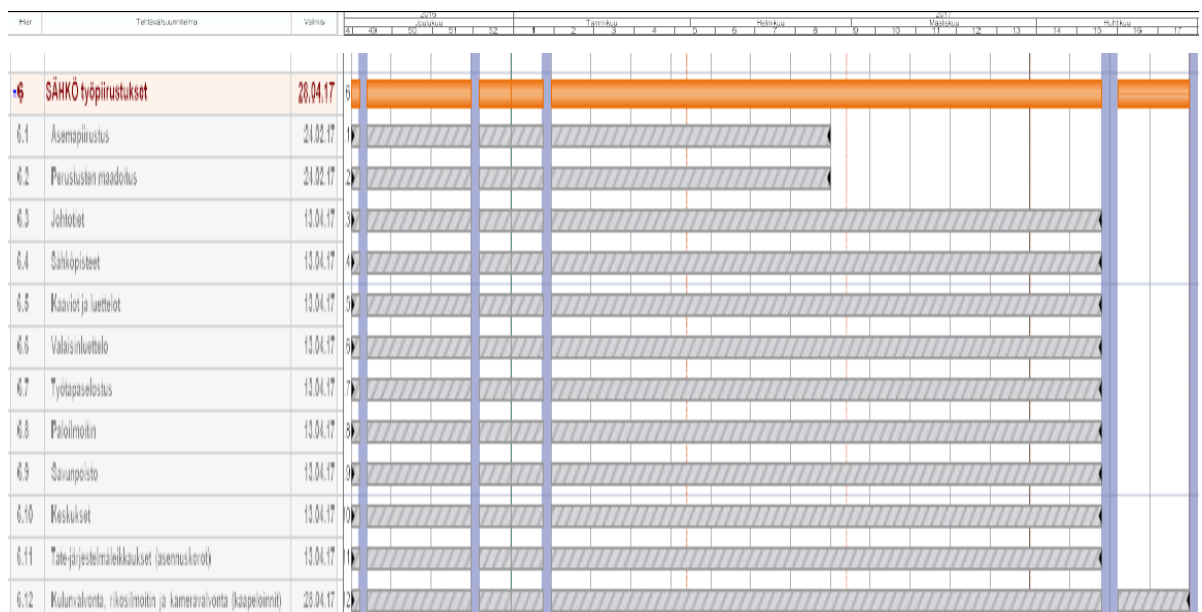
- Lumon Oy:n toimitilat Jyväskylä, Kempele ja Kuopio
- Limingan liikuntahalli
- Oulun kaupungin kirjastot (Tuira, Myllyoja, Kaijonharju ja Kaakkuri)
- Inarin saamenkielinen päiväkot
- Oulun kaupungin sairaala, vuodeosaston laajennus
- Oulaisten kaupunki, terveyskeskus
- Oulun Tuomiokirkko
- Oulun kaupunki, Kaakkurin koulukeskus
- Useita maa- ja eläintalous kohteita
- Useita asunto-osaakeyhtiöitä
- Senaattikiinteistöjen eri kohteita
- Oulaisten uimahalli
- Oulaskankaan sairaala. (Oulun Insinöörikeskus Oy 2018.)

3 SUUNNITTELU

3.1 Suunnittelun lähtökohdat

Rakennushankkeessa sähkösuunnittelijan tehtävänä on toimia asiantuntijana, joka etsii ja esittää oikea-aikaisesti eri ratkaisuja ja toteutustapoja, jotka täyttävät kohteen ominaisuus- ja olosuhdevaatimuksia. Suunnittelija tekee hyväksytyjen ratkaisujen perusteella suunnitelman, joka on mahdollista toteuttaa käytännössä ja joka voidaan käyttöönottaa. Suunnittelijan pitää olla kokoajan tekniikan kehityksessä mukana, jotta hän voi tuoda uusia näkökulmia ja innovatiivisia ratkaisuja eri tilanteisiin. Suunnittelijan yksi keskeisimpiä tehtäviä rakennushankkeen aikana on olla yhteydessä muiden talotekniikan suunnittelijoiden kanssa, jotta rakennuksen kokonaissuunnitelma talotekniikan osalta olisi toimiva, eikä niissä olisi ristiriitoja keskenään. Suunnittelijalta vaaditaan kokonaisuuden ymmärtämistä, jotta hän voi löytää sellaiset suunnitteluratkaisut, jotka täyttävät eri osapuolten tarpeet ja vaatimukset. Suunnittelija toimii sopimuksesta riippuen koko hankkeen ajan suunnittelutyön tilaajan edunvalvojana ja asiantuntijana. Tilaajalla voi olla myös ulkopuolinen valvoja. (Harsia 2004, 93.)

Sähkösuunnittelu on suurelta osin asiakaspalvelutyötä. Pitää pyrkiä suunnittelemaan kustannustehokkaasti ottaen huomioon asiakkaan tarpeet ja kohteen vaatimukset. (Sorvoja 2018). Kuvassa 1 sähkösuunnittelun suunnitteluaiakataulu.



Kuva 1. Sähkösuunnittelun suunnitteluaiakataulu (esimerkki)

Sähkösuunnittelu ei ole sähköturvallisuuslain mukaan luvanvaraista työtä. Tässä pitää ottaa kuitenkin huomioon se, että sähkösuunnittelijan tulee tuntea sähköturvallisuuteen liittyvät seikat niin, että toteutus on mahdollista tehdä tehtyjen suunnitelmien pohjalta ja että lopputulos on turvallinen ja säästöjen mukainen. (Harsia 2004, 93.) Nykyään on alettu keskittyä suunnittelussa yhä enemmän energiatehokkuuteen, ympäristöystävälliseen suunnitteluun, käytettävyyteen, huollettavuuteen, energiatehokkaisiin ratkaisuihin ja tietenkin taloudellisiin kustannuksiin.

