LAPIN AMK
Lapland University of Applied Sciences

Sähkösuunnittelun laadunvalvonta

Jussi Kalliosalmi

Opinnäytetyö
Tekniikan ja liikenteen ala
Sähkövoimatekniikka
Insinööri AMK

2015

LAPIN AMK
Lapland University of Applied Sciences

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tekniikan ja liikenteen ala
Sähkötekniikka

Tekijä	Jussi Kalliosalmi	Vuosi	2015
Ohjaaja	Ins. Marko Kukkola		
Toimeksiantaja	Terawatt Oy		
Työn nimi	Sähkösuunnittelun laadunvalvonta		
Sivu- ja liitemäärä	27 + 15		

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää laadunvalvontaa Terawatt Oy:n sähkösuunnittelussa. Aihe oli ajankohtainen ja sopiva, koska työskentelin sähkösuunnittelijana juuri ennen kuin aloitin tämän opinnäytetyön tekemisen.

Tavoitteena oli tehdä sähkösuunnittelua varten laatuasiakirja, johon sisältyy itselleluovutuslomake. Itselleluovutuslomake on tärkeä osa laadunvalvontaa, koska sen avulla suunnitelmissa syntyvien virheiden määrä pysyy mahdollisimman pienenä. Tämä edellyttää kuitenkin sitä, että laatuasiakirjaa päivitetään uusimpien määräysten ja ohjeiden mukaiseksi.

Työ sisältää standardikirjojen ja ST- kortiston perusteella tehtyjä neuvoa antavia ohjeita ja sähköturvallisuutta parantavia velvoitteita sähkösuunnitteluun. Laatuasiakirjasta löytyy ohjeiden muodossa niitä asioita, joita itselleluovutuslomakkeeseen kannattaa sisällyttää. Työssä käytetty aineisto on kerätty pääasiassa ST-kortiston ohjeista, SFS-6000 -standardista ja Sähköinfo Oy:n julkaisusta D1-2012. Kaikki käytetty materiaali on nykylainsäädännön ja nykyisten suositusten mukaista ja kerätty viimeisimmistä julkaisuista.

Lopputuloksena saatiin tehtyä hyvä pohja laatuasiakirjalle. Ohjeita voi jatkossa lähteä käytön myötä kehittämään sekä korjaamaan niissä havaittuja puutteita. Pienen kehittämisen avulla laatuasiakirjasta voi saada sähkösuunnitteluun hyvän apuvälineen. Itselleluovutuslomakkeen laatiminen rajattiin lopulta tämän työn ulkopuolelle.

Avainsanat sähkösuunnittelu, laatuasiakirja, itselleluovutuslomake, laadunvalvonta

LAPIN AMK
Lapland University of Applied Sciences

Abstract of Thesis

Industry and Natural Resources
Electrical Engineering

Author	Jussi Kalliosalmi	Year	2015
Supervisor(s)	Marko Kukkola (BEng.)		
Commissioned by	Terawatt Oy		
Subject of thesis	Electrical design quality control		
Number of pages	27 + 15		

The purpose of this thesis was to develop the quality control of the electrical wiring design of Terawatt Oy. The topic was timely and suitable because I worked as an electrical designer immediately before I began doing this thesis.

The objective was to make a quality manual for electrical wiring design which includes a self-inspection form. A self-inspection form is an important part of quality control because it makes it possible to minimize the number of mistakes in designs. However, this requires that the quality manual is updated in accordance with the latest regulations and instructions.

The thesis includes advisory guidelines and obligations to improve electrical safety in electrical design based on standards books and the ST-card index. The items that should be recorded in the self-inspection form are found in the quality manual through instructions. The data used in the thesis were primarily collected from the guidelines of the ST-card index, the SFS-6000 standard and the D1-2012 publication of Sähköinfo Oy. All of the material used is in accordance with current legislation and recommendations, and was collected from the latest publications.

The final result was a good basis for a quality manual. The instructions can be further developed as they are used, and any identified flaws can be corrected. With a little development, the quality document can be made into an excellent tool for electrical wiring design. The creation of a self-inspection form was ultimately excluded from the scope of this thesis.

Key words electrical wiring design, quality manual, self-inspection form, quality control

SISÄLLYS

1 JOHDANTO 7
2 LAIT JA MÄÄRÄYKSET 9
2.1 Sähköturvallisuuslait sähkösuunnittelussa 9
2.2 Antenni- ja yleiskaapelointijärjestelmät 11
3 LAADUNVARMISTUS 14
3.1 Tarkoitus ja tavoitteet 14
3.2 Toteuttaminen 14
3.3 Vastuut 15
4 SÄHKOSUUNNITTELUN LAATUASIAKIRJA 17
4.1 Tasopiirustukset 17
4.2 Laskelmat 21
5 ITSELLELUOVUTUS 23
5.1 Tarkoitus ja ongelmat 23
5.2 Tarkistuslista 24
6 JOHTOPÄÄTÖKSET 25
LÄHTEET 26
LIITTEET 27

ALKUSANAT

Haluan kiittää kaikkia niitä ihmisiä, jotka ovat tukeneet, kannustaneet ja ohjanneet minua opinnäytetyössäni.

Torniossa 8.12.2015

Jussi Kalliosalmi

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

APC	yksimuotoliittimen hiontatyyppi
KTMp	Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös
OS2	Vesipiikitön yksimuotokuitu
SFS	Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, standardisoinnin keskusjärjestö Suomessa
ST- kortisto	Sähkötietokortisto
TUKES	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tausta

Opinnäytetyön aihe tuli puheeksi kesällä 2014, kun tein yhteistyötä Terawatt Oy:n kanssa. Terawatt Oy oli silloin ulkoistanut osan toimitilojen sähkösuunnitelmista yritykselle, jossa työskentelin. Terawatt Oy:n projektipäällikkö ehdotti aluksi, että tekisin heille asiakirjan, josta selviää mm. yrityksen toimintatapa ja vastuualueet. Tarkoitus oli kirjoittaa myös pieni ohjekirja, jossa määritellään asennustapa tiettyihin työmaalla tehtäviin töihin.

Aloituspalaverissä aiheeseen tuli kuitenkin muutoksia. Pohdinnan jälkeen päätettiin, että tehdään sittenkin laatuasiakirja sähkösuunnittelua varten. Terawatt Oy:llä ei ollut sähkösuunnitteluun ennestään sellaista asiakirjaa, jossa keskeisimmät asiat ovat selkeässä muodossa, jotta tieto on helposti löydettävissä. Hyvin usein on ohjeita, joissa viitataan esim. johonkin toiseen standardiin. Käytännössä on jouduttu selaamaan useita eri teoksia. Terawatt Oy pyysi tekemään asiakirjan, jossa on tärkeimmät sähkösuunnitteluun tarvittavat ohjeet eikä niissä ohjeissa viitata mihinkään toiseen standardiin, vaan kaikki tarvittava tieto löytyy asiakirjasta. Asiakirjaan kuuluisi myös itselleluovutuslomake. Lomakkeella saadaan parannettua laadunvarmistusta siten, että käydään sitä läpi jo suunnitelmien aikana tai viimeistään suunnitelmien lopuksi ja tarkistetaan asiakirjan ohjeista, onko suunnitelmat tehty sen mukaisesti.

Sähkösuunnittelusta voisi kirjoittaa ohjeita vaikka loputtomiin, mutta pyrittiin rajaamaan aihetta sen perusteella, mistä Terawatt Oy:lle on eniten hyötyä. Asiakirja on tarkoitettu ensisijaisesti toimitilojen suunnittelua varten. Tämä aihe koettiin ajankohtaiseksi. Tästä on hyötyä myös omaa uraa ajatellen, koska tulee luettua paljon standardeja ja suosituksia ohjeita kirjoittaessa.

Opinnäytetyön tarkoitus

Jokaisen sähkösuunnittelijan on hyvä tietää sähköalalla olevista keskeisistä standardeista ja ohjeista. Mikäli sähkösuunnittelussa halutaan varmistaa mahdollisimman hyvä lopputulos, suunnittelijalla täytyy myös olla käytössään ajan

tasalla olevat standardit ja määräykset selkeässä järjestyksessä. Näin saadaan aikaan lain vaatimusten mukaisia suunnitelmia ja sähkölaitteistoja voidaan käyttää turvallisesti eikä kenellekään koidu vaaraa väärin asennetuista laitteistoista.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on parantaa sähkösuunnittelun laatua eli vähentää siinä tulevia virheitä laatuasiakirjan avulla, johon on koottu keskeisimpiä standardeja ja ohjeita sähkösuunnittelua varten. Pelkät selkeässä järjestyksessä olevat standardit ja ohjeet eivät kuitenkaan takaa, että suunnitelmissa tulee kaikki huomioitua, koska muistinvaraisesti ei ole helppoa tuottaa virheettömiä suunnitelmia. Tämän vuoksi apuna on hyvä käyttää itselleluovutuslomaketta. Itselleluovutuslomakkeeseen on tarkoitus miettiä sellaisia tarkastuskohtia, jotka ovat tärkeitä sähkösuunnittelun onnistumisen kannalta. Tarkoitus on myös pyrkiä tekemään laatuasiakirjasta sellainen, että siitä löytyisi ohjeet itselleluovutuslomakkeessa oleviin tarkastuskohtiin.

Terawatt Oy

Terawatt Oy on vuonna 2004 Espoossa perustettu sähköalan yritys, joka on myöhemmin vuonna 2011 laajentanut toimintaansa myös LVI-alan palveluihin. LVI- palveluista vastaa entinen SSP-talotekniikka joka yhdistettiin yritysfuusion kautta Terawattiin. Terawatt toimii koko Suomen alueella. Toimipisteet sijaitsevat Espoossa, Jyväskylässä ja Oulussa.

