



**SAVONIA**

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# TEOLLISUUSHALLIN SÄHKÖSUUNNITTELU

TEKIJÄ: Sami Inkeroinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä Sami Inkeroinen			
Työn nimi Teollisuushallin sähkösuunnittelu			
Päiväys	4.6.2015	Sivumäärä/Liitteet	29+16
Ohjaaja Lehtori Heikki Laininen			
Toimeksiantaja Suonenjoen moottoriurheilukeskus ry			
Tiivistelmä			
<p>Tämän opinnäytetyön aiheena oli teollisuushallin sähkösuunnittelu. Opinnäytetyö tehtiin Suonenjoen moottoriurheilukeskus ry:lle. Opinnäytetyössä tutustuttiin ja koottiin teollisuushallin sähkösuunnitteluprojektiin liittyvä teoria sekä tuotettiin kaikki sähkösuunnitelmiin kuuluvat dokumentit. Tavoitteena oli saada laajempi ymmärrys sähkösuunnitteluprojektin etenemisestä ja sen liittymisestä rakennushankkeen vaiheisiin. Lisäksi tavoitteena oli tuottaa helposti toteutettavat ja tarkoituksenmukaiset suunnitelmat, jotka täyttävät kaikki suunnittelulle ja lopputulokselle asetetut vaatimukset ja tavoitteet turvallisuuden ja käytettävyyden kannalta.</p> <p>Teoriaosuudessa kerrotaan alkuun rakennusprojektin vaiheet ja sähkösuunnittelijan osuus niin, että lukija ymmärtää rakennusprojektin kokonaisuuden ja sähkösuunnittelijan osuuden siinä. Toisessa osassa syvennyttään tarkemmin sähkösuunnittelijan tekemään työhön. Kaikki suunnittelijan työvaiheet esitetään rakennusprojektin etenemisjärjestyksessä ja suunnitteluun kuuluvasta laskennasta esitetään tarvittavat kaavat.</p> <p>Työosuudessa esitellään työn kohteena olevan teollisuushallin sähkösuunnittelu ja mitoitus. Työosuus on esimerkki suunnitteluprojektista: Siinä selvitetään mitoittaminen ja sen perusteena olevien laskukaavojen käyttö. Lisäksi tehdään kaikki sähköpiirustukset ja perustellaan tehdyt valinnat. Tein piirustukset CADs- ohjelmalla ja suoritin valaistuslaskennan DIALuxilla.</p> <p>Työssä selvitettiin teollisuushallin sähkösuunnittelun teoria ja toteutettiin hallin sähkösuunnitelma. Hallin sähkösuunnitelmat ovat toteuttamiskelpoiset ja ne tulevat käyttöön hallin rakennusvaiheessa.</p>			
Avainsanat teollisuushalli, sähkösuunnittelu			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Sami Inkeroinen			
Title of Thesis Electrical Planning for Industrial Building			
Date	4 June 2015	Pages/Appendices	29+16
Supervisor Mr. Heikki Laininen, Lecturer			
Client Organisation Suonenjoen moottoriturheilukeskus RY			
<p>Abstract</p> <p>The subject of this thesis is electrical planning of industrial building. The thesis was done for Suonenjoen moottoriturheilukeskus, an association that builds and develops motorsports tracks and areas in Finland. The thesis includes theory about the electrical planning of an industrial building and all planning documents for the target. The first goal was to get a better knowledge at an electrical planning project and to create all documents that electrical planning includes, and to understand how electrical planning is associated with construction stages. The second goal was to create plans which are easily implemented and are in accordance with the purpose and meet the requirements on safety and the targets set.</p> <p>The first theory part explains the stages in a construction project and the electrical designer's part in it will be told so that readers understand the wholeness of a construction project and electrical designer's part in it. The second theory part explores in greater detail the work that an electrical designer performs. All electrical designer's steps were explored in the same order as the construction project proceeds and all formulas electrical calculating needs were explored.</p> <p>In the practical part, electrical planning and dimensioning were done and it produced as example of an electrical planning project. All dimensioning and used formulas were presented. Also all needed planning documents were made and choices made were explained.</p> <p>As a result of this thesis, theory about electrical planning was collected and electrical plans to the target industrial building were made. Electrical plans are viable and they will be used in the construction of the target.</p>			
Keywords Industrial building, electrical planning			

## SISÄLTÖ

JOHDANTO .....	6
1 RAKENNUSHANKE .....	7
2 SÄHKÖSUUNNITELUPROJEKTI.....	9
2.1 Hankesuunnittelu .....	9
2.2 Luonnossuunnittelu .....	10
2.2.1 Pääsulakkeen mitoittaminen .....	10
2.2.2 Liittymisjohdon mitoittaminen .....	11
2.2.3 Tyyppihuonepiirustuksen piirtäminen.....	11
2.3 Toteutussuunnittelu .....	12
2.3.1 Asemapiirustus .....	12
2.3.2 Nousujohtokaavio .....	12
2.3.3 Keskukset.....	13
2.3.4 Keskusten pääkaaviot.....	13
2.3.5 Tasopiirustukset.....	13
2.3.6 Ryhmäjohtot .....	14
2.3.7 Hankinta-aineiston laatiminen .....	17
2.3.8 Maadoituskaavio .....	17
2.3.9 Lämmitys.....	18
2.3.10 Valaistus.....	18
2.3.11 Sähkötyöselitys .....	19
2.3.12 Dokumentointi .....	19
2.4 Rakennus- ja käyttöönottovaihe.....	19
3 TEOLLISUUSHALLIN SÄHKÖSUUNNITTELU.....	21
3.1 Pääsulakkeet ja liittymisjohto.....	21
3.2 Asemapiirustus .....	23
3.3 Nousujohtokaavio .....	23
3.4 Pääkeskus .....	23
3.5 Tasopiirustus .....	23
3.5.1 Ryhmäjohtojen oikosulkusuojausten laskenta .....	24
3.5.2 Ryhmäjohtojen jännitteenalenneman laskenta .....	25

3.6	Maadoituskaavio .....	25
3.7	Valaistus .....	25
3.8	Hankinta-aineiston laatiminen .....	26
3.9	Sähköyöselitys .....	26
3.10	Dokumentointi .....	26
4	YHTEENVETO .....	27
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT .....	28
	LIITE 1: PIIRUSTUSLUETTELO .....	30
	LIITE 2: ASEMAPIIRUSTUS (EI MITTAAAVASSA) .....	31
	LIITE 3: TASOPIIRUSTUKSEN OSA (EI MITTAKAAVASSA) .....	32
	LIITE 4: KESKUSKAAVIO .....	33
	LIITE 5: MAADOITUSKAAVIO .....	35
	LIITE 6: SÄHKÖSELOSTUS .....	36
	LIITE 7: VALAISTUSLASKELMAT .....	43
	LIITE 8: HANKINTA-AINEISTO .....	45

## JOHDANTO

Työn aiheena on teollisuushallin sähkösuunnittelu ja työssä perehdytään sähkösuunnittelijan työhön sähkösuunnitteluprojektin edetessä. Työn tavoitteena on tehdä toteuttamiskelpoiset suunnitelmat, joista hallin sähköjärjestelmä rakennetaan kesällä 2015. Lisäksi tavoitteena on selvittää sähkösuunnitteluprojektin eteneminen ja sähkösuunnittelijan osuus projektissa.

Aluksi selvitetään rakennushankkeen eteneminen. Sähkösuunnitteluprojekti on osa rakennushanketta, joten sähkösuunnittelijan tulee ymmärtää rakennushankkeen kokonaisuus. Seuraavassa osiossa perehdytään syvemmin sähkösuunnittelijan sähkösuunnitteluprojektissa tekemään työhön sekä selvitetään eri vaiheisiin kuuluvat keskeiset asiat ja sähkösuunnittelijan työtehtävät. Lopuksi esitetään tämän työn aiheena olevan hallin sähkösuunnitteluprojekti ja tulokset.

Työ tehdään Suonenjoen moottoriurheilukeskus (SMUK) Ry:lle. SMUK ry on perustettu vuonna 2005 ja toiminta-ajatus on moottoriurheilun ylläpitäminen ja kehittäminen sekä rata-alueiden rakentaminen Suomessa. Moottoriurheilukeskuksella on karting-rata sekä motocross-radat junioreille ja aikuisille. Moottoriurheilukeskus järjestää karting- ja motocross-kilpailuja kesäisin. Kartingradalla on käytössä elektroninen kierrosajanmittaus, jolla voi mitata kierrosaikoja tuhannesosan tarkkuudella.