Rakennusten energiatehokkuudelle on asetettu vaatimuksia yhteiskunnan toimesta ja ne kiristyvät. Vaatimukset perustuvat kansainvälisiin sopimusvelvoitteisiin ja yhteiskunnan yleiseen ilmapiiriin ympäristökuormituksen pienentämiseksi. Energiatehokkuus merkitsee käyttäjälle säästöjä käyttökustannuksissa, ja nykyään se on myös tärkeää imagolle, että ollaan omalta osalta energiatehokkaita ja sitä kautta kuormitetaan mahdollisimman vähän ympäristöä. Suunnitteluratkaisulla voidaan vaikuttaa rakennusten energiakulutukseen. Sähkösuunnittelussa asiaan voidaan vaikuttaa tuotteiden ja laitteiden valinnalla. Valaistussuunnittelu on yksi tärkeimpiä asioita jotka vaikuttavat ratkaisevasti rakennuksen energiankulutukseen. Valitsemalla energiatehokkaat valaisimet ja liitäntälaitteet, saadaan monesti huomattava säästö energiakulutuksessa, toki tällaiset valaisimet ovat hankintahinnaltaan monesti jonkin verran kalliimpia. Valaistuksen ohjauksella voidaan myös vaikuttaa energiankulutukseen. Kun laitetaan valaistusta ohjaamaan esimerkiksi liiketunnistin tai kellokytkin, saadaan minimoitua valaisimien tarpeeton päälläolo. Valaistussuunnittelussa kannattaa ottaa huomioon myös se, tarvitseeko kaikkien valojen olla päällä samaan aikaan. (Harsia 2004, 97.)

Suunnitteluvaiheessa ympäristöystävällisyyteen voidaan vaikuttaa esimerkiksi tuotteiden ja laitteiden valinnalla. Valitaan sellaisia tuotteita jotka säästävät luonnon varoja ja aiheuttavat mahdollisimman vähän jätekuormitusta. (Harsia 2004, 97.)

Käytettävyys ja käyttäjoustavuus ovat myös tärkeässä roolissa kohteen suunnitteluvaiheessa. Suunnittelun alkuvaiheessa tulee tietää mihin tarkoitukseen kohde tulee ja onko siihen tulossa lähiaikoina mahdollisia muutoksia tai lisäyksiä, joihin

voitaisiin varautua jo etukäteen. Esimerkiksi jos tiedetään kohteen kuormituksen kasvavan lähiaikoina, osataan etukäteen suunnitella kohde sen mukaan että kuormituksen kasvu ei tuota ongelmia lähitulevaisuudessa. Toimistokäyttöön tulevilla tiloissa voidaan määrittää kasvuvarat siten, että 5 vuodessa kasvu on noin 20 %, 10 vuodessa noin 35 % ja 20 vuodessa suunnilleen 50 % (ST 53.24, 2017) Myös eri-ikäisten käyttäjien valmiudet ja toiminnan rajoitukset tulee ottaa huomioon suunnitteluvaiheessa esimerkiksi lapset ja vanhukset (Harsia 2004, 99).

3.2 Hankesuunnittelu

Hankesuunnittelussa asetetaan rakennushankkeelle täsmälliset laajuutta, toimivuutta, laatua, kustannuksia, ajoitusta ja ylläpitoa koskevat tavoitteet. Hankesuunnittelun tuloksena syntyy hankesuunnitelma, joka muodostuu projektiohjelma- ja hankeohjelmasta. Valmisteluun kuuluu tarvittavien selvitysten teettäminen ja toteutusmuodon alustava määrittäminen. (TATE 18, 2017)

Hankesuunnittelun lähtötietoina käytetään käyttäjien ja omistajien tavoitteita, jotka ovat hyväksytyt tarveselvitysvaiheessa. Lisäksi rakennuttajan tehtävänä on antaa kohteesta seuraavia taloteknisiä tarpeita:

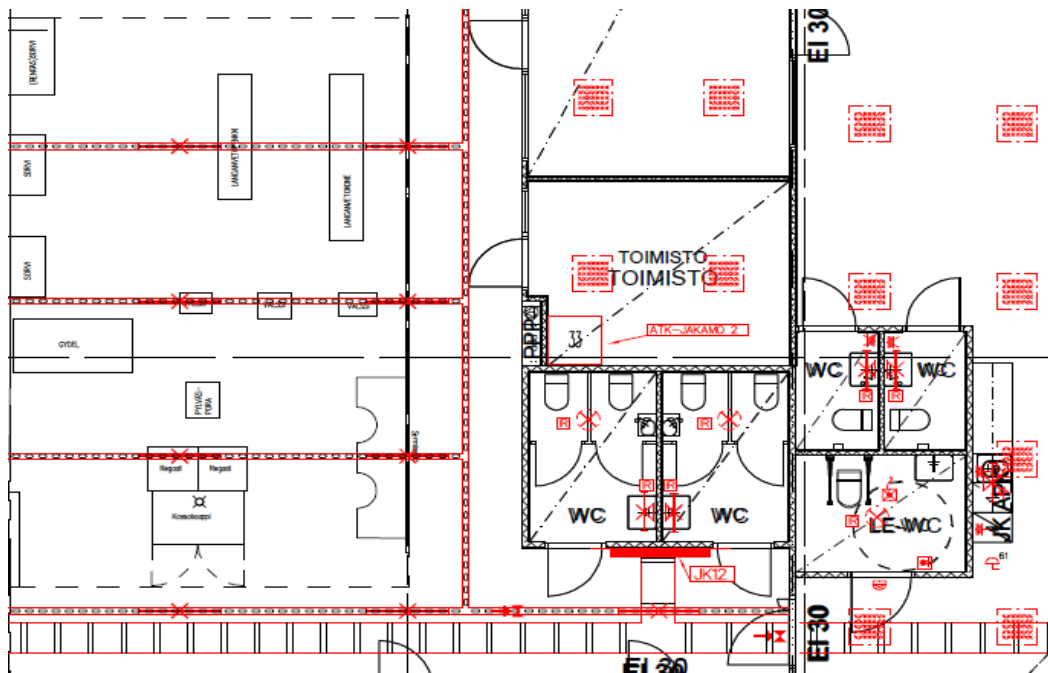
- talotekniset palvelut
- sisäilmasto, lämpökuormat, käyttöajat
- luonnonvalo ja valaistus
- tiedonsiirto, turvallisuus
- keskeytymätön käyttö, poikkeustilanteet
- erityiskuormat, häiriö tilanteet
- tilan käyttäjien vaikutusmahdollisuudet
- monikäyttöisyys, muunneltavuus, laajennettavuus
- ulkonäkö
- erikoisvaatimukset. (TATE 18, 2017)

Taloteknisen suunnittelijan tehtävät hankesuunnitteluvaiheessa ovat tyypiltään avustavia tehtäviä, jotka liittyvät esimerkiksi tontin tai rakennuksen rakennettavuuden selvittämiseen, energiankulutuksen, ympäristökuormituksen ja olosuhteiden tavoitearvojen määrittelyyn, sekä taloteknisten suunnittelu tavoitteiden määrittelyyn ja sovittamiseen hankkeen tavoitteisiin. Taloteknisen kustannusarvion laadinta voi myös sisältyä suunnittelijan tehtäviin. (Harsia 2004, 61.)