Nykyään Terawatt kuuluu Kastelli-konserniin. Kastelli- talot kuuluvat Suomen suurimpiin talopakettien sekä muuttovalmiiden talojen toimittajiin. (Terawatt Oy 2015)

2 LAIT JA MÄÄRÄYKSET

2.1 Sähköturvallisuuslait sähkösuunnittelussa

Sähkölaitteiden ja -laitteistojen turvallisuus on yksi tärkeimpiä asioita sähköturvallisuudessa, koska laitteita voi käyttää kuka tahansa ihminen, jolle väärin suunnitellun tai rakennetun laitteen vuoksi voi aiheutua terveydelle tai hengelle vaaraa. Sähkösuunnittelijan on ehdottomasti oltava tietoinen sähköalalle määrätyistä sähköturvallisuuslaeista ja huomioitava ne suunnittelussa. (Sähköturvallisuuslaki 14.6.1996/410, 5§)

Seuraavassa on esitelty sähköturvallisuuteen liittyviä lakeja, jotka ovat sähkösuunnittelun kannalta tärkeitä. Sähköalan töitä käsittelevä turvallisuuslaki on mielestäni niin tärkeä, että halusin laittaa myös sen tämän otsikon alle. Itsekin sähköasentajana työskennelleenä huomioni kiinnittyi tähän lakiin.

Sähkölaitteet ja -laitteistot

”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 magneettisesti”*

(Sähköturvallisuuslaki 14.6.1996/410, 5§)

”Suojausvaatimukset

Laite ja laitteisto on suunniteltava ja valmistettava ajankohdan tekniikan taso huomioon ottaen siten, että:

a) *laitteen ja laitteiston aiheuttama sähkömagneettinen häiriö ei ylitä tasoa, jolla radio- ja telelaitteet tai muut laitteistot eivät voi toimia tarkoitetulla tavalla;*

b) *laitteen ja laitteiston sille tarkoitetussa käytössä odotettavissa olevan sähkömagneettisen häiriön sieto on sellainen, että laitteiston toiminta ei häiriinny kohtuuttomasti"*

(Valtioneuvoston asetus sähkölaitteiden ja -laitteistojen sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta 27.12.2007/1466 liite 1)

Sähkölaitteet on suunniteltava siten, että ne noudattavat kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksiä sähkölaitteiden olennaisimmista turvallisuusvaatimuksista. Olennaisimpiin turvallisuusvaatimuksiin kuuluvat mm. erilaiset suojausmenetelmät, joiden avulla pyritään varmistamaan, että sähkölaite tai -laitteisto ei aiheuta vaaratilannetta ihmisille tai kotieläimille. Suojausmenetelmänä käytetään normaalisti koskettamiselta suojaavaa eristystä, kotelointia tai laitteen sijoittamista kosketusetäisyyden ulkopuolelle. Koskettamiselta suojaavaa eristystä ei tarvita, jos virta on rajoitettu riittävän pieneksi. (KTMp 17.12.1999/1193, 2 §, Liite 1)

Sähkölaitteisto ei saa aiheuttaa liiallisen kuumenemisen takia vahinkoa omaisuudelle, ihmisille tai kotieläimille. Tämä edellyttää, että sähkölaitteistoa syöttävissä johtimissa ei saa esiintyä liian suuria sähkömekaanisia rasituksia tai liian suuria virtoja, jotka ylikuumentavat johtimia. Myös sähkölaitteistojen koteloinnin on oltava riittävän hyvä, jotta laitteen sisälle ei pääse minkäänlaista vierasta ainetta, joka voisi aiheuttaa valokaaren tai tulipalon sähkölaitteen sisällä.
(KTMp 17.12.1999/1193, Liite 1)

Sähköalan työt

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

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

Töiden johtajaa ei kuitenkaan vaadita, jos kyseessä on ministeriön tarkemmin määrittämä kertaluontoinen työ tai työ, josta voi aiheutua vain vähäinen vaara tai häiriö." (Sähköturvallisuuslaki 14.6.1996/410, 8 §)

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä vaaditaan, että sähkötöihin sovellettavat voimassa olevat standardit ja ohjeet pitää olla työntekijän käytettävissä. Ohjeiden ja standardien lisäksi on huolehdittava siitä, että sähkötöitä tekevä työntekijä on saanut työn vaatimuksia vastaavan koulutuksen ja riittävän opastuksen työhön, jotta se voidaan toteuttaa turvallisesti. Jos turvallisuusvaatimuksia koskevista standardeista poiketaan, siitä on tehtävä kirjallinen selvitys ennen kuin työ aloitetaan. (KTMp 5.7.1996/516, 29d §, 29k §)

2.2 Antenni- ja yleiskaapelointijärjestelmät

Viestintämarkkinalain (393/2003) mukaan viestintävirasto voi antaa pykälässä 128§ mainittuja viestintäverkkoja ja viestintäpalveluiden laatuvaatimuksia ja yhteensopivuutta koskevia määräyksiä. Pykälässä 129§ määritellään, mitä asioita määräykset voivat koskea. Viestintävirasto on tehnyt tämän lain nojalla määräyksiä kiinteistöjen sisäverkoista ja teleurakoinnista. Uusin määräys on 65A/2014 M, joka on korvannut viestintäviraston aiemmin tehdyn (65/2013 M) määräyksen 1.1.2015 lähtien. (Viestintämarkkinalaki 23.5.2003/393, 128 §, 129 §; Viestintäviraston määräys 65 A/2014 M)

Viestintäviraston tekemää määräystä on jokaisen urakoitsijan ja suunnittelijan noudatettava. Tämän määräyksen tarkoituksena on helpottaa suunnittelijoita ja urakoitsijoita rakentamaan kiinteistöihin nykyajan vaatimukset täyttävä sisäverkko. Määräystä noudattamalla varmistetaan muun muassa kiinteistössä olevien antenni- ja yleiskaapelointijärjestelmien toimivuus ja yhteensopivuus. Lisäksi pyritään takaamaan, että käyttäjällä on saatavilla erilaisia palveluita ja mahdollisuus valita teleyrityksensä. Kun käyttäjällä on mahdollisuus valita oma teleyritys, myös kilpailukyky kasvaa ja siksi yritykset pyrkivät hinnoittelemaan ja parantamaan omia palvelujaan käyttäjälle houkuttelevammaksi. (Viestintävirasto ajankohtaistiedote kiinteistöjen sisäverkoista 2013)

Yleiskaapelointijärjestelmä

Yleiskaapelointijärjestelmällä tarkoitetaan parikaapeloinnilla tai optisella kaapeloinnilla toteutettua yleiskaapelointistandardien mukaista sisäverkkoa, jota käytetään muun muassa päätelaitteiden liittämiseen yleiseen viestintäverkkoon. Yhteisantenniverkolla tarkoitetaan vähintään kaksi asuinhuoneistoa käsittävän asuinkiinteistön, toimitilakiinteistön tai julkisen kiinteistön sisäverkkoa, jota käytetään viestinnän välittämiseen joukkoviestintäverkosta käyttäjille. Yhteisantenniverkko toteutetaan koaksiaalikaapeloinnilla, mutta rakennusten välillä voidaan käyttää myös optista kaapelia. (Viestintäviraston määräys 65 A/2014 M, 3§)

Rakenne

Viestintävirasto on tehnyt toimitilakiinteistöjen ja julkisten kiinteistöjen sisäverkon rakenteeseen määräyksen (4§), jota tulee noudattaa rakennuksen sisäverkon suunnittelussa ja toteutuksessa. Pykälässä mainitaan muun muassa, että sisäverkon suunnittelussa on huomioitava kohteen käyttötarkoitus ja tulevaisuuden tarpeet. (Viestintäviraston määräys 65 A/2014 M, 4§)

Erityisvaatimukset

Viestintävirasto määrää pykälässä 7§ erityisvaatimuksia yhteisantenniverkolla toteutettaviin kiinteistöihin. Pykälä sisältää kiinteistöjen kotikaapelointiin ja kerroskaapelointiin liittyviä asioita, joita lain mukaan pitää noudattaa niiden suunnittelussa ja toteutuksessa. Kotikaapeloinnin suunnittelusta on mainittu sekä uudis- että saneerauskohteissa. Tämän pykälän noudattaminen on tärkeää, koska sen avulla saadaan antenniverkosta toimiva kokonaisuus, jossa on huomioitu myös ennakoitavissa oleva laajennusvara. (Viestintäviraston määräys 65 A/2014 M, 7§)

Jakamot

Viestintävirasto on tehnyt määräyksen (21§-24§) jakamoiden suunnittelua varten. Pykälissä mainitaan jakamoiden sijoitteluun, suunnitteluun, mitoitukseen ja toteutukseen liittyviä asioita. Jakamoiden välillä esiintyy pieniä eroavaisuuksia. Esimerkiksi kotijakamolle on määritelty tarkat vähimmäismitat ja pistorasioiden

määrät sekä niiden syöttöjen koot jakamoiden välillä vaihtelee. (Viestintäviraston määräys 65 A/2014 M, 21- 24§)

Kaapelit ja liitäntätarvikkeet

Viestintävirasto on määrännyt sääntöjä myös kaapeleille, kaapelireiteille ja liittämistarvikkeille pykälissä 20§, 25§ ja 26§. Pykälä 20§ on paloturvallisuuteen liittyvä määräys, jonka mukaan rakennusten sisäverkot pitää toteuttaa standardin SFS6000-5-527 mukaisesti. (Viestintäviraston määräys 65 A/2014 M, 20§, 25§, 26§)

Määräykset 25§ ja 26§ sisältävät vaatimuksia kiinteistöjen sisäverkoissa ja teleurakoinnissa käytettäville kaapeleille ja liittämistarvikkeille. Määräyksien mukaan koaksiaalikaapeloinnissa on käytettävä suojauskyvyltään luokan A koaksiaalikaapeleita sekä niihin sopivia puristettavia liittimiä. Parikaapeloinnissa on käytettävä vähintään kategorian 6 mukaisia kaapeleita sekä liittämistarvikkeita. Asuinkiinteistöjen optisessa kaapeloinnissa on käytettävä kategorian OS2 mukaisia yksimuotokuituja sekä niihin sopivia APC-hiottuja liittimiä, joissa on riittävä vaimennusluokka. (Viestintäviraston määräys 65 A/2014 M, 25§, 26§)

3 LAADUNVARMISTUS

3.1 Tarkoitus ja tavoitteet

Laadunvarmistuksen tarkoituksena on parantaa suunnittelun laatua sekä helpottaa suunnittelutehtäviä. Tämä toteutuu, kun suunnittelijat oppivat käyttämään valittua ohjeistusta ja lomakkeita sekä toteavat ne toimiviksi. Laadunvarmistusjärjestelmän käyttöönoton jälkeenkin on tärkeää jatkaa sen kehittämistä, jotta se ei jäisi vaillinaiseksi ja tämän takia vähemmälle käytölle. Myös standardien uudistuessa on laadunvarmistusjärjestelmää päivitettävä, jos halutaan laadun olevan pysyvää.