## 1 RAKENNUSHANKE

Sähkösuunnittelun tekeminen liittyy rakennushankkeeseen, joka voi olla uuden kiinteistön rakentamista tai olemassa olevan kiinteistön muutos- tai korjausrakentamista. Sähkösuunnittelu kuuluu rakennushankkeeseen, mutta on siitä vain pieni osa. Rakennushankkeen kokonaisuuden ymmärtämisen helpottamiseksi voidaan rakennushanke jakaa osiin. Sähkösuunnittelijan on tärkeä ymmärtää rakennushankkeen kokonaisuus, että suunnittelija tietää eri vaiheisiin kuuluvat tehtävänsä ja voi tarvittaessa ennakoida tulevia tehtäviä (Harsia, Autio, Leskinen, Piikkilä, Savuoja & Välimäki 2004, 30).

Tarveselvitysvaihe on ensimmäinen osa rakennushanketta. Siinä arvioidaan ja selvitetään, miksi rakennushanke tulee toteuttaa ja miten se saadaan toteutettua. Tarveselvityksen tuloksista kootaan hankepääätös. Tarveselvitysvaiheessa ei tavallisesti tarvita sähköisen talotekniikan suunnittelijaa. Jos hankkeeseen liittyy jonkinlaisia erityispiirteitä, voidaan sähköisen talotekniikan suunnittelijaa käyttää tarveselvitysvaiheessa tekemään laskelmia teknisistä tai taloudellisista erityisvaatimuksista. (Harsia ym. 2004, 30, 55.)

Hankepääätöksen jälkeen siirrytään rakennushankkeessa hankesuunnitteluvaiheeseen, jossa selvitetään ja arvioidaan mahdolliset toteuttamistavat ja mahdollisuudet. Hankesuunnitteluvaiheessa päätetään toteuttamistapa, lopputuloksen laajuus ja laatuvaatimukset, joista saadaan arvioitua kustannustaso ja alustava aikataulu. Hankesuunnitteluvaiheen tulosten perusteella tehdään investointipääätös. Hankesuunnittelussa sähköisen talotekniikan suunnittelijan tehtävät liittyvät toteuttamiskelpoisten toimintojen ja ominaisuuksien selvittämiseen sekä kustannusarvion tekemiseen halutuilla toiminnoilla ja ominaisuuksilla. Hankesuunnitteluvaiheessa ei vielä tehdä lopullisia valintoja teknisistä ratkaisuista. (Harsia ym. 2004, 30, 57.)

Luonnossuunnitteluvaiheessa kohteen tiedot tarkennetaan ja kohteeseen valitaan suunnitteluratkaisu, toteutustapa ja käytettävät tekniset järjestelmät. Luonnossuunnitteluvaiheen lopuksi päätetään luonnonsuunnitelmien hyväksyminen ja laaditaan asiakirjat, jotka vaaditaan rakennuslupaa varten. Sähköisen talotekniikan suunnittelija tekee luonnossuunnitteluvaiheessa tarkan kustannuslaskelman kohteesta ja pyrkii tuottamaan kohteesta suunnitteluasiakirjat, joista tilaaja pystyy ymmärtämään, minkälainen sähköjärjestelmä kohteeseen on suunniteltu. Tilaaja ei tavallisesti ole sähköalan ammattilainen, joten sähkösuunnittelijan on selvitettävä kohteeseen tuleva sähköjärjestelmä maallikkokielellä. (Harsia ym. 2004, 30, 62.)

Hyväksytty luonnossuunnitelma johtaa toteutussuunnitteluun, jossa suunnitellaan toteuttamiskelpoiset suunnitelmat, valmistellaan tarvittavat hankinnat ja tehdään rakennuspääätös. Sähköisen talotekniikan suunnittelija suunnittelee, mitoittaa ja tarkentaa sähköjärjestelmän kaikki kohteet, niin että toteutussuunnitteluvaiheen tuloksena ovat dokumentit, joista sähköisen talotekniikan toteuttaminen on mahdollista. (Harsia ym. 2004, 30, 66.)

Rakentamispäätöksen jälkeen alkaa rakennusvaihe, jossa rakennetaan hankkeessa suunniteltu kiinteistö. Rakentamisvaiheessa valvotaan suunnitelmien mukaista toteutusta, niin että lopputulos täyttää asetetut laatu- ja käyttötavoitteet. Rakennusvaiheessa sähköisen talotekniikan suunnittelijalle voi tulla muutossuunnittelutehtäviä, jos jokin suunniteltu kohde ei ole toteutettavissa tai ei ole toimiva. (Harsia ym. 2004, 30, 74.)

Rakennusvaiheen suorituksen jälkeen alkaa käyttöönottovaihe, jossa rakennus otetaan käyttöön ja rakennukselle tehdään tarkastus. Rakennustarkastuksessa verrataan toteutusta suunnitelmien tavoitteisiin. Jos toteutettu rakennus ei täytä asetettuja tavoitteita, tarkistetaan, ovatko urakoitsijat toteuttaneet suunnitelman mukaiset ratkaisut ja suunnitelmat olleet puutteelliset vai ovatko urakoitsijat tehneet suunnitelmista poikkeavia töitä kohteessa. Vahingonkorvaus sekä korjaustyöt tehdään sen tahon kustannuksella, joka virheen on tehnyt. Sähköisen talotekniikan suunnittelija tekee rakennusvaiheen jälkeen kohteesta loppupiirustukset, joissa rakennusvaiheen aikaiset muutokset piirretään puhtaaksi ja lopulliset piirustukset tulostetaan ja niillä korvataan alkuperäiset suunnitelmat. (Harsia ym. 2004, 31, 76.)



## 2 SÄHKÖSUUNNITELUPROJEKTI

Sähkösuunnitteluprojekti etenee samantapaisissa vaiheissa kuin rakennushanke. Edellisessä luvussa on esitetty rakennushankkeen eteneminen ja siihen liittyvät sähkösuunnittelijan tehtävät. Tässä luvussa kerrotaan tarkemmin, mitä sähkösuunnittelija tekee sähkösuunnitteluprojektin edetessä.

### 2.1 Hankesuunnittelu

Hankesuunnittelun tavoitteena on saada mahdollisimman hyvä ymmärrys tilan käyttötarkoituksesta ja käytöstä suunnittelun pohjaksi. Hankesuunnittelu aloitetaan, kun alustava rakentamispäätös eli hankepäätös on tehty. Rakennusprojektin hankesuunnitteluvaiheen aikana sähköisen talotekniikan suunnittelijaa tarvitaan arvioimaan sähköisen suunnittelun ja rakentamisen kustannuksia. Rakennuttaja antaa suunnittelijalle kohteen lähtötiedot hankesuunnittelua varten. Lähtötietoja ovat seuraavat yleistiedot:

- laajuus, toiminnalliset vaatimukset, aikataulut
- kustannustavoitteet, laatutavoitteet ja varustelutavoitteet
- turvallisuustavoitteet
- tietotekniikan käytön vaatimukset
- energiankäytön tavoitteet

ja talotekniset tiedot

- sisäilmasto, lämmitystavat ja käyttöajat
- valaistusvaatimukset
- tiedonsiirto, kulunvalvonta ja turvallisuus
- erityiskuormat ja häiriötä aiheuttavat kuormat
- muunneltavuus ja laajennettavuus
- muut mahdolliset erityistavoitteet. (Harsia ym. 2004, 57 - 61.)

Suunnittelija vertailee lähtötietojen pohjalta laatutasovaihtoehtoja, tutkii tyypillisiä ratkaisuja ja tutustuu samaa käyttötarkoitusta palveleviin tiloihin. Lähtötietojen perusteella suunnittelija määrittelee suunnittelutavoitteet, joihin sisältyvät

- sähköisten ratkaisuvaihtoehtojen kuvaukset
- tilantarpeet ja tilojen sijoitteluun liittyvät näkökohdat
- turvallisuuteen ja häiriönsuojaukseen liittyvät rakenteet
- laitteiston käyttöajat ja huollon tarpeet
- investointi ja ylläpitokustannukset. (Harsia ym. 2004, 61 - 62.)

Pienessä kohteessa hankesuunnitteluvaiheeksi voi riittää tapaaminen, jossa sovitaan kohteen sähköjärjestelmän keskeiset kohdat ja sähköurakan alustava budjetti.

Kun hankesuunnitteluvaiheen lopputuloksena tilaaja on valinnut rakennuksen sähkötekniiset ominaisuudet ja hyväksynyt kustannustavoitteen, tehdään investointipäätös rakennushankkeesta; lopullisia teknisiä yksityiskohtia ei tässä vaiheessa kuitenkaan valita. (Harsia ym. 2004, 62.)