3.3 Luonnossuunnittelu

Luonnossuunnitteluvaiheessa tutkitaan vaihtoehtoisia periaateratkaisuja ja määrittellään kohteen ohjelmaa ja tavoitetta vastaava toiminnallinen ja tekninen perusratkaisu. Luonnossuunnitteluvaihe päättyy rakennuslupaa varten tarvittavien asiakirjojen laatimiseen. (Harsia 2004, 62.)

Luonnossuunnittelun keskeisin tavoite on esittää kohteeseen parhaiten sopivat ja vaatimukset täyttävät ratkaisut tilaajalle niin, että ne olisi mahdollisimman selkeät. Esitysvaiheessa käydään läpi jokaisen eri vaihtoehdon toimivuus ja soveltuvuus ympäristöön. Luonnossuunnitelmasta tulisi olla arvioitavissa vaihtoehtojen kustannukset ja eri vaihtoehtojen pitäisi olla keskenään vertailukelpoisia. (Harsia 2004, 62.). Kuvassa 2 sähkösuunnittelijan tekemä luonnossuunnitelma.



Kuva 2. Luonnossuunnitelma

Luonnossuunnittelun lähtötietoina käytetään hyväksyttyä hankesuunnitelmaa ja tehtyä investointipäätöstä. Tässä vaiheessa rakennuttaja vielä tarkentaa lähtötietoja ja reunaehtoja, jos se on tarpeellista. Rakennuttajan tehtävänä on asettaa seuraavat suunnittelutavoitteet:

- suunnittelu- ja vastuurajat
- suunnittelu-aikataulu
- suunnittelun ohjausmenettely
- turvallisuusnäkökohdat dokumenttien jakelussa
- laatu järjestelmän käyttö
- käyttö- ja huoltosuunnitelman laatimisperiaatteet. (Harsia 2004, 62.)

Luonnossuunnitteluvaiheessa sähköinen talotekniikkasuunnittelija selvittää teknisten tilojen sijoituksen ja tilantarpeen sekä määrittää pääjohtoreittien sijoitukset ja tilantarpeet ehdotuspiirustuksiin (Harsia 2004, 63).

Luonnossuunnitteluvaiheessa laaditaan luonnossuunnitelmapaketti, jossa otetaan huomioon kiinteät rakennusosat ja muuntuvat tila-alueet. Sähkö-, tele ja turvajärjestelmien dokumentointi seuraavasti:

- tila- ja suojausluokitukset tai niiden vaihtelumahdollisuudet
- valaistusratkaisut tyyppituloille tai niiden vaihtelumahdollisuudet
- ryhmitys- ja mittausalueet tai niiden vaihtelumahdollisuudet
- maadoitus- ja potentiaalintasausjärjestelyt
- jakelujärjestelmät tai niiden vaihtelumahdollisuudet
- varmennetut ja keskeytymättömät jakelut tai niiden vaihtelumahdollisuudet
- ohjaustarpeet ja ratkaisut tai niiden vaihtelumahdollisuudet
- tele ja turvajärjestelmien järjestelmäkaaviot. (TATE 18, 2017.)

Luonnossuunnitelmapaketin tuloksena on, järjestelmäkuvaukset toiminta periaatteineen, asemapiirustus, tasopiirustukset pääjohtoreitein ja tarvittavat leikkaukset, jakelukaaviot, järjestelmäkaaviot sekä alustavat laiteluettelot. (TATE 18, 2017.)

3.4 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnittelussa luonnossuunnitelma kehitetään rakentamisen ja hankinnan edellyttämiksi mitoitetuiksi suunnitelmiksi ja tuotemäärittelyiksi. (TATE 18, 2017). Toteutussuunnitteluvaiheen päätavoite on laatia suunnitelma niin yksityiskohtaiseksi, että sen perusteella voidaan määrittää sähkötöiden laajuus ja muut kustannuksiin vaikuttavat tekijät ja hankintarajat (Harsia 2004, 66).

Toteutussuunnittelu jakautuu kahteen vaiheeseen, joiden tuloksina ovat hankintoja palvelevat suunnitelmat ja toteutusta palvelevat suunnitelmat. Painopiste on tilakohtaisessa suunnittelussa, tarkkojen mitoituslaskelmien tekemisessä, verkostojen sijoituksessa ja mitoituksessa sekä sähköselostuksen laatimisessa. (Harsia 2004, 66.)

Edellytyksenä toteutussuunnittelun aloittamiselle on tarkastaa, että luonnossuunnitelma sisältää tarvittavat tiedot suunnitteluvaihetta varten. Jos lähtötiedoissa on puutteita, niin ne kirjataan ylös ja toimitetaan rakennuttajalle päätöksentekoa varten. (TATE 18, 2017.)