Tavoitteena on saada laadunvarmistuksen avulla aikaan mahdollisimman valmiita suunnittelupaketteja eli pyrkiä mahdollisimman lähelle virheetöntä lopputulosta. Laadunvarmistus vaikuttaa myös kustannuksiin. Jos suunnitelmissa tulevien virheiden määrä laskee, niin myös korjauskustannukset pienenevät.

3.2 Toteuttaminen

Laadunvarmistusta toteutetaan rakennushankkeen aikana monessa eri vaiheessa. Sähkösuunnittelun laadunvarmistus kohdistuu rakennushankkeessa jo esisuunnitteluvaiheeseen eli rakennushankkeen laatuvaatimuksia täytyy alkaa huomioida jo esisuunnitteluvaiheessa. Esisuunnitteluvaiheessa toteutettua laadunvarmistusta pitää noudattaa myös rakennusvaiheessa, jotta laatu toteutuu. Toteutusvaiheen laadunvarmistusta voidaan valvoa esim. työmaalla käynneillä. Nykyään erittäin suosittu tapa on kuvien ottaminen työmaalta. Näin saadaan materiaalia myös piiloon jääviltä työsuorituksilta. Laadunvarmistuksen tärkeä osa on myös itselleluovutus (ks. kpl 5).

Laadunvarmistusta voidaan toteuttaa monella tapaa. Tekemässäni laatuasiakirjassa laadunvarmistus toteutuu suunnitteluohjeiden ja siihen liitettävän itselleluovutuslomakkeen avulla. Suunnitteluohjeet on kirjoitettu SFS-kirjoista poimittujen standardien ja St- kortistojen ohjeiden pohjalta. Kyseessä ei kuitenkaan

ole virallinen ISO-standardin mukainen ohje, vaan yrityksen omaan käyttöön tehty ohje laadun varmistamiseksi. Laatuasiakirjasta löytyy ohjeita suurimpaan osaan itselleluovutuslomakkeeseen tulevista suunnittelun kannalta tärkeistä tarkastuskohdista.

3.3 Vastuut

Sähkösuunnittelija

Sähkösuunnittelijan tulee huolehtia, että hänellä on käytettävissään suunnittelua varten tarpeelliset tiedot. Hänen vastuullaan on myös tehdä sähkösuunnitelmat ja niihin liittyvät piirustukset rakennuskohteeseen sekä tehdä niihin mahdolliset toteutuksen aikana tulleet muutokset. Suunnittelija huolehtii, että asennustyö toteutuu suunnitelmien mukaan. Lisäksi hän voi opastaa asentajia tarvittaessa. (Rakennustieto Oy 2001)

Sähkösuunnittelijalle ei ole enää vuoden 1996 jälkeen ollut mitään koulutus- tai lupavaatimuksia, mutta sähkösuunnitelmien mukaisten sähköasennuksien on täytettävä nykyajan sähköturvallisuusvaatimukset. Jotta tämä käytännössä toteutuisi, on suunnittelijalla oltava riittävä pätevyys tehtävän vaativuuteen nähden. (Tukes toimialat 2012)

Sähkövalvoja

Sähkövalvojan vastuulle kuuluu huolehtia, että urakoitsijat tekevät työn suunnitelmien, määräysten ja hyvän asennustavan mukaan. Hänen täytyy perehtyä rakennusurakkaan niin hyvin, että hän saa selkeän käsityksen halutusta työn lopputuloksesta. Valvojan tehtävä on myös ilmoittaa ajoissa rakennusurakoitsijalle havaitsemansa virheet ja puutteet sekä sopia muutoksista tilaajan ja urakoitsijan kanssa. Valvoja voi välttää rakennustyön aikana tulevia ongelmia antamalla suunnitelmia tarkentavia neuvoja. Valvojan vastuulla on lisäksi pitää yhteyttä rakennuttajan, muiden valvojien, urakoitsijoiden ja suunnittelijoiden kesken sekä pyrkiä luomaan hyvää yhteishenkeä niiden välille. (Rakennustieto Oy 2001)

Sähkövalvojan pätevyysvaatimuksia ei ole määritelty laissa tai säädöksissä. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot kuitenkin edellyttävät, että hänellä on tehtävää vastaava ammatillinen koulutus ja kokemus. Luonnollisesti hänen tulee tuntea yleiset sopimusehdot ja viranomaismääräykset sekä sähköalalle määrätyt standardit ja säädökset. Näillä on suora vaikutus sähköasennusten turvallisuuteen. (Rakennustieto Oy 2001)

4 SÄHKOSUUNNITTELUN LAATUASIAKIRJA

4.1 Tasopiirustukset

Tasopiirustukset on tärkein osa tekemääni laatuasiakirjaa. Pyrin kasaamaan siihen sellaisia kohtia, jotka ovat sähkösuunnittelussa tarpeellisia.

Piirustukset

Kirjoitin laatuasiakirjaan ST- kortiston ohjeen mukaisen piirustuksien numerointiohjeen (ks. liite 1). Piirustukset numeroidaan, koska silloin ne on helpompi tunnistaa ja niitä on nopeampi käyttää. Olen huomannut, että monet suunnittelufirmat ovat kehitelleet oman numerointitavan. Tämä tapa toimii varmasti suunnittelutoimiston väen kesken, mutta kun piirustuksia lähetetään yhteistyökumppaneille, se voi tuottaa hankaluuksia piirustuksien tunnistamisessa. Yhteistä numerointitapaa käyttämällä kaikki yritykset hyötyisivät. Liitteessä 2 on laatuasiakirjaan tekemäni piirustusluettelopohja, joka on ST- kortin ohjeen mukainen.

Laatuasiakirja sisältää ohjeen myös piirustuksien päivitykseen (ks. liite 3) sekä mittakaavoihin. Piirustuksien päivitykset merkataan revisioina piirustukseen, jotta pysytään ajan tasalla siihen tehdyistä muutoksista. Mittakaava täytyy huomioida lähinnä silloin, kun liitetään jonkun muun järjestelmän piirustuksia omien piirustusten taustalle tai tulostetaan piirustus.

Kaapelointi

Kaapelointiohjeessa keskityin maakaapelointeihin, palonkestäviin kaapeleihin ja kaapelireitteihin. Suunnittelun kannalta maakaapeloinnissa on tärkeää tietää, mitä kaapeleita maahan voi upottaa, mihin syvyyteen sen voi asentaa ja minkälaisen mekaanisen suojauksen kaapeli tarvitsee. Maakaapeleiden mekaaniselle suojaukselle on tehty standardin mukainen taulukko, jota on hyvä käyttää apuna suunnittelussa. Maakaapeloinnissa on tärkeää ottaa huomioon myös maaperän tyyppi ja riittävä liikkumavara nousuissa, jotta kaapeli ei joudu vetorasitukseen. Laatuasiakirjaan tekemäni kaapelointiohje löytyy liitteestä 4. (SFS 6000-8-814)

Palonkestävien kaapeleiden suunnittelussa tärkeintä on muistaa, että palonkestävät kaapelit on erotettava muiden järjestelmien kaapeleista väliseinän tai riittävän etäisyyden avulla. Suunnittelussa täytyy huomioida myös se, että palonkestävässä asennuksessa käytettävät tarvikkeet ovat palonkestäviä. Turvajärjestelmien kaapelit suositellaan sijoittamaan muiden järjestelmien yläpuolelle, koska siellä ne ovat paremmin suojassa palon aikana. Palonkestävien järjestelmien suunnitteluohje löytyy liitteestä 5. (ST-Kortisto 52.06)

Kaapelireittien suunnitteluohje on mielenkiintoinen, koska usein tulee vanhoissa rakennuksissa vastaan ylitäysiä kaapelihyllyjä, joissa on laiminlyöty kaapelin kuormitettavuuteen liittyviä standardeja. Ei siis ole syystä tai toisesta haluttu rakentaa uutta kaapelireittiä, vaikka tilanne vaatisi sen. Kaapelireitin suunnittelussa täytyy huomioida mm. hyllyn leveys, materiaali, sijoitus sekä kuormitus ja kiinnitystapa. Reitin suunnittelussa on järkevää selvittää myös rakennuskohteessa toimivien muiden osapuolten vaatimukset. (ST-Kortisto 51.13)

Valaistus

Laatuasiakirjassa keskityin valaistussuunnittelun osalta piha-alueeseen ja poistumistievalaistukseen. Pihavalaistuksessa tärkein asia on selvittää valaistuksen käyttötarkoitus, sijainti sekä tarvittavan valon määrä ja sen värintoistoominaisuus. Myös muihin asioihin on hyvä kiinnittää huomiota, kuten häikäisyyn, välkyntään ja valaistuksen tasaisuuteen.