## 2.2 Luonnossuunnittelu

Luonnossuunnitteluvaiheessa tehdään valinnat varustelutasosta ja toiminnallisista ratkaisuista. Luonnossuunnitteluvaiheessa sähkösuunnittelija mitoittaa kiinteistön pääsulakkeet ja liittymisjohdon, koska niiden vaikutus sähköurakan hintaan on merkittävä. Lisäksi luonnossuunnitteluvaiheessa tehdään tyyppihuonepiirustukset, joista tilaajalle selviää kohteeseen tulevan sähköjärjestelmän käyttöön vaikuttavat ominaisuudet. Tyyppihuonepiirustukset hyväksytetään tilaajalla, jolloin tilaaja voi vaikuttaa esimerkiksi pisteiden sijoitteluun tai määrään. Luonnossuunnittelulla pyritään siihen, että tilaaja ja sähkösuunnittelija ovat molemmat tietoisia kohteeseen suunniteltavan sähköjärjestelmän tavoitteista ja että kohteeseen saadaan sähköjärjestelmä, joka täyttää asetetut tavoitteet mahdollisimman hyvin. (Harsia ym. 2004, 62- 66.)

### 2.2.1 Pääsulakkeen mitoittaminen

Pääsulake on liittymisjohtoa suojaava sulake. Tavallisesti erityyppisille kiinteistöille on määritelty kaavat, joiden mukaan kiinteistön teho ja sen perusteella suurin kuorman aiheuttama virta eli mitoitusvirta voidaan määrittellä pääsulakkeen valintaa varten. Teollisuushalleihin ei tällaisia kaavoja voida soveltaa, koska teollisuushallien tehot riippuvat täysin käyttötarkoituksesta ja hallissa olevasta sähkölaitteistosta. (Harsia 2008-3-14.)

Teollisuushalleissa voidaan kiinteistön sähköteho määrittää laskemalla yksittäisistä käyttöön tulevista laitteista kokonaisteho ja arvioimalla sopiva käytönvaihtelukerroin  $k$ , kulutuksen kasvu  $g$  sekä tehokerroin  $\cos\varphi$ . Kaavalla 1 saadaan kokonaispäätöteho muutettua kuorman näennäistehoksi ja näennäistehosta voidaan laskea virta käyttämällä kaavaa 2 ja 3.

$$S = \frac{P}{\cos\varphi} \quad (1)$$

Kaavassa 1:

$P$  on sähköteho kilowatteina.

$\cos\varphi$  on arvioitu tehokerroin.

$S$  on näennäisteho kilovolttiampeereina.

$$S_k = S * k * g \quad (2)$$

Kaavassa 2:

$S_k$  on korjattu näennäisteho.

$k$  on vuorottelukerroin.

$g$  on kulutukselle laskettu kasvuvara.

$$I_b = \frac{S_k}{\sqrt{3} \cdot U_p} \quad (3)$$

Kaavassa 3:

$I_b$  on mitoitusvirta.

$U_p$  on verkon pääjännite kilovolteina. (Amk-kustannus 2010, 126.)

Pääsulakekoon saamme, kun valitaan mitoitusvirtaa suurempi seuraava sulake sulakekokotaulukosta. (Taulukko 1) Pääsulaketta valitessa tulee ottaa huomioon kuormituksen kasvu ja mahdolliset laajennukset sähkölaitteistoon. (Kuusisto 2011, 11 - 12.)

TAULUKKO 1. Tulppasulakekoot (Harsia 2008-5-12)

Mitoitusvirta $I_N$	Tunnusväri	Varokekannen koko
6 A	vihreä	DII
10 A	punainen	DII
16 A	harmaa	DII
20 A	sininen	DII
25 A	keltainen	DII
35 A	musta	DIII
50 A	valkoinen	DIII
63 A	kupari	DIII

### 2.2.2 Liittymisjohdon mitoittaminen

Pääsulakkeiden mitoittamisen jälkeen voidaan mitoittaa liittymisjohto. Liittymisjohdon tulee kestää vähintään pääsulakkeen nimellisvirta ja liittymisjohdon pitää oikosulkutilanteessa aiheuttaa riittävä oikosulkuvirta, jotta suojalaite laukeaa riittävän nopeasti. Liittymisjohdolla riittävän nopea poiskytentäaika on SFS 6000 standardin mukaan 5 sekuntia.

$$I_z \leq \frac{1,6}{1,45} \cdot I_N \quad (4)$$

Kaavassa 3:

$I_N$  on valitun sulakkeen nimellisvirta.

$I_z$  on johtimen vaadittu kuormitettavuus valitulla suojalaitteella.

$$I_2 \leq 1,6 \cdot I_N \quad (5)$$

Kaavassa 4:

$I_2$  on virta, joka riittää suojalaitteen toiminnan varmistamiseen riittävän nopeasti. (SFS 6000.)

### 2.2.3 Tyypihuonepiirustuksen piirtäminen

Tyypihuonepiirustukset tehdään tiloista, joiden käyttö on samankaltaista. Piirustus tehdään yhteen huoneeseen ja jatkossa samankaltaiset tilat suunnitellaan hyväksytyyn tyypihuonepiirustuksen poh-

jalta. Tyyppihuonepiirustuksen pohjatietoina käytetään hankesuunnittelussa sovittua varustelutasoa. Teollisuushallikohteissa tyyppihuoneiden piirtäminen on hyvin pieni osa luonnossuunnittelua, koska teollisuushalleissa ei samankaltaisia tiloja ole tavallisesti kovinkaan paljon. Tyyppihuonepiirustus voidaan tehdä esimerkiksi toimistotilojen työhuoneille. Muista tiloista sähkösuunnittelija tekee esityksen tilaajan hyväksyttäväksi parhaaksi katsomallaan tavalla esimerkiksi piirustuksen ja sanallisen kuvuksen yhdistelmällä. (Karimäki 2005, 13.)

Tyyppihuonepiirustukset ja kuvaus sähköjärjestelmästä lähetetään tilaajan hyväksyttäväksi. Tilaaja ilmoittaa kuvien hyväksymisestä tai muutostarpeista suunnittelijalle, joka korjaa suunnitelmat tarpeen vaatiessa halutuksi. Tavallisesti korjattuja suunnitelmia ei enää lähetetä tarkastettavaksi. (Karimäki 2005, 28.)

## 2.3 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnitteluvaiheen tarkoituksena on tuottaa suunnitteludokumentit, joista rakennettavan kohteen sähköjärjestelmä on mahdollista toteuttaa. Suunnitelman tulee olla niin tarkka, että kustannuksiin vaikuttavat tekijät selviävät suunnitelmasta. Toteutussuunnittelussa suunnitellaan kaikki rakennettavaan kohteeseen tulevat sähköjärjestelmät, tehdään vaadittavat laskelmat ja laaditaan sähkötyöselitys. Myös asennustavat ja johtoreitit selvitetään toteutussuunnitteluvaiheessa. Toteutussuunnittelun lähtötietoina ovat projektin aikaisemmissa vaiheissa laaditut dokumentit. Toteutussuunnittelun edetessä havaittavat puuttuvat tiedot selvitetään tilaajalta. (Harsia 2004, 66.)

Seuraavissa luvuissa kerrotaan sähkösuunnittelijan työn etenemisestä toteutussuunnittelussa. Kukin suunniteltavan kohteen keskeiset vaatimukset ja suunnittelijan tehtävät kyseisessä kohteessa esitellään.

### 2.3.1 Asemapiirustus

Asemapiirustuksessa esitetään rakennusten sijoittuminen tontille ja sähkösuunnittelija lisää siihen rakennuksen ulkopuoliset sähköjärjestelmän osat, esimerkiksi syöttökaapelit ja muut ulos asennettavat kaapelit sekä ulkona sijaitsevat sähköpisteet. Asemapiirustukseen merkitään kaapelien koko ja tyyppi kuten tasopiirustukseen. Asemapiirustuksen mittakaava on tavallisesti 1:100. (Mättö 2011, 30.)

### 2.3.2 Nousujohtokaavio

Nousujohtokaaviota ei piirretä mittakaavaan, se on sähköjärjestelmän periaatekuva. Siitä selviää sähkönjakelujärjestelmän periaate, nousujohtojen pituus ja kaapelityypit. Nousujohtokaavion tekoa varten nousujohtot mitoitetetaan, jotta johdot ja oikosulkuvirrat saadaan merkittyä kaavioon. (Karimäki 2005, 44.)

### 2.3.3 Keskukset

Sähkösuunnittelija laskee keskuksille mitoitusvirran. Mitoitusvirran laskentaa varten keskuksen alaisuudessa olevan verkon kulutus pitää arvioida riittävällä tarkkuudella, jotta mitoitusvirran perusteella valittu keskusmalli on sopiva käyttökohteeseen. Mitoitusvirta lasketaan sähkötehosta kaavoilla 1 ja 2, jotka on esitelty edellä. Valittaessa keskuksen suojalaitteita on tärkeää, että selektiivisyys toteutuu. Selektiivisyys tarkoittaa sitä, että oikosulkutilanteessa palaa oikosulkupaikasta sähkönsyötösuuntaan lähin suojalaite. Selektiivisyys saadaan toteutettua mitoittamalla peräkkäisten suojalaitteiden nimellisvirrat riittävän erisuuriksi ja selektiivisyys voidaan tarkistaa selektiivisyystaulukoista. Keskusten suunnitteluun kuuluu myös keskusten fyysisen koon mitoittaminen tarpeen mukaan. Keskukseseen pitää mahtua riittävä määrä keskuskomponentteja, kuten pääkytkin, johdonsuojakatkaisijoi- ta, vikavirtasuojia, riviliittimiä tarpeen mukaan, ja on myös tärkeää, että keskuksessa on riittävästi tilaa tulevia laajennuksia varten. Sähkönkäyttö lisääntyy jatkuvasti, joten laajennettavuus on otettava huomioon suunnittelussa. (Kuusisto 2011, 15 - 16.)