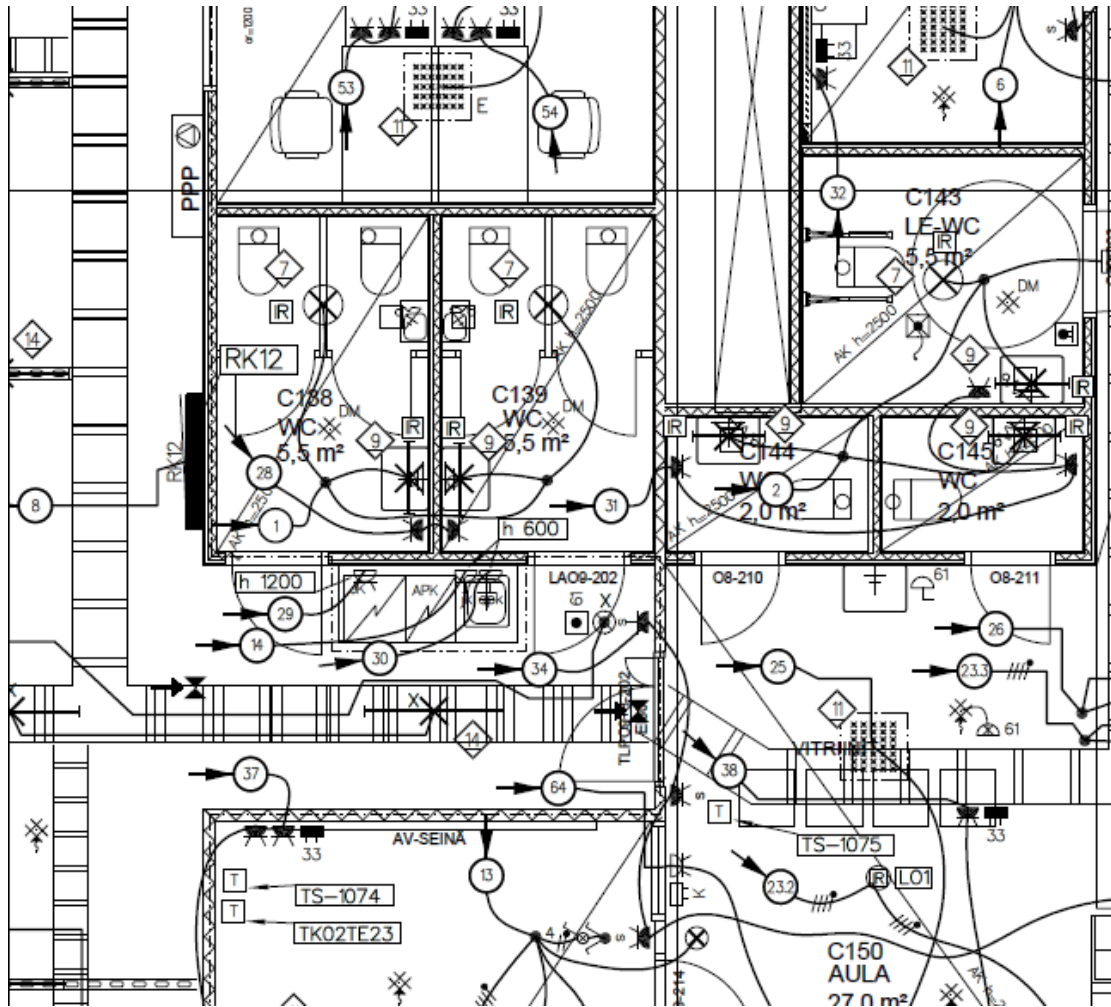
Lähtötietojen tarkastuksen jälkeen pidetään tarvittavat suunnittelu-, viranomais- ja käyttäjäkokoukset. Sähkösuunnittelijalle tärkeimpänä näistä kokouksista voidaan pitää suunnittelukokousta. Suunnittelukokouksissa tehdään päätöksiä esille tulevista suunnittelukysymyksistä ja käydään läpi suunnittelun tilaa ja aikataulua. (TATE 18, 2017.)

Toteutussuunnittelussa on tärkeää käydä läpi suunnittelun huolehtimis- ja vastuurajat. Tämä tarkoittaa sitä, että sovitaan huolehtimis- ja vastuurajat sellaisille suunnittelutehtäville joissa työskentelee useampi suunnittelija yhteistyössä. Tyyppisimpiä asioita joissa näitä rajoja tarvitaan, ovat:

- oviympäristöasiat ohjatuissa ja kulunvalvonnalla varustetuissa ovissa
- savunpoistoratkaisut
- laite- ja prosessisähköistys
- sähkötiloihin liittyvät lämpökuormat ja jäähdytysratkaisut
- integroidut järjestelmät ja niiden suunnitteluvastuut. (TATE 18, 2017.)

Suunnittelun huolehtimis- ja vastuurajat tulee määrittää heti suunnittelun aluksi. Niillä varmistetaan, että useisiin suunnittelualoihin liittyvissä järjestelmissä joku suunnitteluosapuoli vastaa siitä, että käyttäjän tarpeet tai viranomaisten vaatimukset tulevat huomioiduiksi ja että muut suunnitteluosapuolet saavat riittävät lähtötiedot oman alansa suunnitelmien laatimiseksi. Toteutussuunnittelu vaiheessa järjestetään myös suunnittelukatselmuksia jos niitä koetaan tarpeelliseksi. (TATE 18, 2017).

Toteutussuunnitteluvaiheessa sovitaan yhteistyössä pääsuunnittelijan kanssa kanava-, putki- ja johtoreitit sekä niiden yhteensovitus. Lisäksi yhteensovitaan kerrosten talotekniset ratkaisut alustavien LVI- reittipiirustusten ja sähköpistesijoituspiirustusten perusteella. Sähkö-, tele- ja turvajärjestelmien pistesijoitus-suunnitelman toimivuus eri kalustusratkaisuilla käydään läpi yhdessä käyttäjän, sisustajan ja arkkitehdin kanssa. (TATE 18, 2017.)



Kuva 3. Toteutussuunnitelma

Kuvassa 3 sähkösuunnittelijan tekemä toteutussuunnitelma. Hankintoja palvelevat suunnitelmadokumenteissa esitetään suunnitelmat ja vaatimukset niin yksityiskohtaisesti, että niiden pohjalta voidaan laskea urakkahinta. Sähkösuunnittelijan tehtävänä on myös määrittellä rakenteisiin tehtävien läpivientien tarve ja määrä. Nämä tulee toimittaa rakennesuunnittelijalle joka tarkastaa onko läpiviennit mahdollista toteuttaa. (TATE 18, 2017.)

Toteutussuunnittelussa on tärkeää suorittaa suunnitelmien ristiintarkastus, yhteensovittaminen ja vertailu muiden suunnittelijoiden kanssa. Suunnittelun eri osapuolet ovat velvollisia tutustumaan toisten suunnitteluosapuolten suunnitelmiin ja vertailemaan niitä omiin suunnitelmiinsa. Ristiintarkastuksella pystytään välttämään tyhjiä yhteen törmäyksiä rakennusvaiheessa. Tämä vaatii kuitenkin sen, että jokainen käy suunnitelmat läpi ja raportoi niistä eteenpäin, jolloin ristiteemat voidaan korjata. (TATE 18, 2017.)