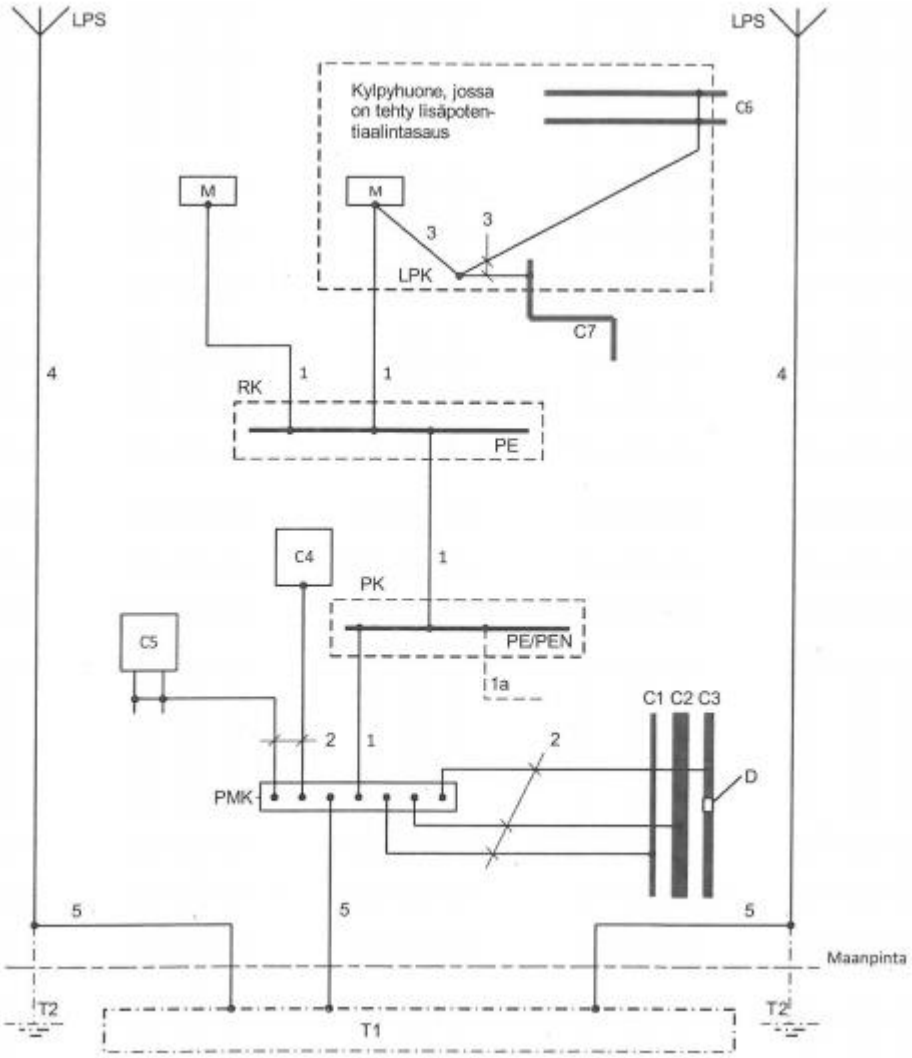
Poistumistievalaistuksesta on määrätty standardeja, jotka on suunnittelussa huomioitava. Suunnittelussa täytyy tietää, minkä tyyppisissä rakennuksissa sitä tarvitaan ja minne niitä pitää sijoittaa. Poistumistievalaisimien on oltava aina valaistuja ja joka paikasta on nähtävä vähintään yksi poistumistievalaisin. Lisäksi turvavalaistuksen on toimittava vähintään tunnin ajan sähkönsyötön katkettua. Tähän käytetään ratkaisuna joko yksikköakullisia valaisimia tai akkuja turvavalokeskuksessa. Erona näissä toteutustavoissa on, että yksikköakullisissa valaisimissa ei tarvitse käyttää palonkestävää kaapelia. Poistumistievalaistuksen suunnittelusta on tarkempaa tietoa liitteessä 6. (ST- Kortisto 59.10)

Kuva 1. SFS-EN ISO 7010 -standardin mukainen poistumistievalaisin. (STK-Tietopalvelu Oy)

Maadoitukset

Rakennuskohteiden maadoitusjärjestelmästä piirretään lähes aina erillinen kuva, jonka mukaan asentajat toteuttavat järjestelmän. Maadoitukset ovat ihmisten ja kotieläinten turvallisuuden vuoksi osattava mitoittaa ja suunnitella oikein. Siksi suunnittelijalla pitää olla hallussa maadoituksien perusvaatimukset. Kuvassa 2 on esimerkkipiirustus maadoitusjärjestelmästä- ja suojajohtimista. (SFS 6000-4-41)

Ohjeet laatuasiakirjassa koostuvat maadoituksien perusvaatimuksista, maadoituselektrodista ja suojaavan johtimen mitoituksesta. Näillä ohjeilla suunnittelija pärjää jo pitkälle, mutta vaativampiin kohteisiin voi tarvita lisäohjeita.



Kuva 2. Esimerkki maadoitusjärjestelmästä ja suojajohtimista. (SFS 6000-5-54)

Tunnus	Nimike
M	Jännitteelle altis osa
PK	Pääkeskus
JK	Jakokeskus
C	Muu johtava osa
C1	Ulkoa tuleva metallinen vesiputki
C2	Ulkoa tuleva metallinen viemäriputki
C3	Kaukolämpöputki
C4	Ilmanvaihtojärjestelmä
C5	Lämmitysjärjestelmä
C6	Metallinen vesijohtoputki esim. kylpyhuoneessa
PMK	Päämaadoituskisko
T	Maadoituselektrodi
T1	Perustusmaadoituselektrodi
T2	Ukkossuojausjärjestelmän maadoituselektrodi jos tarpeen
LPS	Ukkossuojausjärjestelmä
PE	Keskuksen suojakisko
1	Suojajohdin, johdin, jota käytetään suojauksen takia, esimerkiksi sähköiskulta suojaamiseen.
1a	Tuleva suojajohdin jakelujärjestelmästä
1b	Suojajohdin pääkeskuksen suojakiskon ja päämaadoituskiskon välillä
2	Suojaava potentiaalintasausjohdin
3	Lisäpotentiaalintasausjohdin
3a ja 3b	ovat vaihtoehtoisia
4	Ukkossuojausjärjestelmän alastulojohdin
5	Maadoitusjohdin

Kuva 3. Selitykset kuvan 2 tunnuksille. (SFS 6000-5-54)

4.2 Laskelmat

Sähkösuunnittelijan työssä lasketaan päivittäin laskutoimituksia, jotka vaikuttavat suunnittelun lopputulokseen. Siksi oikeaoppisten laskutapojen omaksuminen ja kaavojen lukutaito on suunnittelussa tärkeää. Laskutoimitukset ovat yksi tärkeä tekijä, joilla varmistetaan, että suunnitelmat ovat standardien mukaisia. Väärin mitoitetun suojauksen korjaaminen on paljon kalliimpaa korjata jälkeenpäin. Siksi onkin tärkeää, että kaapelit on mitoitettu oikein jo suunnitteluvaiheessa. Lisäksi laskutoimituksilla voidaan vaikuttaa teknistaloudelliseen suunnitteluun mitoittamalla tehot ja kaapelit oikein. Laatuasiakirjaa varten perehdyin muutamiin laskutoimituksiin, joita suunnittelussa käytetään yleisimmin. (ST-Kortisto 53.24)

Jännitteen alenema

Pitkissä kaapelivedoissa ongelmaksi tulee jännitteen alenema, jolloin kaapelipoikkipintaa täytyy suurentaa. Jännitteen alenemaan vaikuttaa kaapelin resistanssi ja reaktanssi sekä kaapelissa kulkevan virran suuruus. Jännitteen alenemasta lasketaan yleensä suhteellinen jännitteen alenema, joka on suositeltavaa olla alle 3-5 % nimellisjännitteestä riippuen kyseessä olevasta laitteesta. Liitteessä 7 on ohje jännitteen aleneman laskemisesta. (ST- Kortisto 53.24)

Johdon kuormitettavuus

Kaapelin paksuus valitaan sulakkeen nimellisvirran mukaan. Kaapelin suojausta varten kaapelin on kestettävä vähintään sulaketta vastaava kuormitusvirta. Kaapelin todellinen kuormitusvirta saadaan laskettua korjauskertoimien avulla. Korjauskertoimet määräytyvät kyseessä olevien asennusolosuhteiden mukaisesti. Liitteessä 8 on ohjeet johdon kuormitettavuuden laskemiseen. (D1-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista 2012, 523)

Tehon mitoitus

Tehon mitoitus on suunnitteluvaiheessa tehtävä arviointi kiinteistön sähkönkulutuksesta. Kiinteistöstä lasketaan ensin siihen asennettu kokonaisteho, jonka jälkeen siitä lasketaan tasattu teho korjauskertoimen avulla. Korjauskerroin muodostuu eri laitteiden välisen käytön risteilystä. Tasattu teho tarkoittaa kiinteistön enimmillään ottamaa samanaikaista huipputehoa. Kiinteistön tehon laskennan jälkeen hyvä suunnittelija osaa ottaa huomioon myös tulevaisuuden sähköntarpeet. (ST- Kortisto 13.31)

Liittymän mitoituksessa on huomioitava kohteen käyttötarkoitus, koska pinta-alaltaan yhtä suurien kiinteistöjen sähkönkulutukset voivat vaihdella huomattavasti. Asuinkiinteistöt voidaan kuitenkin mitoittaa pinta-alan mukaan, koska niiden sähkönkulutuksessa ei ole saman kokoisten asuntojen välillä suuria eroja. Suunnittelijan virhearvioinnista voi seurata yli- tai alimitoitettu liittymä tai keskus. Teknistaloudellisen suunnittelun kannalta onkin tärkeää, että sähkönkulutus on osattu arvioida oikein. (ST- Kortisto 13.31)

5 ITSELLELUOVUTUS

5.1 Tarkoitus ja ongelmat

Itselleluovutuksella tarkoitetaan työn luovuttamista itselle, ennen kuin se luovutetaan oikeasti eteenpäin. Ajatusmallina pitäisi aina olla, että hyväksyisikö itselle samanlaisen työn mitä on luovuttamassa toiselle. Jos tästä ajatusmallista pidetään kiinni, todennäköisesti jälki on laadukasta. Itselleluovutuksessa käydään läpi aiemmin tehtyä työtä pala palalta. Tällä pyritään minimoimaan virheiden määrää, ennen kuin työ luovutetaan tilaajalle.