### 2.3.4 Keskusten pääkaaviot

Keskusten pääkaaviopiirustuksissa on esitetty keskukseseen tulevat komponentit ja johdotukset sekä tulevat ja lähtevät johdot, niin että keskuksen kokoaminen ja kytkeminen on piirustuksen perusteella mahdollista tehdä. Keskuskaavioissa on kansilehti, jossa on esitetty keskuksen keskeisiä tietoja.

Kansilehdessä on seuraavat tiedot:

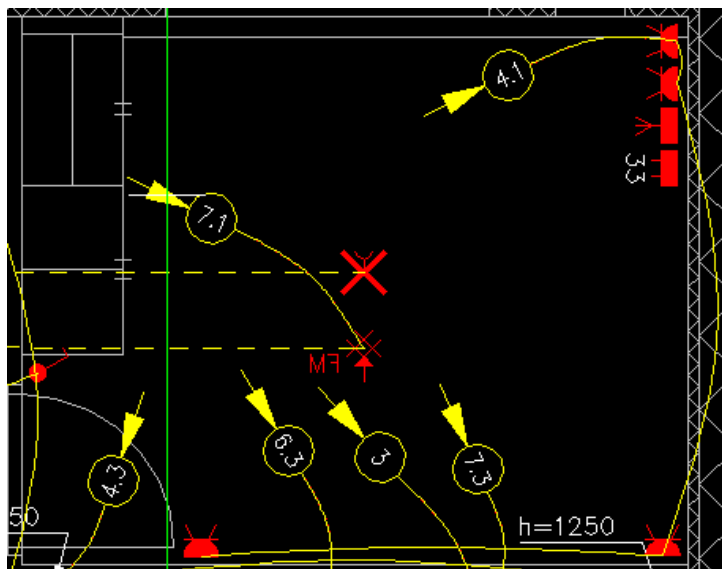
- keskuksen rakenne
- ip-luokka
- nimellisjännite ja nimellisteho
- syöttöjohdon tyyppi ja tulosuunta
- käytetty jakelujärjestelmä. (Karimäki 2005, 49.)

### 2.3.5 Tasopiirustukset

Tasopiirustus tehdään arkkitehtipohjaan ja se on mittakaavassa 1:50. Tasopiirustuksissa esitetään sähköjärjestelmään kuuluvien pisteiden paikat tasopiirustusmerkeillä sekä niiden johdotukset johdotusviivoilla, joihin merkitään kaapelin laatu. Tasopiirustuksiin merkitään myös valaisimien sijainti ja johdotukset edellä mainitulla tavalla. Lisäksi valaisimiin merkitään valaisinpositionumero, joka kertoo, minkämerkkinen ja mallinen valaisin asennetaan kyseisen merkin kohdalle. Tasopiirustusten johdotuksista selviää myös valaisimien ohjaus. Tasopiirustuksen perusteella sähköurakoitsija pystyy asentamaan kohteen syöttöjohdot ja muun johdotuksen sekä kalustamaan ja kytkemään tilan sähkölaitteiston. Jos kohteeseen tulee tietojärjestelmiä, niiden pisteiden sijainti esitetään tasopiirustuksessa, mutta tietojärjestelmien johdotusta ei piirretä tasopiirustukseen.

Tasopiirustuksia tehtäessä pisteiden sijoittamista ulkoseiniin on mahdollisuuksien mukaan vältettävä, koska ulkoseinissä sijaitsevat pisteet lisäävät lämpöhäviötä rakenteessa. Mikäli ei muuta ole sovittu, pistorasiapisteiden asennuskorkeus on 200 mm lattiasta ja kytkinten asennuskorkeus on 1 000 mm

lattiasta. Yksittäiset poikkeukset asennuskorkoon merkitään tasokuvaan viiteviivalla, johon kirjoitetaan asennuskorkeus lattiasta. Tasopiirustusta laadittaessa pitää ottaa huomioon kaapelin lopullinen asennusreitti, jotta kaapelien asennus on mahdollista ja todellinen asennusreitti ei kasvata kaapelin pituutta tasokuvaan verrattaessa niin, että laskelmat oikosulkuvirrasta ja jännitteenalenemasta eivät enää ole oikein. (Karimäki 2005, 30.)



KUVA 1. Tasopiirustuksen esimerkki (Inkeroinen 2014.)

### 2.3.6 Ryhmäjohdot

Ryhmäjohtoilla mitoituksen keskeiset kohdat ovat oikosulkuvirran riittävyyden varmistaminen, jotta suojalaite laukeaa tarpeeksi nopeasti, jännitteenaleneman varmistaminen riittävän pieneksi käyttö-pisteissä ja johtojen kuormitettavuuden varmistaminen, että johdot eivät kuumene liikaa käytössä. Suojalaitteen vaadittu toiminta-aika on SFS 600 -standardin mukaan ryhmäjohtoilla 0,4 s. Käytettäessä suojalaitteena johdonsuojakatkaisijaa johtimien kuormitettavuuksien perustella vakiintunut käytäntö (Taulukko 2.) on, että 10 A:n suojalaitteella varustetuissa ryhmissä käytetään  $1,5 \text{ mm}^2$  poikkipinta-alan johtimia ja 16 A:n suojalaitteella varustetuissa ryhmissä käytetään  $2,5 \text{ mm}^2$  poikkipinta-alan johtimia, jos edellä mainitut oikosulkuvirran riittävyys ja jännitteenalenema eivät vaadi suuremman johdinpinta-alan käyttöä. Tavallisessa käytössä johtimen kuormitettavuuden korjauskertoimen on suurempi kuin 0,7. Tällä käytännöllä saadaan johtimille toteutettua ylikuormitussuoja sekä oikosulkusuoja samalla suojalaitteella. (Tiainen 2012, 131, 216- 217.)

TAULUKKO 2. Yksinkertaistetut kuormitettavuudet (Tiainen 2012, 219.)

Korjauskerroin		1,1	1	0,9	0,8	0,7	0,6
asennus- tapa	Sulake/johdonsuo- jatkaisijan ni- mellisvirta	Vähimmäispoikkipinta, kun suojalaitteena on sula- ke/johdonsuojajatkaisija mm <sup>2</sup> /Cu					
E	6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	10	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,5/1,5
	13	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,5
	16	1,5	1,5	2,5/1,5	2,5	2,5	4
	20	2,5/1,5	2,5	2,5	4/2,5	4	6/4

Taulukkoa 2 koskevia huomioita. Jos solussa on kaksi poikkipintaa, ilmoitetaan ensin johdon vähimmäispoikkipinta-ala gG- tai D-tyyppin sulakkeelle ja toisena ilmoitetaan vähimmäispoikkipinta-ala B-, C- tai D-tyyppin johdonsuojajatkaisijalle.

Oikosulkuviran laskennassa käytetään seuraavaa kaavaa:

$$I_k = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z} \quad (6)$$

Kaavassa 6:

$I_k$  on pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta.

$C$  on kerroin, joka ottaa huomioon jännitteenaleneman piirin komponenteissa ja johdoissa, kertoimen arvo on 0,95.

$U$  on pääjännite.

$Z$  on piirin kokonaisimpedanssi, jossa otetaan huomioon edeltävän verkon impedanssi ja laskettavan johdon impedanssi.

Kokonaisimpedanssi lasketaan lisäämällä edeltävän verkon impedanssiin laskettavan johdon impedanssi. Johdon impedanssi lasketaan seuraavasti: Johdon pituus kilometreinä \* johdon impedanssi  $\Omega/km$  \* 2. Kerroin 2 on laskussa mukana, koska laskettava oikosulkuvirta kulkee ensin vaihejohtoa pitkin oikosulkupisteeseen ja palaa takaisin nollajohtoa pitkin. Laskettaessa oikosulkuvirtaan liittyviä impedansseja käytetään perusteena taulukkoa, jossa impedanssit on ilmoitettu 80 °C lämpötilassa, koska oikosulkutilanteessa johdon lämpötila nousee ja impedanssi kasvaa.

TAULUKKO 3. Automaattisen poiskytkennän takia vaadittavat oikosulkuvirrat erityyppisillä johdonsuojajatkaisijoilla (Tiainen 2012, 93.)