Toteutussuunnittelussa tuotetaan seuraavia asiakirjoja, joiden laajuus ja muoto määräytyvät kohteen tarpeiden mukaan:

- työselitys
- asemapiirustus
- pohjapiirustukset, leikkaukset, detaljit ja julkisivut
- tyyppihuonepiirustukset
- järjestelmäkaaviot
- laiteluettelot
- materiaalierittelyt
- pistesijoituspiirustukset
- johtotiepiirustukset
- johdotus- ja ryhmityspiirustukset
- keskusten ja kytkentäkaappien kokoonpanopiirustukset. (Harsia 2004, 67.)

Toteutussuunnitelman hyväksyntä suoritetaan, kun on verrattu suunnitelmia tavoitteisiin ja raportoitu poikkeamat ja niiden syyt, sekä suoritettu sisäinen laadunvarmistus. (TATE 18, 2017.)

4 TEKNISET LASKELMAT JA MITOITUKSET

4.1 Oikosulkuvirran laskenta

Standardin SFS 6000 osa 1 edellyttää, että suunnitteluvaiheessa täytyy laskelmin tai muulla tavoin varmistaa, että sähköasennusten suojausta koskevat perusvaatimukset toteutuvat. Kun nämä asiat otetaan huomioon suunnitteluvaiheessa, niin vältytään väärin mitoitettujen suojauksien korjaamiselta joka on aina työläämpää ja kalliimpaa kuin suojausvaatimusten toteutumisen varmistaminen suunnitteluvaiheessa. Jotta suunnitteluvaiheessa voitaisiin selvittää edellä mainitut suojausvaatimukset, tulee suunnitteluvaiheessa olla käytettävissä tarpeelliset lähtötiedot. (ST 53.24, 2017)

Oikosulkusuojauksen tarkoituksena on suojata johtimia oikosulkuvirran aiheuttamalta lämpenemiseltä. Oikosulkusuojaus toteutetaan yleisesti erillisellä oikosulku suojalla, mutta jossakin tapauksissa voidaan käyttää oikosulkusuojan ja ylikuormitussuojan yhdistelmää. Yleisesti suojalaitteena toimii sulake tai johdonsuojakatkaisija. (ST 53.24, 2017)

Kaapelit ja muut komponentit on mitoitettava yleensä enintään 5 sekunnin oikosulkuvirran aiheuttaman lämpövaikutuksen perusteella. Oikosulkuvirran suuruus vaikuttaa sallittuun kestoaikaan. Oikosulkuvirran suuruuteen vaikuttavat käytetty jännite ja verkon impedanssit oikosulkuutilanteessa. Oikosulun kesto aika voidaan määrittää kaavalla 1. (ST 53.24, 2017.)

$$t = \left(k \times \frac{A}{I}\right)^2 \quad (1)$$

missä

t	on	oikosulun kesto aika
k	on	kaapelivakio
A	on	kaapelinpoikkipinta
I	on	todellinen oikosulkuvirta

Monet suunnitteluohjelmat laskevat oikosulkuvirrat automaattisesti, jos sinne syötetään oikeat arvot, jolla työ tullaan toteuttamaan, mutta käsinlaskenta olisi

hyvä osata siltä varalta, että voi tarkistaa saadut tulokset, jos niissä on poikkeamia. Yksi tapa laskea oikosulkuvirta on käyttää kaavaa 2.

$$I_k = \frac{(c \cdot U)}{(\sqrt{3} \cdot Z)} \quad (2)$$

jossa

I_k	on	pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta
c	on	kerroin 0,95, joka ottaa huomioon jännitteenaleneman liittimissä, johdoissa, sulakkeissa, kytkimissä jne.
U	on	pääjännite (V)
Z	on	virtapiirin kokonaisimpedanssi, joka muodostuu - jakelumuuntajaa edeltävän verkon impedanssista - muuntajan jälkeisten johtimien impedanssista

Automaattisen poiskytkennän takia vaadittavista oikosulkuvirroista on olemassa valmiita taulukoita, esimerkiksi D1 käsikirja rakennuksen sähköasennuksista kirjassa. Liitteet 2 ja 3 ovat esimerkkejä valmiista taulukoista, joita löytyy D1 käsikirjasta

4.2 Jännitteenaleneman laskenta

Jännitteenalenema on yksi asia, joka tulee sähkösuunnittelijalle eteen jokaisessa suunnittelukohteessa. Jännitteenaleneman laskenta olisi hyvä osata laskea käsin, vaikkakin suurin osa ohjelmistoista laskee sen automaattisesti, kun siihen syöttää oikeat arvot. Jännitteenalenema liittymispisteen ja minkään kuormituspisteen välillä ei pitäisi olla suurempi kuin taulukon 1 arvot verrattuna asennuksen nimellisjännitteeseen. (SFS 600-1, 2017.)

Taulukko 1 Jännitteenaleneman suositusarvot (SFS 600-1, 2017)

Asennuksen tyyppi	Valaistus %	Muu käyttö %
A- Pienjänniteasennus, joka on syötetty suoraan yleisestä jakeluverkosta	3	5
B- Pienjänniteasennus, joka on syötetty yksittäisestä tehonlähteestä	6	8

Suurempi jännitteenalenema kuin taulukoissa voidaan sallia moottoreilla käynnistyksen aikana ja muilla laitteilla, joilla on suuri käynnistysvirta (SFS 600-1, 2017)

Jännitteen alenema voidaan laskea käyttämällä seuraavia kaavoja 3,4 ja 5. Suhteellinen jännitteenalenema voidaan laskea kaavalla 6.