Sähkösuunnittelussa työ luovutetaan aina asentajille. Vaikka kyseessä ei tässä vaiheessa vielä ole perinteinen luovutus, mikä tapahtuu rakennushankkeen valmistuttua, niin kuitenkin tässä vaiheessa tulleet virheet heijastuvat loppuluovutukseen. Tämän takia jo suunnitteluvaiheessa on tärkeää käyttää itselleluovutusta.

Suunnitteluvaiheen itselleluovutus ja lopullinen luovutus eroavat toisistaan siten, että suunnitteluvaiheessa pyritään siihen, että suunnitelmilla voidaan toteuttaa tilaajan toiveiden mukainen järjestelmä, joka on myös sähköalan standardien ja määräyksien mukainen. Asennusvaiheen luovutuksessa huolehditaan siitä, että tilattu sähköjärjestelmä toimii käytännössä ja se on tehty sähköalan standardien ja määräyksien mukaisesti.

Sähköalalla itselleluovutus tapahtuu viimeistään käyttöönottotarkastuksen yhteydessä. Mittauksia tehdessä kierretään samalla jokainen paikka läpi ja tarkistetaan valojen yms. toimivuus. Tämän jälkeen korjataan tarkistuksessa havaitut puutteet ennen lopputarkistusta.

Ongelmat

Sähkösuunnittelun laadun ongelmat syntyvät yleensä liian tiukan aikataulun ja huolimattomuuden yhdistelmän avulla. Kokemus auttaa monesti selviytymään tyydyttävästi tiukankin aikataulun aikana. Etenkin nuorille ja kokemattomille

suunnittelijoille tiukka aikataulu aiheuttaa huolimattomuutta, kun ei kerkeä jokaista asiaa huomioimaan.

Tämän hetken ehkä suurimmat sähkösuunnittelun ongelmat tulevat rakennushankkeiden järjettömän kiireellisyyden myötä. Tämän takia suunnitelmia ei ehditä suunnitella kunnolla, mikä voi johtaa muun muassa päällekkäisyyksiin toisten suunnittelijoiden kanssa. Hyvin useasti tilanne on se, että muiden suunnittelijoiden suunnitelmat eivät ole vielä valmiita, kun sähkösuunnittelijan pitäisi alkaa tekemään rakennuksen sähkösuunnitelmia. Tämä johtaa siihen, että sähkösuunnittelijalla ei ole tarpeeksi tietoa rakennukseen tulevista järjestelmistä ja laitteista. Sähkösuunnittelijan on vaikea suunnitella omia piirustuksia kunnolla, jos hän ei tiedä, mitä laitteita rakennukseen tulee ja millä niitä ohjataan. Ongelmat johtuvat siis usein siitä, että sähkösuunnittelijat ovat suunnittelujärjestyksessä viimeisenä.

5.2 Tarkistuslista

Sähkösuunnitteluun liittyy paljon muistettavaa, kuten standardit ja säädökset sekä erilaisten rakennuskohteiden erityistarpeet. Tarkistuslista auttaa suunnittelijaa huomioimaan kaikki vaadittavat asiat ja antaa varmuutta suunnitteluun. Jotta tarkistuslistasta saadaan paras mahdollinen hyöty, sen tulee olla selkeä, kattava ja sisältää huolellisesti mietityt tarkistuskohdat.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tarkistuslista on se asia, mistä tämä opinnäytetyön idea lähti alun perin liikkeelle. Työkavereiden kanssa oli kesällä useampaan otteeseen puhetta siitä, että jonkinlainen tarkistuslista olisi hyvä olla. Suunnittelussa kun pitää muistaa paljon asioita, niin jokin asia saattaa unohtua. Tarkistuslistalla saadaan varmuutta suunnitteluun. Kun se käydään kohta kohdalta läpi, niin sen jälkeen suunnittelija voi hyvillä mielin sanoa, että suunnitelma on valmis. Tämä tilanne vaatii luonnollisesti sen, että tarkistuslista ei ole puutteellinen. Yleensä tarkistuslistat muotoutuvat hyviksi käytön myötä.

Tätä opinnäytetyötä tehdessäni huomasin, että suunnittelussa tarvittavien sääntöjen ja suosituksien etsimiseen kuluu runsaasti aikaa. Kaikki tieto on paksuissa kirjoissa, joissa asiat on selitetty perinpohjaisesti sekä osin monimutkaisesti. Lisäksi on varmistettava, että lähde sisältää tuoreinta tietoa ja uusimpia säädöksiä. Huomasin myös, että ei ollut helppoa tehdä laatuasiakirjaan tiivistettyä pakettia näin laajasta kokonaisuudesta. Haastavaa oli poimia oleellisin sähkösuunnittelussa tarvittava tieto. Itse aihe on kuitenkin mielenkiintoinen ja hyödyllinen tulevia työtehtäviä ajatellen.

Opinnäytetyö oli paisumassa liian laajaksi, joten itselleluovutuslomakkeen teko rajattiin siitä pois. Laatuasiakirja on kuitenkin hyvä pohja itselleluovutuslomakkeen laatimiseen. Tässä onkin jollekin tulevalle opinnäytetyön tekijälle hyvä aihe valmiina.

LÄHTEET

D1-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 2012. SFS ry.

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös 17.12.1999/1193

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös 5.7.1996/516

Rakennustieto Oy 2001. Talotekniikkatöiden valvonnan tehtäväluettelo RT16-10747

SFS 6000. 2012. Pienjännitesähköasennukset. 1.painos. SFS ry.

STK-Tietopalvelu Oy. Viitattu 30.11.2015 http://sahkonumerot.fi/4281198/

Sähkötieto ry 2015. ST-Kortit. Viitattu 20.4.2015 http://severi.sahkoinfo.fi/browse/products

Sähköturvallisuuslaki 14.6.1996/410

Terawatt Oy 2015. Yrityksen kotisivut. Viitattu 20.4.2015. http://www.terawatt.fi/yritys.php.

Tukes toimialat 2012. Viitattu 20.4.2015. http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkolaitteistot/Hankinta-paatos-ja-suunnittelu

Valtioneuvoston asetus sähkölaitteiden ja -laitteistojen sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta 27.12.2007/1466

Viestintämarkkinalaki 23.5.2003/393

Viestintävirasto 2015. Määräys 65 A/2014. Viitattu 23.11.2015. https://www.viestintavirasto.fi/ohjausjavalvonta/laitmaarayksetpaatokset/maaraykset/maarays65kiinteistonsisaverkoistajateleurakoinnista.html

Viestintävirasto 2013. Ajankohtaistiedote kiinteistöjen sisäverkoista. Viitattu 23.4.2015. https://www.viestintavirasto.fi/viestintavirasto/ajankohtaista/2013/kunnollisellasisaverkollavarmistatlaadukkaantelevisiolahetystenvastaanotonja-nopeanlaajakaistayhteyden.html

LIITTEET

Liite 1. Piirustuksien numerointiohje, laatuasiakirja
Liite 2. Piirustusluettelopohja, laatuasiakirja
Liite 3. Piirustuksen päivittäminen, laatuasiakirja
Liite 4. Maakaapelointiohje, laatuasiakirja
Liite 5. Palonkestävän järjestelmän suunnitteluohje, laatuasiakirja
Liite 6. Poistumisreittien suunnitteluohje, laatuasiakirja
Liite 7. Jännitteen alenema, laatuasiakirja
Liite 8. Johdon kuormitettavuus, laatuasiakirja

Piirustuksien numerointiohje

Piirustuksien tunnistamisen ja käytön kannalta on suositeltavaa käyttää ST- kortin antamien ohjeiden mukaisia numerointeja kaikissa piirustuksissa. Ohjeessa käytetään S2010-sähkönimikkeistön mukaista tunnusjärjestelmää.

S2010- nimikkeistössä sähköenergian jakelu- ja käyttöjärjestelmien tunnuksena käytetään kirjainta S. Kirjain S vastaa sähköosille varattua koodia 23. Tietoteknisten järjestelmien tunnuksena käytetään kirjainta T. Kirjain T vastaa tietoosille varattua koodia 24.

S2010- nimikkeistössä rakennushankkeen yhteisille osille ei ole varattu omia nimiä. Kuitenkin sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien yhteisissä dokumenteissa käytetään kortin RT 15- 10956 mukaisia tunnuksia. Kortissa on annettu tunnukset yhteisille dokumenteille seuraavasti:

S0001: Yleiset dokumentit
S0002: Asemapiirustus
S0003: Leikkaukset
S0004: Julkisivut
S0100: Sähköosien yhteiset dokumentit
T0100: Sähköosien tietotekniset osat

Yleisille dokumenteille on käytössä tunnus S, vaikka niissä esiintyykin sekä sähkö- että tietoteknisiä osia samassa dokumentissa.