Pienimmät toimintavirrat johdonsuojajatkaisijoille ja vaaditut mitatut arvot				
Nimellis- virta A	B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo
6	30	37,5	60	75
10	50	62,5	100	125
13	65	81,3	130	162,5
16	80	100	160	200
20	100	125	200	250
25	125	156,3	250	312,5

Taulukkoa 3 koskevia huomioita. Mitattujen oikosulkuvirtojen tulee olla 25 % suurempia, koska mitaustilanteessa johdot eivät ole yhtä lämpimiä kuin oikosulkutilanteessa.

Jännitteenaleneman laskennassa käytetään seuraavia kaavoja:

$$\Delta U = I * l * 2 * (r * \cos\varphi \pm x * \sin\varphi) \quad (7)$$

$$\Delta U = I * l * \sqrt{3} * (r * \cos\varphi \pm x * \sin\varphi) \quad (8)$$

Kaavassa 7 ja 8:

$\Delta U$  on jännitteenalenema voltteina.

$I$  on johdon virta.

$l$  on johdon pituus.

$r$  on johdon resistanssi.

$x$  on johdon reaktanssi. (Tiainen 2012, 95, 233.)

Kaavaa 6 käytetään yksivaiheisille vaihtojännitteille ja kaavaa 7 kolmivaiheisille vaihtojännitteille. Plusmerkkiä käytetään induktiivisen kuorman yhteydessä ja miinusmerkkiä kapasitiivisen kuorman yhteydessä.

Oikosulkuvirta ja jännitteenalenema lasketaan jokaisen kaapelityypin pisimmälle kaapelille, koska lyhemmissä kaapeleissa oikosulkuvirta on suurempi ja jännitteenalenema pienempi kaapelien pienemmän impedanssin takia. Laskettua oikosulkuvirtaa verrataan taulukkoon, jossa riittävän nopean laukaisun toteuttavat oikosulkuvirran arvot on esitetty erityyppisille johdonsuojakatkaisijoille. Jos pisimmässä kaapelissa oikosulkuvirta on liian pieni, vaihdetaan kaapeli seuraavaan kokoon ja jatketaan laskentaa seuraavaksi pisimmästä kaapelista. Jännitteenalenemalle ei ole velvoittavia vaatimuksia, jos niin ei ole erikseen sovittu. Suositus suurimmasta jännitteen alenemasta tavallisessa sähköpisteessä on 5 % ja valaistuksessa 3 %. (Tiainen 2012, 95, 233.)

Jos kaapelin asennusolosuhteet ovat tavallisuudesta poikkeavat, esimerkiksi kaapelin kulkureitillä on poikkeuksellisen korkeita lämpötiloja, kaapelit on asennettu nippuun tai kaapeli läpäisee lämpöeristekerroksia, pitää kaapelin kuormitettavuus laskea tilanteittain. Kun tiedetään suojalaitteen nimellisvirta, lasketaan korjattu kuormitettavuus, jonka mukaan kaapeli valitaan. Johdonsuojakatkaisijaa käytettäessä kaapelin vähimmäiskuormitettavuuden tulee olla sama tai suurempi kuin valitun suojalaitteen nimellisvirta. Käytettäessä gG-typin sulaketta tulee vaadittava vähimmäiskuormitettavuus tarkistaa esimerkiksi SFS 6000-5-52 -standardin liitteen C taulukosta C.52.1. Korjauskertoimet erilaisiin tilanteisiin löytyvät SFS 6000-5-52 -standardin liitteen B taulukoista. Kaapelin vaadittava vähimmäiskuormitus jaetaan korjauskerrointen tulolla, jolloin saadaan virta, joka kaapelin on kestettävä ilman korjauskertoimia. Saatua virtaa verrataan SFS 6000-5-52 -standardin liitteen B taulukon B.52.3 asennustapaa vastaavaan sarakkeeseen ja valitaan kaapeli, jonka sallittu kuormitus on sama tai suurempi. Kaapelin kuormitettavuus lasketaan erikseen jokaiselle asennustavalle ja kaapeli mitoitetaan



heikoimman kuormitettavuuden mukaan, koska lämmön siirtyminen kaapelissa pitkittäin on vähäistä. (SFS 6000-5-52.)

### 2.3.7 Hankinta-aineiston laatiminen

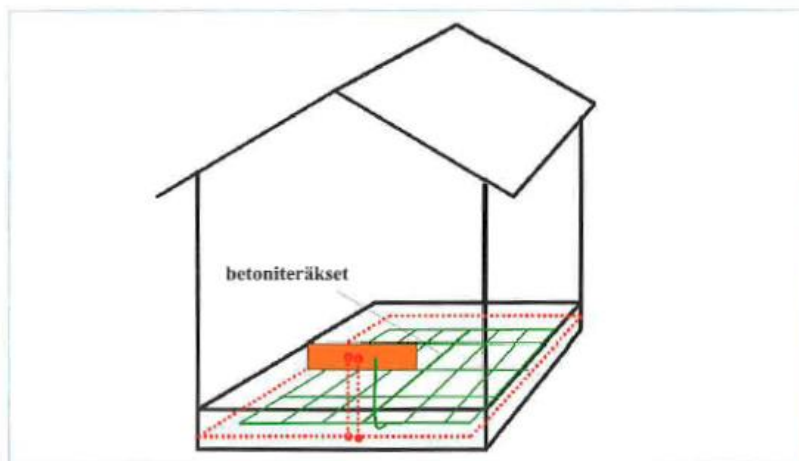
Sähkösuunnittelija laatii tarvittavista sähkötarvikkeista listauksen, josta selviää kohteen vaatimat sähkötarvikkeet niin tarkasti, että urakoitsija voi kilpailuttaa tarviketoimitukset tukkureiden välillä. Listauksessa tulee olla listattuna tarvittavat tuotteet ja määrät, asennustavat, haluttu laatutaso ja mahdolliset muut hintaan vaikuttavat tekniset asiat. Toteutussuunnitelmat itsessään ovat hankinta-aineistoksi liian laajat, joten suunnittelija kokoaa suunnitelmista hankinta-aineistoasiakirjat helpottamaan urakoitsijan tekemää sähkötarvikkeiden kilpailutusta. (Harsia 2004, 69 - 70).

### 2.3.8 Maadoituskaavio

Maadoituskaavio on periaatekuva potentiaalintasauksesta, ja se ei ole mittakaavassa. Maadoituskaaviosta selviää kaikki pääpotentiaalintasauskiskoon kiinnitettävät johtavat rakenteet. Pääpotentiaalintasaukseen liitetään:

- rakennusta syöttävän johdon suojamaa- tai PEN-johdin
- metalliset putket, joista rakennusta syötetään, esimerkiksi vesijohto ja kaukolämpö
- metalliset rakenneosat, esimerkiksi ilmanvaihtolaitteisto
- perusten raudoitusten pääteräkset, mikäli ne voidaan liittää rikkomatta rakenteita
- perusmaadoituselektrodi, joko suoraan tai maadoitusliittimen kautta
- kaapelihyllyt ja johtokourut suositellaan liitettäväksi potentiaalintasausjärjestelmään

Kiinteistöihin rakennetaan aina perusmaadoituselektrodi, jonka tarkoituksena on saada aikaan mahdollisimman hyvä potentiaalintasaus johtaville rakennuksen osille. Pienjänniteliittymän maadoituselektrodin resistanssiarvolle ei ole vaatimusta suurimmasta sallitusta resistanssista, maadoituselektrodin tarkoitus on saada aikaan hyvä potentiaalintasaus. Perusmaadoituselektrodi tehdään tavallisesti perustuksiin niin, että vähintään poikkipinta-alaltaan  $16 \text{ mm}^2$  kupari tai vähintään  $10 \text{ mm}$  halkaisijaltaan oleva ruostesuojattu teräs on upotettu perustukseen yhtenäisenä renkaan muotoisena osana. Käytettäessä terästä perusmaadoituselektrodina on varmistettava, että teräkset on liitetty toisiinsa luotettavasti esimerkiksi hitsaamalla. Jos rakennuksen perustusten alle tulee kosteus- tai lämpöeriste ja betonilla on näin ollen vain huono yhteys maahan, voidaan perusmaadoituselektrodi asettaa perustusten alle. (Tiainen 2012, 295, 300 - 303.)



KUVA 2. Perusmaadoituselektrodi perustuksissa (Tiainen 2012, 302.)