Tasajännitteellä:

$$\Delta U = I * 2 * r * l \quad (3)$$

Yksivaiheisella vaihtojännitteellä:

$$\Delta U = I * 2 * l * (r \cos \phi \mp x \sin \phi) \quad (4)$$

Kolmivaiheisella vaihtojännitteellä:

$$\Delta U = I * l * \sqrt{3} * (r \cos \phi \mp x \sin \phi) \quad (5)$$

Suhteellinen jännitteenalenema:

$$\Delta u = \frac{\Delta U}{U_n} * 100\% \quad (6)$$

jossa

ΔU	on	jännitteenalenema volteissa (V)
I	on	kuormitusvirta (A)
l	on	johdon pituus (m)
r	on	ominaisresistanssi (Ω/m)
x	on	ominaisreaktanssi (Ω/m)
U_n	on	nimellisjännite
ϕ	on	jännitteen ja virran välinen vaihekulma
Δu	on	suhteellinen jännitteenalenema

(SFS 600-1, 2017)

4.3 Kaapeleiden kuormitettavuus

Kaapeleiden kuormitettavuus on myös tärkeä tietää, koska kaapeleiden ylikuormitus aiheuttaa kaapelin lämpenemistä ja sitä kautta aiheuttaa tulipalon vaaran. Ylikuormitus myös vähentää kaapelin käyttöikää. Kaapeleiden kuormitettavuuteen vaikuttavat johdinmateriaali, eristemateriaali, ympäristön lämpötila, asennustapa sekä muiden virtapiirien läheisyys. (D1 2017, 210.)

Kaapeleiden kuormitettavuudelle on tehty valmiiksi taulukoita, joissa on kerrottu eri poikkipinnoille ja kaapelimateriaaleille sallittuja kuormitusvirtoja. Taulukot sisältävät arvot uppoasennukselle (A), pinta-asennukselle (C), maa-asennukselle (D) ja vapaasti ilmaan tehtävälle asennukselle (E). Arvot on laskettu PVC-eristeisille kolmivaihepiireille, jolloin niitä voi soveltaa myös yksivaihepiireihin ja PEX-eristeisiin kaapeleihin. (D1 2017.). Johtojen kuormitettavuudet näkyvät liitteessä 1.

4.4 Nousujohtojen mitoitus

Johdon mitoituksen ja suojauksen suunnittelu on keskeisimpiä sähkösuunnitteluun kuuluvia asioita. Johdon mitoituksella tarkoitetaan lähinnä mitoitusta johdon kuormitettavuuden kannalta ja johdon suojauksella suojausta ylikuormituksen ja oikosulkujen varalta. Mitoitukseen kuuluu myös johtimien ja ylivirtasuojien valinta siten, että kosketusjännitesuojausta koskevat vaatimukset toteutuvat. Mitoituksessa tulee ratkaista seuraavat asiat:

- mitoitusarvot
- ylikuormitussuojien valinta
- johdon poikkipinta
- oikosulkusuojauksen toiminta
- syötön automaattisen poiskytkennän ehdot
- suojalaitteiden selektiivisyys
- jännitteenalenema. (Tiainen 2010, 9.)

Nämä asiat vaikuttavat johdon mitoitukseen teknisesti. Johtoa valittaessa on myös tärkeää, että tekniset minimivaatimukset täyttävä mitoitus on myös kokonaistaloudellisesti mahdollisimman optimaalinen. Kokonaistaloudellisuus koostuu hankinta- ja asennuskustannusten lisäksi mm. kunnossapito ja häviökustannuksista. (Tiainen 2010, 9.)

4.5 Selektiivisyys

Selektiivisyydellä tarkoitetaan sitä, että suojalaite toimii ainoastaan sen varsinaisella suojausalueella sattuvissa ylikuormitus ja oikosulkutilanteissa. Selektiivisyys voidaan tarkistaa vertailemalla suojalaitteiden ominaiskäyriä. (Tiainen 2010, 110.) Sähkösuunnittelija joutuu miettimään minkä kokoisia sulakkeita käytetään (Kuva 4).



Kuva 4. Kahvasulake

Selektiivisyyden toteaminen laskemalla edellyttää tarkkoja tietoja suojalaitteiden toimintaominaisuuksista. Käytännössä laskelmia ei kannata käsin tehdä, vaan parhaiten selektiivisyyden voi tarkistaa valmistajien ohjeista. (Tiainen 2010, 110.) Tulppasulakkeet tulevat myös sähkösuunnittelijalle tutuksi mitoituksia tehdessä (Kuva 5).



Kuva 5. Tulppasulake

5 KOKOUKSET JA SEURANTA

5.1 Suunnittelukokoukset

Suunnittelukokouksessa esitellään ensimmäiseksi hanke, jota ollaan alkamassa tekemään. Rakennuttajakonsultin edustaja kertoo hankeselvityksen ja hankkeelle asetetut tavoitteet, joista yleensä merkittävin on budjetti. Kokouksen alussa käydään läpi ja esitellään hankkeen suunnittelijat ja muut asiantuntijat. Ensimmäisessä suunnittelukokouksessa avataan usein projektipankki, jonka kautta saadaan asiakirjat ja kuvat helposti kaikkien hankkeessa toimivien nähtävälle.

Suunnittelukokouksessa käydään läpi myös hankkeen projekti- ja suunnitteluai-kataulu. Ensimmäisessä suunnittelukokouksessa päätetään myös tulevien suunnittelukokousten ja suunnitteluryhmän palaverien ajankohdat.

Suunnittelukokouksissa käydään läpi suunnittelijoilla, käyttäjällä ja rakennuttajalla esille tulleita suunnitteluvaiheeseen liittyviä kysymyksiä. Avoimiin asioihin pyritään tekemään päätöksiä jo kokouksen aikana.

5.2 Työmaakokoukset

Työmaakohtaisesti on määritelty osallistuuko suunnittelija työmaakokouksiin ja jos osallistuu, niin kuinka useasti. Työmaakokoukseen kutsutaan tilaaja, rakennuttaja, pääurakoitsija, arkkitehti, suunnittelijat, valvojat ja mahdollisesti myös alirakoitsijat, jos työmaa on siinä vaiheessa, että niitä tarvitaan. Työmaakokouksen kulku riippuu kokouksen vetäjästä, mutta sen runko on kaikilla suurin piirtein samanlainen.

Työmaakokous aloitetaan käymällä läpi edellisessä työmaakokouksessa avoimeksi jääneitä asioita. Jos on pidetty erillisiä palaverieita, niin ne myös mainitaan työmaakokouksessa. Viranomais- ja katselmukset ja- katselmukset päivätään myös työmaakokouspöytäkirjaan jos sellaisia on ollut. Seuraavana käydään läpi työ-

maantilannetta. Jokainen urakoitsija/suunnittelija kertoo tahollaan oman työosuutensa aikataulun ja työvaiheet, mitä ollaan tekemässä ja mitkä on seuraavana työnalla.