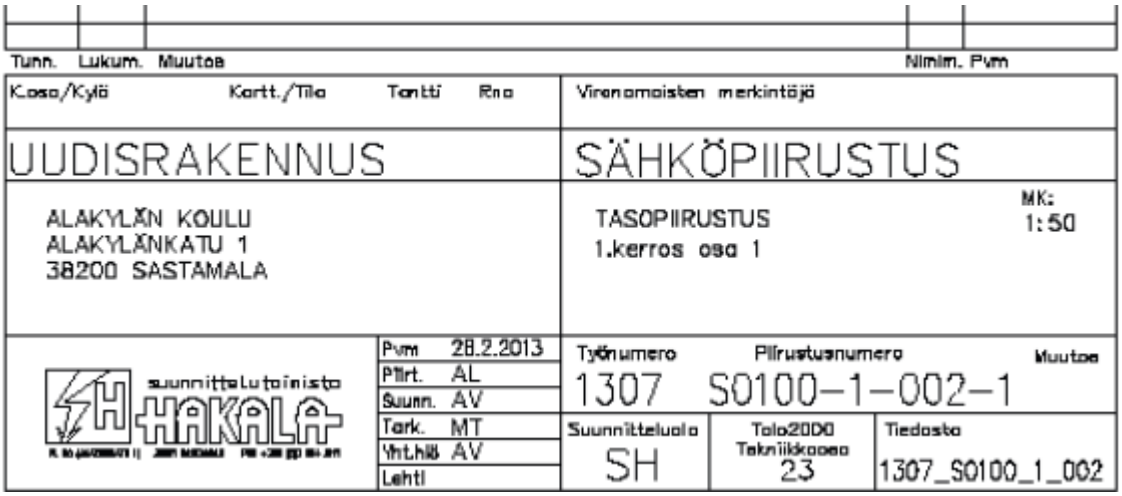
Dokumenttien vaihetunnukset:

0 = esisuunnittelu
1 = toteutussuunnittelu
2 = toteutusvaiheen dokumentit

Aina kun kyseessä on uusi dokumentti, niin sille pitää luoda oma numero. Yleensä dokumentit numeroidaan juoksevasti, mutta myös muut tavat ovat käyttökelpoisia, jos niin saadaan numeroinnista selkeämpi. Sähköpiirustusluettelo on esimerkkinä liitteessä.

Kuva 4 havainnollistaa, miten muodostetaan dokumentille numero ja tiedostonimi. Kyseessä on Tasopiirustus eli se kuuluu sähköosien yhteisten dokumenttien ryhmään. Yhteisissä dokumenteissa käytetään nimikettä S0100. Koska kyseessä on toteutussuunnitteluvaiheen dokumentti, niin käytetään tunnusta 1. Piirustus on toteutusvaiheen tasopiirustuksista toinen, joten juoksevaksi numeroksi tulee 002-1. Perään merkitään -1, koska tiedostossa on monta osaa ja tämä tiedosto on osa 1.

Tiedostonimen ensimmäisenä numerona käytetään projektin tunnusnumeroa. Toinen numero tulee yhteisten dokumenttien numeroinnin perusteella. Kolmas numero vaiheen perusteella ja neljäs on juokseva numero. Eli jos tasopiirustus tulostetaan monessa osassa, niin jokaiselle osalle tulee oma piirustusnumero, mutta kaikki osat säilyvät kuitenkin samassa tiedostossa. (ST-Kortisto 13.29)



Kuva 4. Toteutussuunnitteluvaiheen nimiö (ST-Kortisto 13.29)

Piirustusluettelopohja

Taulukko 1. Piirustusluettelopohja (ST- Kortisto 13.29)

PROJEKTIN NIMI PROJEKTIN OSOITE POSTINUMERO– JA TOIMIPAIKKA			TALO2000 TEKN.OSA	SUUNN.ALA	PIIRUSTUSNUMERO	TeraWatt TALOTEKNIIKKA
			23	TW	S0001–1–001	
PVM.		TYÖ	1111	MUUTOS:		
TEKIJÄ		TILAAJAN TYÖ		TUNNUS	PVM.	TEKIJÄ
TARKASTETTU						
HYVÄKSYTTY						

PIIRUSTUSNUMERO	NIMITYS	MITTAKAAVA	LEHTIÄ	REV	PVM	TIEDOSTONIMI	HUOM
S0001–1–001	PIIRUSTUSLUETTELO					1111_S0001_001	
S0001–1–002	SÄHKÖTYÖSELITYS					1111_S0001_002	
S0002–1–001–1	ASEMAPIIRUSTUS OSA 1	1:200				1111_S0002_1_001	
S0002–1–001–2	ASEMAPIIRUSTUS OSA 2	1:200				1111_S0002_1_001	
S0002–1–001–3	ASEMAPIIRUSTUS OSA 3	1:200				1111_S0002_1_001	
S0100–1–001	TASOPIIRUSTUS KELLARIKERROS	1:50				1111_S0100_1_001	
S0100–1–002–1	TASOPIIRUSTUS 1.KRS OSA 1	1:100				1111_S0100_1_002	
S0100–1–001–2	TASOPIIRUSTUS 1.KRS OSA 2	1:100				1111_S0100_1_002	
S0100–1–002–3	TASOPIIRUSTUS 1.KRS OSA 3	1:100				1111_S0100_1_002	
S0100–1–003–1	TASOPIIRUSTUS 2.KRS IV–KONEHUONE 1	1:50				1111_S0100_1_003	
S0100–1–003–2	TASOPIIRUSTUS 2.KRS IV–KONEHUONE 2	1:50				1111_S0100_1_003	
S0100–1–004	TASOPIIRUSTUS 2.KRS ATK–TILA	1:50				1111_S0100_1_004	
S0003–1–001–1	LEIKKAUKSET	1:100				1111_S0003_1_001	
S0003–1–001–2	LEIKKAUKSET	1:100				1111_S0003_1_001	
S0003–1–001–3	LEIKKAUKSET	1:100				1111_S0003_1_001	
S0004–1–001–1	JULKISIVUT	1:100				1111_S0004_1_001	
S0004–1–001–2	JULKISIVUT	1:100				1111_S0004_1_001	
S0004–1–001–3	JULKISIVUT	1:100				1111_S0004_1_001	
S1100–1–001	TASOPIIRUSTUS JOHTOTIET KELLARIKERROS	1:200				1111_S1100_1_001	
S1100–1–002	TASOPIIRUSTUS JOHTOTIET 1.KRS	1:200				1111_S1100_1_002	
S1100–1–003	TASOPIIRUSTUS JOHTOTIET 2.KRS	1:200				1111_S1100_1_003	
S2210–1–001	PUISTOMUUNTAMO 20kV PÄÄKAAVIO					1111_S2210_1_001	
S2220–1–001	PÄÄJOHTOKAAVIO					1111_S2220_1_001	
S2223–1–001	MAADOITUSKAAVIO					1111_S2223_1_001	
S2222–1–101	PÄÄKAAVIO PK1					1111_S2222_1_101	
S2222–1–102	PÄÄKAAVIO PK2					1111_S2222_1_102	
S2228–1–101	PÄÄKAAVIO NK1					1111_S2228_1_101	
S2228–1–102	PÄÄKAAVIO NK2					1111_S2228_1_102	
S2228–1–103	PÄÄKAAVIO JK101					1111_S2228_1_103	
S2228–1–104	PÄÄKAAVIO JK102					1111_S2228_1_104	
S2228–1–105	PÄÄKAAVIO JK201 LVI					1111_S2228_1_105	
S2228–1–106	PÄÄKAAVIO JK202 LVI					1111_S2228_1_106	
S2222–1–201	PIIRIKAAVIO PK1					1111_S2222_1_201	
S2222–1–202	PIIRIKAAVIO PK2					1111_S2222_1_202	
S2228–1–201	PIIRIKAAVIO NK1					1111_S2228_1_201	
S2228–1–202	PIIRIKAAVIO NK2					1111_S2228_1_202	
S2228–1–203	PIIRIKAAVIO JK101					1111_S2228_1_203	

Taulukko 2. Piirustusluettelopohja (ST- Kortisto 13.29)

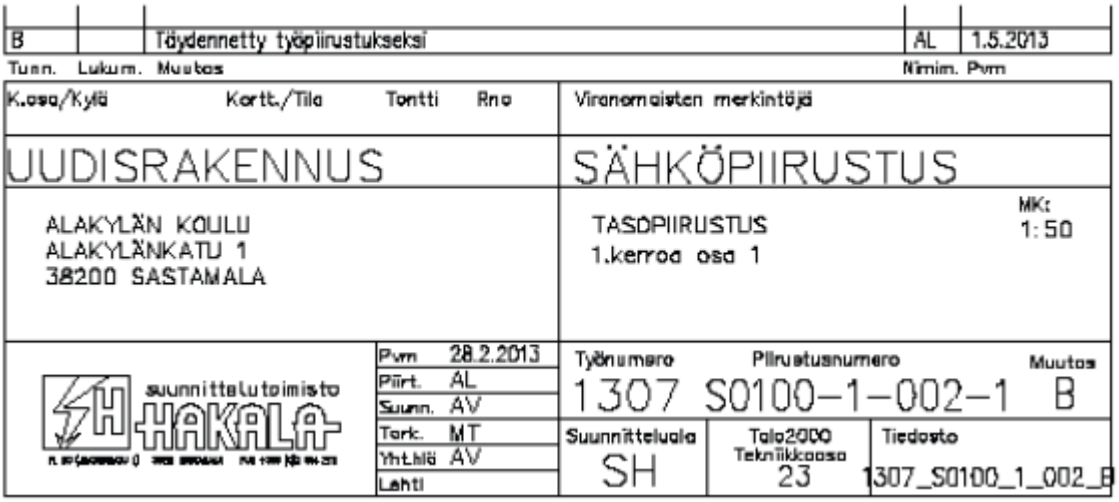
PROJEKTIN NIMI PROJEKTIN OSOITE POSTINUMERO– JA TOIMIPAIKKA			TAL02000 TEKN.OSA	SUUNN.ALA	PIIRUSTUSNUMERO		
			23	TW	S0001–1–001		
PVM.		TYÖ	1111	MUUTOS:			
TEKIJÄ		TILAAJAN TYÖ		TUNNUS	PVM.	TEKIJÄ	
TARKASTETTU							
HYVÄKSYTTY							