### 2.3.9 Lämmitys

Lämmitystapa tulee ottaa suunnittelussa huomioon, koska lämmityksen vaatima sähköteho riippuu paljon lämmitystavasta sekä erityyppiset lämmitysratkaisut vaativat erilaisen johdotuksen. Lisäksi jos rakennukseen tulee sähkölämmitys (sähköpatterilämmitys, sähköinen lattialämmitys) tehdään lämmityksestä erillinen lämmityskuva arkkitehtipohjaan. Lämmityskuvassa esitetään tarvittavat syöttöjohdot ja lämmityselementtien sijainti. Lämmityskuva on samassa mittakaavassa kuin tasokuvat. Rakennuksille lasketaan lämmitystehon tarve, joka riippuu rakennuksen koosta, rakenteiden lämpöhäviöistä, ilmapuodoista ja ilmanvaihdon tyypistä. Myös haluttu sisälämpötila ja alhaisin oletettu ulkolämpötila pitää ottaa huomioon laskennassa, jotta kovilla pakkasilla rakennuksen lämpötila ei laske liian pienen lämmitystehon vuoksi epämiellyttävän viileäksi. ST -kortista 55.01 voi tarvittaessa hakea lisää tietoa rakennuksen lämmityksen mitoittamiseen. Teollisuushalleissa lämmitystarve riippuu kohteesta ja lämpötilan ei tarvitse olla niin vakaa ja tasainen kuin asumiskäyttöön tarkoitetuissa rakennuksissa. Tilaajan kanssa sovitaan tapauskohtaisesti halutusta lämpötilasta, lämmitystehon tarpeesta ja sallitusta lämpötilan vaihtelusta. (ST 55.01.)

### 2.3.10 Valaistus

Valaistussuunnittelulla on suuri merkitys tilan käyttömukavuudelle. Tästä johtuen valaistussuunnittelu on tärkeä osa sähkösuunnittelua ja valaistuksen tulee olla tiloissa riittävä, riittävän tasainen ja valaistus ei saa aiheuttaa liikaa häikäisyä käyttäjille. Sopiva valaistus parantaa työskentelyn nopeutta ja vähentää työssä tapahtuvien virheiden ja tapaturmien määrää. Valaistusvoimakkuudesta on olemassa taulukoita, joissa esitetään sopivat valaistusvoimakkuudet erilaisiin töihin. Teollisuushalleissa valaistuksen tarve vaihtelee paljon tilan käytöstä riippuen. Tilaaja ja suunnittelija keskustelevat ja sopivat yhdessä sopivan valaistusvoimakkuuden ja tasaisuuden. Esimerkiksi elektroniikkateollisuuteen käytettävissä halleissa työtilan valaistuksen tulee mahdollistaa jatkuvaa tarkkaa näkemistä vaativan työn tekeminen ilman silmien väsymistä (1500 lx), mutta varastohallissa riittää paljon heikompi valaistus (100 lx), koska varastohallissa ei ole tarkoitus tehdä jatkuvaa suurta tarkkuutta vaativaa työtä.

Jos tilassa on tarkoitus tehdä jatkuvaa työskentelyä, on valaistusvoimakkuuden vähimmäisvaatimuksena 200 lx. (Standardi SFS-EN 12464-1.)

Suunnittelija tekee alustavan valaistussuunnitelman ja valitsee käytettävät valaisimet, jonka jälkeen suunnitelmalle voidaan tehdä valaistuslaskenta. Valaistuslaskenta tehdään tavallisesti tietokoneella ja yleisimmin käytetty laskentaohjelma on DIALux. Valaistuslaskentaohjelmasta saadaan mm. valaistusvoimakkuus, valaistuksen tasaisuus, valaistukseen käytettävä sähköteho ja valaistuksen hyötysuhde. Kun suunnitelma täyttää kohteelle asetetut vaatimukset voidaan valaistuslaskentaohjelmalla tehdä valaistusluettelo, josta selviää valaisinten tyyppi, merkki, malli, asennustapa, lukumäärä, sähköteho, positionumero ja kussakin valaisimessa käytettävän polttimon tyyppi. Tarvittaessa valaisinluetteloon voidaan lisätä valaisimiin liittyviä huomioita.

### 2.3.11 Sähkötyöselitys

Sähkötyöselityksessä esitetään kohde ja siinä käytettävä sähköjärjestelmä sanallisessa muodossa. Suurissa urakoissa sähkötyöselitys on tärkeä dokumentti, josta selviää urakkaan kuuluvat työt ja vastuut. Kaikkien työmaalla toimivien urakoitsijoiden yhteystiedot löytyvät sähkötyöselityksestä. Sähkötyöselityksen rakenne ja otsikointi tehdään ST-kortin 70.12 mukaan ja sen rakenne on vakio. Sähkötyöselitykseen kuuluvat osat ovat kansilehti, sisällysluettelo yleistiedot, ja kohdetiedot. Yleistiedot otsikoidaan TALO-90 nimikkeistön mukaan. Sähkönimikkeistöstä valitaan ne nimikkeet, joita kyseisessä kohteessa käytetään ja merkitään ne otsikoiksi nimikkeistön mukaan. Mikäli nimikkeistön mukaisista numeroinneista ei ole perusteltua syytä poiketa, otetaan numerointi nimikkeistöstä muokkaamatta. (ST 70.12.)

### 2.3.12 Dokumentointi

Sähkösuunnitelmaan kuuluu useita erillisiä dokumentteja, selkeyden vuoksi dokumenteista tehdään piirustusluettelo, joka toimii suunnitelmadokumenttien kansilehtenä. Piirustusluettelosta selviää piirustusten piirustusnumerot ja piirustuksen sisältö. Erityyppiset piirustukset numeroidaan ennalta sovitulla numerointitavalla, jotta piirustukset pysyvät järjestyksessä ja piirustusten selailu on helppoa. Piirustusluettelolle ei ole mitään määräävää järjestystä, joten suunnittelutoimisto voi tehdä omiin tarpeisiinsa sopivan luettelojärjestyksen. Kuitenkin suunnittelutoimiston sisällä piirustusluettelon ja numeroinnin olisi hyvä olla samanlainen, jotta suunnittelijat voisivat tarvittaessa helpommin osallistua toisen projektin suunnitteluun. (ST 1S-1.)

## 2.4 Rakennus- ja käyttöönottovaihe

Rakennusvaiheen aikana sähkösuunnittelija osallistuu tavallisesti työmaakokouksiin ja voi toimia asiantuntijatehtävissä rakennustyön aikana, rakennusvaiheen aikaiset sähkösuunnittelijan tehtävät sovitetaan suunnittelusopimuksessa. Rakennusvaiheen aikaiset muutokset kirjataan piirustuksiin, jotta piirustukset pysyvät ajan tasalla ja loppukuvien tekeminen on mahdollista ja että loppukuvat vastaavat täydellisesti tehtyjä asennuksia.

Käyttönottovaiheessa suunnittelija osallistuu takuutarkastukseen, jossa suunnittelija toimii suunnittelemansa järjestelmän asiantuntijana ja varmistaa suunnittelutavoitteiden saavuttamisen oman suunnittelualueensa osalta. Hyväksytty takuutarkastus johtaa takuiden vapauttamiseen. Käyttönotto vaiheessa suunnittelija toimittaa loppupiirustukset tilaajan käyttöön. (harsia 2004,74 - 76.)

### 3 TEOLLISUUSHALLIN SÄHKÖSUUNNITTELU

Tässä kappaleessa käydään läpi opinnäytetyöni kohteena olevan teollisuushallin sähkösuunnittelun etenemisen vaihe vaiheelta. Hallin pohjapinta-ala on ulkoseinistä mitaten  $312 \text{ m}^2$  ja sisäseinistä mitaten  $290 \text{ m}^2$ . Halli tulee moottoriurheilukeskuksen käyttöön ja pääasiallinen käyttö on moottoriurheilukeskuksen kaluston korjausta ja huoltoa. Käyttö tulee olemaan harrastustyyppistä, ei jatkuvaa teollisuushallityötä. Hallin sähköistyksen tavoitteena on saada aikaan käyttöä vastaava varustelutaso, ja pitää sähköjärjestelmän hankintakustannus mahdollisimman matalana. Oikosulkuvirta liittymisjohdon liityntäpisteessä on  $245 \text{ A}$ , se aiheuttaa sähköistykselle oman haasteensa, koska ryhmäjohtojen oikosulkuvirrat jäävät herkästi liian pieniksi näin pienellä liittymispisteen oikosulkuvirralla, oikosulkuvirtoihin ja riittävän nopeaan poiskytkentään tulee kiinnittää erityistä huomiota. Halliin tulee lämmitys tuotantohallin puolelle, joka toteutetaan öljypoltinpuhaltimella ja toimistoon, jossa lämmitimenä toimii sähköpatteri. Valaistusvaatimuksena on kulkemiseen riittävä valaistus, koska hallissa työskentely tapahtuu kohdevalojen avulla.

Työssä käytetään suunnitteluohjelmiana CADS planner ohjelmaa, sillä saa tehtyä piirustukset ja pääkeskuskaavion ja kansilehden. CADS tekee myös laskennan ryhmäjohtoille ja sähkökomponenteille.