Kaikki osallistujat tuovat kokoukseen työvaiheilmoituksen, jos heiltä on sellainen pyydetty ja se käydään läpi työmaakokouksessa.

Kokouksen jälkeen käydään vielä työmaakierroksella, jossa käydään katselemassa työmaan edistymistä ja kulkua paikanpäällä. Usein joitakin asioita unohtuu käydä läpi itse kokouksessa ja ne tulevat mieleen sitten työmaakierroksen aikana. Työmaakierros antaa suunnittelijalle myös hyvän kuvan siitä, miten suunnitelmat ovat mahdollista toteuttaa käytännössä, koska siinä näkee kohteen erilaisesta näkökulmasta kuin tietokoneella. Työmaakokouksia pidetään sovitun aikavälein. Paikallaolo on tärkeää koska asiat, joita käsitellään voiusein olla hankala käydä läpi puhelimitse tai sähköpostilla.

5.3 Suunnitteluvaiheilmoitukset

Suunnitteluvaiheilmoituksen tarkoituksena on käydä läpi suunnittelun tämän hetkistä ja tulevaa tilaa. Suunnitteluvaiheilmoitus tehdään yleensä kerran kuukaudessa ja se toimitetaan tilaajalle ennen työmaakokousta.

Suunnitteluvaiheilmoituksen runko Oulun Insinöörikeskuksella koostuu pääosin seuraavalla tavalla:

- Yleistilanne
- Edellisen jakson tehtävät
- Seuraavan jakson tehtävät
- Muutokset
- Projektipankki
- Lähtötietojen tarve/puuttuvat suunnitelmat
- Viranomaiset
- Ongelmat ja riskit
- Aikataulu
- Muut asiat.

Suunnitteluvaihe ilmoituksia on erilaisia eri yrityksillä. Suunnitteluvaihe ilmoitus on hyvä pysähdysten paikka myös itse suunnittelijalle. Siitä näkee suunnittelutilan ja sen, että ollaanko aikataulussa. Siihen on hyvä laittaa myös ongelmallisia asioita, joihin tarvitsee esimerkiksi tilaajan kommenttia. Suunnitteluvaihe ilmoitukseen merkitään myös kaikki projektipankkiin laitettut kuvat. Tämä helpottaa kaikkia pysymään ajan tasalla uusimmista kuvista.

5.4 Työmaakäynnit

Jos työkohteeseen on nimetty erillinen valvoja, niin suunnittelija hoitaa työmaakäyntejä silloin, kun näkee sen tarpeelliseksi. Sähkösuunnittelijan ja varsinkin aloittelevan sähkösuunnittelijan olisi kuitenkin hyvä käydä työmaalla useampia kertoja, niin näkisi sen, että onko suunnitelmat olleet helppo toteuttaa ja mitä olisi voinut suunnitella eri tavalla ja missä suunnittelu on onnistunut hyvin. Tällä tavalla suunnittelija voi kehittää omaa osaamistaan ja välttyä tekemästä samoja virheitä uudestaan. Työmaakäynnit ovat tärkeitä suunnittelijalle (Kuva 6).



Kuva 6. Työmaanäkymä

Useassa kohteessa sähkösuunnittelija toimii samalla myös valvojana. Silloin suunnittelijan tehtävänä on valvoa, että tilaaja saa urakan valmistuttua käyttöönsä sopimuksen mukaisen toteutuksen sovitussa aikataulussa ja sovituin kustannuksin. Kustannusten seuranta muodostaa merkittävän osan valvojan tehtävästä.

5.5 Työmaan luovutus

Käyttöönottotarkastus tehdään aina ennen kuin uusi asennus tai olemassa olevan asennuksen lisäys tai muutos otetaan käyttöön. Käyttöönottotarkastukseen kuuluu jo asennuksen aikana tehty aistinvarainen tarkastus.(ST 33, 2012) Käyttöönottoa tai vastaanottoa edeltävissä tarkastuksissa, suunnittelusopimuksen sisällöstä riippuen, mukana voi olla myös sähkösuunnittelija. Käyttöönottotarkastuksessa tai vastaanottotarkastuksessa tulee tarkastaa jokaisen osajärjestelmän toiminnot ja verrata niitä suunnitelmissa esitettyihin. Mahdolliset poikkeamat kirjataan ja käsitellään yhdessä suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden kanssa. Pideytyistä viranomaistarkastuksista kerätään yhteen tarkastuspöytäkirjat, jotka liitetään kohteen luovutusaineistoon. (Harsia 2004, 78.)

Työmaan luovutuksessa käydään läpi järjestelmien koekäytöt ja testaukset. Tarvittaessa myös tehdään käyttäjälle käytönopastus eri järjestelmistä.

6 LAIT JA ASETUKSET

Sähkösuunnittelun ja muiden sähköalan töiden määräyksien ja ohjeiden perustana on sähköturvallisuuslaki. Laista löytyvät kaikki perusvaatimukset, mutta tarkemmat yksityiskohdat löytyvät standardeista. Sähköturvallisuuslaissa todetaan seuraavasti:

Sähkölaitteet ja -laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava niin sekä niitä on huollettava ja käytettävä niin, että:

- 1) niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa;
- 2) niistä ei sähköisesti tai sähkömagneettisesti aiheudu kohtuutonta häiriötä; sekä
- 3) niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016 1:1.6§)

Tukes-ohje 20:stä löytyy kaikki sähkölaitteistojen turvallisuutta ja sähkötyöturvallisuutta koskevat standardit. Sähkölaitteistojen turvallisuutta koskevia standardeja ovat mm.