PIIRUSTUSNUMERO	NIMITYS	MITTAKAAVA	LEHTIÄ	REV	PVM	TIEDOSTONIMI	HUOM
S2228–1–204	PIIRIKAAVIOT JK102					1111_S2228_1_204	
S2228–1–205	PIIRIKAAVIOT JK201 LVI					1111_S2228_1_205	
S2228–1–206	PIIRIKAAVIOT JK202 LVI					1111_S2228_1_206	
S2322–1–001	LVI–SÄÄTÖKAAVIO					1111_S2322_1_001	
S2322–1–002	LVI–KOJELUETTELO					1111_S2322_1_002	
S2500–1–001	VALAISINLUETTELO					1111_S2500_1_001	
S2511–1–001	VALAISTUSOHJAUS (KNX) JÄRJESTELMÄKAAVIO					1111_S2511_1_001	
S2511–1–002	VALAISTUSOHJAUS JOHDOTUSKAAVIO	1:100				1111_S2511_1_002	
S2511–1–003	VALAISTUSOHJAUS KNX_LAITELUETTELO					1111_S2511_1_003	
S2511–1–004	VALAISTUSOHJAUS KNX_PISTETAULUKKO					1111_S2511_1_004	
S2511–1–005	VALAISTUSOHJAUS TOIMINTAKUVAUS					1111_S2511_1_005	
S2511–1–006	VALAISTUSOHJAUSKESKUKSET KOKOONPANO/RAKENNE					1111_S2511_1_006	
S5220–1–001	UPS_LAITTEET PERIAATEKAAVIO					1111_S5220_1_001	
S6100–1–001	TURVAVALAISTUS PERIAATEKAAVIO					1111_S6100_1_001	
S6100–1–002	TURVAVALAISTUS JOHDOTUSKAAVIO 1.KRS	1:100				1111_S6100_1_002	
S6100–1–003	TURVAVALAISTUS JOHDOTUSKAAVIO 2.KRS	1:100				1111_S6100_1_003	
T1100–1–001	ANTENNIJÄRJESTELMÄKAAVIO					1111_T1100_1_001	
T1300–1–001	YLEISKAAPELOINTI PERIAATEKAAVIO					1111_T1300_1_001	
T1300–1–002	YLEISKAAPELOINTI JOHDOTUSKAAVIO	1:100				1111_T1300_1_002	
T2100–1–001	ÄÄNENTOISTO PERIAATEKAAVIO					1111_T2100_1_001	
T2100–1–002	ÄÄNENTOISTO JOHDOTUSKAAVIO	1:100				1111_T2100_1_002	
T3200–1–001	MERKINANTOKAAVIO (INVA WC:T, VARATTU VALOT, OMPUHELIN)	1:100				1111_T3200_1_001	
T4100–1–001	AIKAKELLOKAAVIO	1:100				1111_T4100_1_001	
T6100–1–001	PALOILMOITUS PERIAATEKAAVIO					1111_T6100_1_001	
T6100–1–002	PALOILMOITUS JOHDOTUS/SILMUKKAKAAVIO 1.KRS	1:100				1111_T6100_1_002	
T6100–1–003	PALOILMOITUS JOHDOTUS/SILMUKKAKAAVIO 2.KRS	1:100				1111_T6100_1_003	
T6100–1–004	PALOILMOITUS TOTEUTUSPÖYTÄKIRJA					1111_T6100_1_004	
T6300–1–001	SAVUNPOISTO PERIAATEKAAVIO					1111_T6300_1_001	
T6300–1–002	SAVUNPOISTO JOHDOTUSKAAVIO	1:100				1111_T6300_1_002	
T8104–1–001	KIINTEISTÖAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ KAAPELOINTIKAAVIO					1111_T8104_1_001	
T8400–1–001	ENERGIAKULUTUSTIETOJEN KERUUJÄRJESTELMÄ PERIAATEKAAVIO					1111_T8400_1_001	
T8400–1–002	ENERGIAKULUTUSTIETOJEN KERUUJÄRJESTELMÄ JOHDOTUSKAAVIO	1:100				1111_T8400_1_002	

Piirustuksen päivittäminen

Jos suunnitteluvaiheessa tehtyä piirustusta joudutaan päivittämään, niin sille ei luoda uutta tunnusta, vaan sille tehdään uusi revisio. Päivityksien numeroinnissa käytetään aakkosia apuna. Ensimmäistä päivitystä merkitään tunnuksella REV B ja siitä seuraavaa taas aakkosissa seuraavana olevalla kirjaimella eli REV C. Näin merkittäessä on helppo katsoa, mikä piirustuksista on uusin versio. Piirustuksiin tulleet muutokset merkataan kuvaan aina nuolella, jonka sisällä on kirjain. Kirjain riippuu siitä, että missä päivityksessä kyseinen muutos on tehty. Kaikki piirustuksiin tulleet muutokset kirjataan ylös nimiön yläpuolelle oikean päivitysversion kohdalle.

St- kortin ohjeessa on mallina yksi tapa luoda revisio. Siinä käytetään toteutussuunnitteluvaiheessa tehtyä dokumenttia, joka halutaan myöhemmin täydentää työpiirustukseksi. Siinä ei tehdä uudelle dokumentille kokonaan uutta piirustusnumeroa, vaan sille luodaan revisio. Näin toteutussuunnitteluvaiheessa tehty dokumentti jää talteen ja kummallakin piirustuksella säilyy sama piirustusnumero. Uuden dokumentin tiedostonimi on muuten sama, mutta siihen lisätään perään revisiotunnus. Kuvassa 5 on tehty revisio kuvasta 4. (ST-Kortisto 13.29)



Kuva 5. Revisio toteutussuunnitteluvaiheen nimiöstä (ST-Kortisto 13.29)

Maakaapelointiohje

Kaapelin tyyppi

”Maahan asennettavina kaapeleina käytetään maahan asennettavaksi tarkoitettuja kaapeleita, jotka ovat mekaanisesti riittävän vahvoja vaipallisia kaapeleita. Kaapelit voivat olla maadoitettavalla metallisella kosketussuojauksella olevia kaapeleita, kuten MCMK, AMCMK, AXCMK tai ilman metallivaippaista kosketussuojaa oleva AXMK kaapeli. Maahan voidaan asentaa myös muita kaapeleita, jotka valmistajan ohjeiden mukaan soveltuvat maahan asennettaviksi.”

Asennus maahan

”Maahan asennettava kaapeli tulee suojata isoilta ja teräviltä kiviltä tms. esineiltä kaapelien vedon ja kaapeliojan täytön aikana. Kaapeli voidaan suojata esim. putkella tai käyttämällä kaapelin ympärillä hienoa hiekkaa tai jotain sitä vastaavaa. Maahan asennetuissa kaapeleissa on huomioitava se, että jätetään asennuksen muutoskohtiin kaapeleille riittävä liikkumisvara, etteivät kaapelit jää vetorasituksen kohteeksi esim. roudan takia.”

”Maahan asennettavan kaapelin sijoitus riippuu kaapelin tyypistä, maan tyypistä ja sen käyttötarkoituksesta sekä paikallisista olosuhteista. Yleensä kaapeli suositellaan asennettavaksi 0,7m syvyyteen. Kuitenkin jos kyseessä on maadoitettavalla metallisella kosketussuojalla varustettu kaapeli, niin asennuksen tekijän ja haltijan harkinnan mukaan voidaan käyttää pienempää asennussyvyyttä. Jos asennussyvyys on pienempi kuin 0,3m, niin kaapeli on suojattava mekaanisesti esim. suojaputkella.”

”Upotettaessa maahan kaapeleita, jossa ei ole maadoitettavaa kosketussuojaa, on alle 0,7m syvyiseen kaapeliojaan asennettavilla kaapeleilla oltava mekaaninen suojaus taulukon 1. mukaan.”

”Maakaapeloinnissa suositellaan käyttämään aina varoitusnauhaa maakaapelin sijainnin osoittamiseksi. Varoitusnauha tulee sijoittaa vähintään 0,2m kaapelin yläpuolelle.” (SFS 6000-8-814)

Taulukko 3. Ilman metallista kosketussuojaa olevan maakaapelin suojaus eri asennussyvyyksillä. (SFS 6000-8-814)

Kaapelin tai suojaputken asennussyvyys h (kaapelin asennusalustan syvyys)	**Standardin SFS-EN 61386-24 mukaisen iskunkestävyyden ja puristuskestävyyden mukaan**	**Standardin SFS 5608 mukaisen lujuusluokan mukaan**
h ≥ 0,7 m	varoitusnauha	varoitusnauha
0,5 m < h < 0,7 m	L 450	kevyt käyttö C
0,3 m ≤ h ≤ 0,5 m piha ja puistoalueilla	N 750	raskas käyttö A
0,3 m ≤ h ≤ 0,5 m muilla alueilla	N 450	keskiraskas käyttö B

Palonkestävän järjestelmän suunnitteluohje

Kaapelointi ja tarvikkeet

Palonkestävien järjestelmien suunnittelussa on hyvä muistaa, että palonkestävät kaapelit täytyy erottaa paloa kestämättömien järjestelmien kaapeleista joko väliseinän tai riittävän suuren välimatkan avulla. Riittävä etäisyys ST- kortin ohjeen mukaan on kaapelin halkaisija tai 50mm, mikäli muusta johtuvasta syystä ei suurempaa vaatimusta ole. Suunnitteluvaiheessa on hyvä tietää, että palonkestävissä järjestelmissä kaikkien asennuksessa käytettyjen tarvikkeiden täytyy myös olla palonkestäviä.