#### 3.1 Pääsulakkeet ja liittymisjohto

Teollisuushallin suunnittelu alkaa työssä hallin sähkötehon arvioinnilla, jotta pääsulake ja hallin syöttökaapeli saadaan mitoitettua. Halliin tulee vain vähän jatkuvaa kulutusta, koska hallin lämmitys tapahtuu öljypoltinpuhaltimella, ei lämmitys kuluta kovin paljon sähköä. Lisäksi hallissa ei ole tarkoitus tehdä jatkuvaa ammattimaista toimintaa, vaan käyttö on enemmän harrastustoiminnan kaltaista. Halliin tulevia sähköä kuluttavia laitteita ovat hitsauslaite, noin  $6 \text{ kW}$ , autonostin, noin  $2 \text{ kW}$ , toimiston osan sähkölämmitys, noin  $2 \text{ kW}$ , öljypoltinpuhallin, noin  $2 \text{ kW}$ , käsityökaluja noin  $2 \text{ kW}$ , poistoilmakone noin  $1 \text{ kW}$ , kompressori  $4 \text{ kW}$  ja valaistus noin  $2 \text{ kW}$ . Käytönvaihtelukerroin  $k$  arvioidaan olevan  $0,6$ . Pienteollisuuden tehokertoimena käytetään  $0,8 \cos\varphi$  ja huomioon täytyy ottaa myös sähkökulutuksen kasvu, jolle jätetään kasvuvaraksi  $30 \%$ .

TAULUKKO 4. Sähköteho (Inkeroinen 2015)

Kuluttaja	Teho(kW)
Hitsauslaite	6
Öljypoltinpuhallin	2
Autonostin	2
toimiston lämmitys	2
käsityökalut	2
poistoilmakone	1
Valaistus	2
Kompura	4
Ilmanvaihto	1
Teho yhteensä	22

Aiemmin esitellyllä kaavalla 1 saadaan laskettua hallin näennäisteho  $S$ ,

$$S = \frac{22 \text{ kW}}{0,8} = 27,5 \text{ kVA}$$

Kaavalla 2 korjataan näennäisteho mitoitustehoksi, koska maksimitehon mukaan mitoitettaessa tulisi syöttökaapeli ja pääsulake todellista tarvetta suuremmiksi.

$$S_k = 27,5 * 0,6 * 1,3 = 21,45 \text{ kVA}$$

Korjatusta näennäistehosta saadaan hallin mitoitusvirta laskettua kaavalla 3.

$$I_b = \frac{21,45 \text{ kVA}}{\sqrt{3} * 0,4 \text{ kV}} = 30,96 \text{ A}$$

Mitoitusvirran ollessa 30,96 A, voidaan pääsulakkeeksi valita 35 Ampeerin tulppasulake taulukon 2.3.1.1 mukaan.

Liittymisjohdon vaadittava kuormitettavuus lasketaan kaavalla 4

$$I_z = \frac{1,6}{1,45} * 35 \text{ A} = 38,6 \text{ A}$$

Liittymisjohto asennetaan toimistorakennuksen ryhmäkeskus 4:än. Ryhmäkeskuksessa sulakkeiden paikka on pääkytkimen vieressä.

Liittymisjohdon asennustapa on maa-asennus, mutta keskukselta maahan liittymisjohto kulkee seinän pinnalla pinta-asennuksena toisen johdon kanssa vierekkäin. Johto mitoitetaan heikoimman asennuskohdan mukaan, joten laskemme johdon vaadittavan kuormitettavuuden pinta-asennukselle toisen johdon kanssa vierekkäin. Pinta-asennus toisen johdon kanssa vierekkäin saadaan mallinnettua käyttämällä korjauskertoimen arvona 0,85. Johdon vaadittava kuormitettavuus jaetaan korjauskertoimella, vaadittava kuormitettavuus johdolle on  $\frac{38,6 \text{ A}}{0,85} = 45,4 \text{ A}$ . Liittymisjohdoksi voidaan siis valita kaapeli, joka kestää 45,4 A:n virran ilman kuormituskertoimia. Tämän tiedon perusteella valitsimme liittymisjohdoksi MCMK 4\*10-kaapelin, jonka suurin sallittu kuormitusvirta on 60 A.

TAULUKKO 5. Sähköliittymä (Inkeroinen 2015)

Kuormitusvirta	30,96
Pääsulake	35 A
Kaapelin kuormitettavuusvaatimus	45,4 A
Liittymisjohto	MCMK 4*10
Johdon impedanssi $\Omega/\text{km}$	2,244
Liittymisjohdon pituus m	40

Liittymisjohtoa edeltävän verkon impedanssi on 0,8945  $\Omega$  ja sitä vastaava oikosulkuvirta 245,3 A.

Liittymisjohdon oikosulkuvirta saadaan laskettua kaavalla 6, kun tiedetään liittymisjohdon pituus.  $I_k =$

$$I_k = \frac{0,95 * 400}{\sqrt{3} * (0,8945 + 2,244 * 0,04 * 2)} = 235,6 \text{ A. Pääsulakkeeksi valittu 35 A:n sulakkeen vaadittu oikosulku-}$$

virta 5 sekunnin poiskytkentäajalla on 150 A. Joten oikosulkuvirta on riittävä.

Liittymisjohto tuodaan maa-asennuksena perustukseen asti ja perustuksessa upotettuna keskuksen kohdalle, josta se nostetaan keskukselle. Liittymisjohto pitää suojata asennusputkella perustukseen asennettaessa ja merkitä nauhalla maa-asennuksessa.

### 3.2 Asemapiirustus

Asemapiirustukseen merkitään tämän työn osalta vain hallin syöttökaapeli toimistokopista halliin. Ulkovaistus asennetaan hallin osalta vain hallin seiniin, joten ne piirretään tasokuviin. Suonenjoen moottoriurheilukeskuksella on menossa toinenkin opinnäytetyö, jossa käsitellään aluesähköistystä. Asemapiirustus kuuluu aluesähköistystyöhön, joten tässä työssä tehty asemapiirustus korvataan aluesähköistystyön tekijän asemapiirustuksella työn valmistuessa. Kaapelin reitti ja tyyppi ilmoitetaan aluesähköistystyön tekijälle, jotta lopullisessa asemapiirustuksessa on hallin nousujohto merkittynä.

### 3.3 Nousujohtokaavio

Työssä nousujohtokaaviota ei tarvitse tehdä, koska koko hallin sähköistys tapahtuu yhdestä keskuksesta. Nousujohtokaavioon merkittäisiin vain liittymisjohto ja pääkeskus. Sähköjärjestelmän periaate on niin yksinkertainen, että sitä ei tarvitse selventää nousujohtokaaviolla.

### 3.4 Nousukeskus

Nousukeskukseen tulevat komponentit määritellään, ja keskuksista tehdään keskuskaavio ja kansilehti. Nousukeskuskaavio tehdään suunnitteluohjelmalla tasokuvan perusteella. Nousukeskuksen tarvittavat komponentit lasketaan ja keskuksen tarvittava koko arvioidaan. Keskukseseen jätetään laajennusvaraa, niin että mahdolliset myöhemmin lisättävät ryhmät saadaan kytkettyä keskukseseen uusiin johdonsuojakatkaisijoihin ja vikavirtasuojiin.

Nousukeskusta syöttävä johto kytketään hallin vieressä sijaitsevan toimistorakennuksen ryhmäkeskus 4:än. Ryhmäkeskuksessa nousujohtoon sulakkeet voidaan sijoittaa pääkytkimen viereen.

### 3.5 Tasopiirustus

Tasopiirustus tehdään hallin arkkitehtikuvan päälle. Johtoteiksi halliin asennetaan tikashyllyt, laajennustöiden helppoutta ajatellen. Hyllyn asennuskorkeudeksi asetetaan 3950 mm, koska hallissa on 3600 mm korkea nosto-ovi ja hallin valot asennetaan tikashyllyihin kiinnitettävään valaisinkiskoon. Lisäksi hallissa on ikkunat, joiden yläreuna on 3710 mm korkeudella. Toimistossa ja teknisessä tilassa tikashylly asennetaan 2500 mm korkeuteen, koska tilojen korkeus on hallia matalampi. Johdot asennetaan tikashyllylle, josta ne pudotetaan pinta-asennuksena pisteille. Jos pisteen kohdalla ei ole hyllyä, tuodaan johto pinta-asennuksena helpointa reittiä hyllyltä pisteelle.

Pisteiden asennuskorkeudeksi hallin puolella laitetaan valaistusohjaukselle 1000 mm, yksivaihepistorasioille ja kolmivaihepistorasioille 1400 mm.

Pääkeskus sijoitetaan toimistotilaan, Syöttökaapeli tuodaan keskukselle alhaalta ja ryhmien syötöt lähtevät keskukselta ylöspäin tikashyllylle.