-Standardisarja SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset

-SFS 6001 Suurjännitesähköasennukset

Näistä kirjoista löytyy sähkösuunnittelijallekin todella hyödyllisiä tietoja. SFS 6000 kirjassa on myös erikoistilojen- ja asennusten vaatimuksista todella tarpeellista tietoa. Sähkötyöturvallisuutta koskevia standardeja löytyy kirjasta SFS 6002 Sähkötyöturvallisuus

7 LOPPUDOKUMENTOINTI

Loppudokumentointi on yksi tärkeä osa koko rakennusurakkaa sähkösuunnitelmien osalta. Työkuvat ovat tehty jossain vaiheessa rakennusprojektia ja niiden perusteella sähköurakoitsija tekee sähkötyöt. Jos suunnitelmiin tulee jotain muutoksia, niin urakoitsija merkitsee muutokset kuviin. Työmaan valmistuttua työkuvat piirretään puhtaaksi. Loppukuvat piirtää sähkösuunnittelija sovitusti tai erikseen tilattuna tai urakoitsija hoitaa itse loppudokumentoinnin. Yleensä tehdään vielä jokaisesta työmaasta erikseen loppukuvakansio, jossa on viimeisimmät piirustukset pdf,- dwg- ja drw-muodossa. Tilaajalle toimitetaan kuvat paperitulosteina ja edellä mainituissa tiedostomuodoissa. Urakoitsijan antamat työpiirustukset ovat myös hyvä säilyttää varmuuden vuoksi, jos niistä on jäänyt jotakin piirtämättä loppukuviin, niin sieltä voi käydä tarkistamassa.

8 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä sähkösuunnittelijalle selkeä kuvaus rakennusprojektioiden sähkösuunnitteluvaiheista. Opinnäytetyön aihe tuli itselle eteen kun aloitin sähkösuunnittelutehtävät ja alkuun jouduin paljon miettimään, että missä vaiheessa tehdään mitään suunnitelmia. Mietin siinä vaiheessa, että olisi hyvä jos olisi joku ohjevihkonen tehty yritykselle, mistä voisi katsoa jotakin perusasioita. Aiheeseen sopivia kirjoja kyllä löytyi, mutta jokaisella yrityksellä on omanlaisensa tapa toimia. Tein tästä sellaisen joka sopii Oulun Insinöörikeskus Oy:lle käyttöön.

Opinnäytetyön tavoitteisiin päästiin mielestäni ihan hyvin. Tästä työstä tuli sellainen joka antaa sähkösuunnittelijalle yleiskuvauksen mitä tässä työssä olisi hyvä tietää. Työstä pyrittiin tekemään selkeää ja tiivistä. Tiivis siksi, koska jos tällaisesta ``ohjekirjasta`` tulee liian pitkä, niin sitä on paljon työläämpi lukea. Työssä on käytetty paljon sähkösuunnittelijalle hyödyllisiä lähteitä, joista asioita voi katsoa sitten tarkemmin.

Itse opin tämän työn tekemisen aikana todella paljon suunnitteluprosessin kuluista. Asiaa auttoi varmasti myös se, että työskentelin samaan aikaan sähkösuunnittelutehtävissä. Itse olen tyytyväinen tämän työn sisältöön ja toivon, että jatkossa myös Oulun Insinöörikeskus Oy hyötyy tekemästäni työstä.

LÄHTEET

D1 2017. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. Espoo: Sähköinfo Oy.

Harsia, P. 2004. Sähkösuunnittelun käsikirja, Espoo: Sähköinfo Oy.

Oulun Insinöörikeskus Oy 2018. Viitattu 27.4.2018. <http://ouins.fi/index.html>.

SFS 600-1. 2017. Sähköasennukset. Osa 1: SFS 6000 Pienjänniteasennukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

Sorvoja, K. 2018 Oulun Insinöörikeskus Oy. Toimitusjohtajan haastattelu 13.4.2018.

ST 13.31. 2015. Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST 51.08. 2018. Ohjeita enintään 1000 V kaapelien ja johtimien valintaan. Espoo: Sähköinfo Oy.

ST 53.24. 2017 Ohjeita kiinteistöjen enintään 1000V johtojen mitoituksesta ja suojauksesta. Espoo: Sähköinfo Oy.

Sähtöturvallisuuslaki 1135/2016. Viitattu 26.3.2018.

TATE 18, 2017. Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Tiainen E. 2010. Johdon mitoitus ja suojaus. Espoo: Sähköinfo Oy.

LIITTEET

Liite 1. Kaapeleiden kuormitettavuusarvot, taulukko 1

Liite 2. Automaattisen poiskytkennän takia vaadittavat oikosulkuvirrat eri suoja-laitteilla, taulukko 2

Liite 3. gG-sulakkeiden edellyttämät pienimmät oikosulkuvirrat, taulukko 3

Liite 1.

Taulukko 1 Kaapeleiden kuormitettavuusarvot (D1 2017)

Johtimen nimellispoikki- pinta (mm ²)	Asennustapa (A)	Asennustapa (C)	Asennustapa (D)	Asennustapa (E)
Kupari				
1,5	14	18,5	26	19
2,5	19	25	35	26
4	24	34	46	36
6	31	43	57	45
10	41	60	77	63
16	55	80	100	85
25	72	102	130	107
35	88	126	160	134
50	105	153	190	162
70	133	195	240	208
95	159	236	285	252
120	182	274	325	292
150	208	317	370	338
185	236	361	420	386
240	278	427	480	456
300	316	492	550	527
Alumiini				
16	43	62	78	65
25	56	77	100	83
35	69	95	125	102
50	83	117	150	124
70	104	148	185	159
95	125	180	220	194
120	143	209	255	225
150	164	240	280	260
185	187	274	330	297
240	219	323	375	350
300	257	372	430	404

Liite 2.

Taulukko 2 Automaattisen poiskytkennän takia vaadittavat oikosulkuvirrat eri suojalaitteilla (D1 2017)

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

Liite 3.

Taulukko 3 gG-sulakkeiden edellyttämät pienimmät oikosulkuvirrat. (D1 2017)

Nimellisvirta	gG-sulake 0,4s	Vaadittu mitattu arvo	gG-sulake 5,0s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	82	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35			165	206,3
40	315	393,8	190	237,5
50	470	587,5	250	312,5
63	550	687,5	320	400
80	840	1050	425	531,3
100	1000	1250	580	725
125	1450	1812,5	715	893,8
160	1600	2000	950	1187,5
200	2100	2625	1250	1562,5
250	2800	3500	1650	2062,5
315	3700	4625	2200	2750
400	4800	6000	2840	3550
500	6400	8000	3800	4750
630	8500	10625	5100	6375