Palonkestäviä asennustarvikkeita:

- Kaapelihyllyt
- Johtokanavat
- Kaapelikiinnikkeet
- Pystysuoran kaapeliasennuksen palosuojauseriste WUM
- Palonkestävät kaapelit
- Kiinnitystarvikkeet
- Jako- ja liitäntärasia

Palonkestävien tarvikkeiden asennuksessa tulee huomioida, että ne asennettaan valmistajan ohjeiden mukaisesti. Myös rakenne, johon palonkestäviä asennustarvikkeita asennetaan, täytyy olla palon kestävää.

Sijoitus

Turvajärjestelmien kaapelit on suositeltavaa sijoittaa muiden järjestelmien yläpuolelle. Siten ne ovat paremmin suojassa palon aikana, koska niiden päälle ei pääse romahtamaan mitään. Toinen vaihtoehto on ottaa huomioon kaapelihyllylle mahdollisesti putoava paino ja rakentaa kiinnitys niin vahvaksi, että se kestää palon aikana päälle putoavan painon.

Kiinnitys

Palonkestävä kaapeli tulee kiinnittää sekä vaaka-, että pysty asennuksessa vähintään 300mm välein. Yleensä yhteen kiinnikkeeseen saa asentaa vain yhden kaapelin, jos kiinnikevalmistaja ei ole ohjeistanut toisin. Jos kaapeliasennuksessa on pystysuora osuus, joka on pidempi kuin 3500mm, niin kaapeleiden kiinnityksen tueksi täytyy asentaa kaapelikohtaiset sivulenkit tai kaapelihyllylle asennettava erillinen palosuojaeriste (WUM) tai vapaaseen tilaan asennettava palokatko 3,5 m välein. (ST- Kortisto 51.06)

Poistumisreittien suunnitteluohje

Merkitseminen

”Poistumisreitit täytyy merkitä poistumisopasteilla, jos kyseessä on:

- *majoitustila*
- *hoitolaitos*
- *kokoontumis- ja liiketila*
- *työpaikkatila*
- *varastotila, jossa työskennellään*
- *joku muu tila, jossa on normaalista poikkeavat poistumisjärjestelyt tai poistuminen on vaikeaa.*

Poistumisopasteet on sijoitettava sellaiseen paikkaan, jossa ne ovat helposti havaittavissa ja osoittavat selkeästi uloskäytävien sijainnin sekä poistumiseen käytettävän reitin.” (ST. Kortisto 59.10)

Poistumisopasteet

Poistumisopasteiden on oltava selkeitä, jotta hätätilanteessa vältytään turhilta väärinkäsityksiltä. Poistumisopasteiden tulee olla ulkonäöltään ja ominaisuuksiltaan työpaikkojen turvamerkeistä ja niiden käytöstä annetun valtioneuvoston (976/1994) määräämän päätöksen mukaisia.

Poistumisopasteiden on täytettävä standardissa SFS-EN 1838 olevat turvallisuuskilpien vaatimukset. Poistumisopasteiden tulee olla vähintään 10cm korkeita ja leveitä. Kuitenkin riittävä opasteen koko määritellään katseluetäisyyden perusteella standardin SFS-EN 1838 mukaan.

Poistumisreittien valaiseminen

Poistumisreittien valaistuksesta on määrätty standardeja, jotka on syytä huomioida suunnitteluvaiheessa. Valaistuksen suunnittelu riippuu erityisesti rakennuskohteesta ja sinne tulevien tilojen käyttötavasta. Valaisimen sijoittaminen riippuu tietysti siitä, että miten rakennuksesta poistuminen on järjestetty. Poistumisreittien valaistuksen suunnittelulle on olemassa ohje, jossa neuvotaan näin:

- Poistumisreitit ja uloskäynnit on oltava selkeästi näkyvissä arkkitehdin piirtämissä kuvissa
- Joka paikasta täytyy näkyä vähintään yksi opastevalaisin
- Opasteiden täytyy olla aina valaistuja joko yksikkökohtaisella tai ulkopuolisella valonlähteellä, joiden täytyy hätätilanteessa toimia vähintään tunnin ajan
- Yksikkökohtaisilla valaisimilla toteutetussa järjestelmässä ei ole erityisvaatimuksia kaapeloinnille
- Turvavalaistuksen täytyy käynnistyä silloin, kun tavallinen valaistus ei enää toimi.
- Turvavalaistuksessa tulee olla normaalista sähkönsyötöstä riippumaton virransyöttö, jolla valaisin toimii vähintään tunnin ajan.
- Turvavalaisimet täytyy sijoittaa poistumisreiteille siten, että niiden antamassa valossa pystytään poistumaan rakennuksesta turvallisesti

Poistumisreittien selkeä merkitseminen on tarpeellista kaikissa niissä tiloissa, joissa liikkuu sellaisia ihmisiä, joiden ei voida olettaa tuntevan tiloja hyvin. (ST-Kortisto 59.10)

Jännitteen alenema

”Jännitteen alenema voidaan laskea käyttäen seuraavia kaavoja:

tasajännitteellä $\Delta U = I \times 2 \times r \times s$

1~ vaihtojännitteellä $\Delta U = I \times 2 \times s \times (r\ cos\varphi \pm x\ sin\varphi)$

3~ vaihtojännitteellä $\Delta U = I \times s \times \sqrt{3} \times (r\ cos\varphi \pm x\ sin\varphi)$

Suhteellinen jännitteen alenema $\Delta u = \Delta U / U_n \times 100\%$

I = kuormitusvirta (A)
s = kaapelin pituus (m)
ΔU = jännitteenalenema voltteina (V)
r = johtimen ominaisresistanssi (Ω/km)
x = johtimen ominaisreaktanssi (Ω/km)
cos φ = tehokerroin.

Kaavoissa plusmerkkiä käytetään induktiivisella kuormalla ja miinusmerkkiä kapasitiivisella kuormalla.” (D1-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista 2012, 525)

Taulukko 4. Kaapeleiden impedanssit (Ω/km) 80 ºC lämpötilassa (D1-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista 2012, 95.)

Johtimien poikkipinta A/mm^2	Kupari			Alumiini		
	Resistanssi r	Reaktanssi x	Impedanssi z	Resistanssi r	Reaktanssi x	Impedanssiz
4 x 1,5	14,620	0,115	14,620			
4 x 2,5	8,770	0,110	8,770			
4 x 4	5,480	0,107	5,480			
4 x 6	3,660	0,100	3,660			
4 x 10	2,244	0,094	2,246			
4 x 16	1,415	0,090	1,418	2,324	0,090	2,326
4 x 25	0,898	0,086	0,902	1,4889	0,086	1,492
4 x 35	0,652	0,083	0,657	1,086	0,083	1,089
4 x 50	0,482	0,083	0,489	0,796	0,083	0,800
4 x 70	0,336	0,082	0,346	0,551	0,082	0,577
4 x 95	0,244	0,082	0,257	0,398	0,082	0,406
4 x 120	0,195	0,080	0,211	0,316	0,080	0,326
4 x 150	0,155	0,080	0,174	0,258	0,080	0,270
4 x 185	0,125	0,080	0,148	0,207	0,080	0,222
4 x 240	0,095	0,079	0,124	0,162	0,079	0,180
4 x 300	0,078	0,079	0,111	0,133	0,079	0,155

Johdon kuormitettavuus

”Johdon kuormitettavuuden määrittää sen kyky luovuttaa virran aiheuttama lämpö ympäristöön. Johdon kuormitettavuuteen vaikuttaa johdinmateriaali, eristemateriaali, ympäristön lämpötila, asennustapa, sekä muiden virtapiirien etäisyys.

Jos lähekkäin olevien kaapeleidenetäisyys toisistaan ylittää kaksi kertaa niidenkokonaishalkaisijan, korjauskertoimia ei tarvitse soveltaa. Samoja kertoimia sovelletaan sekä monijohdinkaapeleille että kahden tai kolmen yksijohdinkaapelin ryhmiin.

Johdon poikkipinnan määrittämisen mitoitusesimerkki:

1) *valitaan sulakkeen nimellisvirta, joka on yhtä suuri kuin oletettu kuormitusvirta*
2) *Etsitään taulukon (5) sarakkeesta 2 valittua sulaketta vastaava kuormitusvirta, joka johdon on vähintään kestettävä*
3) *Määritellään kyseisiä asennusolosuhteita vastaavat korjauskertoimet ja jaetaan edellisessä kohdassa b saatu kuormitusvirta korjauskertoimien tulolla*
4) *Etsitään johdon kuormitustaulukosta (6) kohdassa 3 laskettua virtaa vastaava poikkipinta”*

(D1-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista 2012, 523)

Taulukko. 5 Johdon kuormitettavuus käytettäessä gG- sulaketta (D1-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista 2012, 523)

gG-sulakkeen nimellisvirta [A]	Johdon kuormitettavuus oltava vähintään [A]
6	8
10	13,5
16	18
20	22
25	28
32	35
35	39
40	44
50	55
63	70
80	88
100	110
125	138
160	177
200	221
250	276
315	348
400	441
500	552
630	695
800	883
1000	1103
1250	1379

Taulukko 6. Johtojen kuormitettavuus eri asennustavoilla (D1-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista 2012, 523)

Johtimen poikkipinta-ala [mm²]	SFS 6000:n mukaiset asennustavat			
	A uppo	C pinta	D maa	E ilma
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