### 3.5.1 Ryhmäjohtojen oikosulkusuojauksen laskenta

Ryhmäjohtoille lasketaan jokaisen johtotyyppin ja johdonsuojakatkaisijatyypin pienin oikosulkuvirta ja sitä verrataan vaadittavaan oikosulkuvirtaan kyseiselle suojalaitteelle. Jos oikosulkuvirta ei riitä, vaihdetaan suojalaitteen tyyppi tai lisätään johdotuksen poikkipinta-alaa. Mikäli oletettu kuorma ei aiheuta kulutuspiikkejä, voidaan johdonsuojakatkaisijan tyyppi vaihtaa C-tyypistä B-tyyppiin. Johdonsuojakatkaisinten tyypit ovat valaistusryhmissä B ja pistorasia- ja lämmitysryhmissä C. Laskentaa varten tarkastin johtojen pituudet tekemistäni tasokuvista ja laskin likimääräisen oikosulkuvirran

$$\text{käyttämällä kaavaa 6. } I_k = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z} = \frac{0,95 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot (0,984 + 8,77 \cdot 0,0378 \cdot 2)} = 133,21 \text{ A}$$

Esimerkkilaskun tein pisimmästä pistorasiaryhmästä, jossa käytetään MMJ 3x2,5 mm<sup>2</sup>-kaapelia. Oikosulkuvirta jäi 37,8 m johtopituudella liian matalaksi C-tyypin johdonsuojakatkaisijalle, joten tähän ryhmään vaihdettiin B-tyypin johdonsuojakatkaisija. Seuraavaksi etsittiin toiseksi pisin MMJ 3x2,5 -kaapelia käyttävä ryhmä ja laskettiin sen oikosulkuvirta. Oikosulkuvirta oli riittävä C-tyypin johdonsuojakatkaisijalle, joten kaikki lyhemmät kuin 19,2 m ryhmät kaapelilla MMJ 3x2,5 aiheuttavat oikosulkutilanteessa riittävän nopean laukaisun.

TAULUKKO 6. Oikosulkusuojaus (Inkeroinen 2015)

Johdon tyyppi	Pituus km	Oikosulkuvirta A	Johdonsuojakatkaisija	Vaadittu oikosulkuvirta A
MMJ 3x1.5	0,0597	80,37	B 10	50
MMJ 3x2.5	0,0378	133,21	B 16	80
MMJ 3x2.5	0,0192	166,11	C 16	160
MMJ 5x2.5	0,0189	166,77	C 16	160

Suunnitteluohjelma laskee oikosulkuvirrat tarkemmin kuin käytettäessä kaavaa 6. Suunnitteluohjelman laskentatulokset ovat taulukossa 7.

TAULUKKO 7. Suunnitteluohjelman laskentatulokset (Inkeroinen 2015)

Keskus	Ryhmä	Osoite	Johdotus	Johdinpitu...	Max johdin...	Ylivirtasuoj...	Oikosulkuvi...	Jänniteale...
✓ NK	10.1	varasto valaistus	MMJ 3x1.5 S	37,3	119,9	B 10	109	0,82
✓ NK	10.2	TSTO valaistus	MMJ 3x1.5 S	8,6	119,9	B 10	186	0,06
✓ NK	10.3	Halli valaistus	MMJ 3x1.5 S	59,7	119,9	B 10	83	1,83
✓ NK	11.1	TSTO PR	MMJ 3x2.5 S	4,7	25,5	C 16	217	0,00
✓ NK	11.2	Tekninentila PR	MMJ 3x2.5 S	11,0	25,5	C 16	196	0,00
⚠ NK	11.3	Työtaso PR	MMJ 3x2.5 S	12,9	25,5	C 16	190	0,00
⚠ NK	12.1	Halli PR	MMJ 3x2.5 S	19,2	25,5	C 16	174	0,00
✓ NK	12.2	Halli PR	MMJ 3x2.5 S	37,8	104,8	B 16	139	0,00
✓ NK	12.3	TSTO lämmitys	MMJ 3x2.5 S	6,2	25,5	C 16	212	0,20
⚠ NK	13.1	Halli Poistoilma	MMJ 3x2.5 S	22,1	25,5	C 16	167	0,00
⚠ NK	13.2	Varasto poistoilma	MMJ 3x2.5 S	24,0	25,5	C 16	163	0,00
⚠ NK	13.3	Halli ovi	MMJ 3x2.5 S	16,3	25,5	C 16	181	0,00
✓ NK	14.1	Varasto ovi	MMJ 3x2.5 S	7,0	25,5	C 16	209	0,00
✓ NK	15	Tekninentila Kompr...	MMJ 5x2.5 S	9,0	25,5	C 16	202	0,00
⚠ NK	16	Halli 3-v PR	MMJ 5x2.5 S	18,9	25,5	C 16	175	0,00
⚠ NK	17	Halli Hitsauskone	MMJ 5x2.5 S	15,2	25,5	C 16	184	0,00
✓ NK	18	Halli nostin	MMJ 5x2.5 S	11,0	25,5	C 16	196	0,00



Oikosulkuvirrat riittävät 0,4 s poiskytkentäajan toteutumiseen. Kuormitettavuus riittää valituilla kaapeleilla ja suojalaitteilla taulukon 2 mukaan, koska johtimien korjauskerroin on suurempi kuin 0,7. Pistorasiaryhmät on suojattu johdonsuojakatkasijan lisäksi vikavirtasuojalla. Johdonsuojakatkasijan poiskytkentäaika voi olla suurempi kuin 0,4 s, koska vikavirtasuojalla hoitaa automaattisen poiskytkentän toteutumisen 0,3 s:ssa vikatilanteessa, jossa jännitteiset osat ovat kosketeltavissa.

### 3.5.2 Ryhmäjohtojen jännitteenaleneman laskenta

Jännitteenaleneman laskemiseen käytetään kaavoja 6 ja 7. Esimerkkilasku tehdään liittymisjohdosta.

$$\Delta U = I * l * \sqrt{3} * (r * \cos\varphi \pm x * \sin\varphi) = 30,96 * 0,04 \text{ km} * 2 * (1,974 * 0,8 + 0,11 * 0,6) = 4,07 \text{ V}$$

Liittymisjohdon jännitteenalenema on 4,07 V. Se on prosentteina  $\frac{4,07}{230} * 100 = 1,8 \%$ . Liittymisjohdolla jännitteen alenema saa olla enintään 5 %, joten liittymisjohdon jännitteenalenema on sallitun rajan sisällä. Taulukossa 8 on esitetty kohteen jännitteenalenemat.

TAULUKKO 8. Kohteen jännitteenalenemat (Inkeroinen 2015.)

Uh MCMK	4,07483136	Uh %	1,8
Uh MMJ 5x2,5	4,3511808	Uh %	1,9
Uh MMJ 3x1,5	5,55308	Uh %	2,4

Jännitteenalenemat ovat sallittujen raja-arvojen sisällä ja valitut kaapelit voidaan hyväksyä asennettavaksi.

## 3.6 Maadoituskaavio

Maadoituskaavioon merkitään kaikki pääpotentiaalintasauskiskoon liitettävät johtavat järjestelmät. Kohteessa niitä ovat perustusten raudoitukset, keskuksen maadoituskisko, kaapelihyllyt ja johtokourut. Kaapelihyllyjä on kaksi erillistä järjestelmää, jotka molemmat kiinnitetään potentiaalintasauskiskoon. Lisäksi perusmaadoituselektrodin molemmat päät kiinnitetään potentiaalintasauskiskoon. Kisko sijaitsee keskuksen alla 500 mm korkeudessa.

## 3.7 Valaistus

Valaistuksen vaatimuksena on tarjota kulkemiseen riittävä yleisvalaistus, koska hallissa työskentely tapahtuu kohdevaloilla. Valaisinripustuskiskot kiinnitetään tikashyllyihin ja valaisimet asennetaan valaisinripustuskiskoon. Valaistuksen asennuskorkeus on siis 3 950 mm. Valaistusta ei käytetä kohteessa kovin paljon, joten valaisinten hankintahinta on merkittävämpi tekijä valaisinten valinnassa kuin sähkönkulutus. Tämän perusteella päädyttiin halliin valitsemaan loisteputkivalaistus 2 x 58 W tehoisilla loisteputkillla. Alustava valaistussuunnitelma tehtiin tuotantohallin ja varastohallin valaistuksista ja tilat mallinnettiin DIALux-ohjelmaan. DIALux-ohjelmalla tehty laskenta paljasti tuotantohallin valaistuksen olevan liian heikko jatkuvaan työskentelyyn. Tämä korjattiin lisäämällä tuotantohalliin valaisimia ja laskemalla valaistusvoimakkuudet uudelleen. Valaistusvoimakkuuden ollessa riittävä, lisättiin muutokset tasokuviin. Tuotantohalliin suunniteltiin valaistus kuudesta 2 x 58 W loisteputkiva-

laisimesta ja keskimääräinen valaistusvoimakkuus on hallissa 270 lx. Tuotantohallin valaistuksen sähköteho on 648 W. Varastohallin valaistus toteutetaan neljällä 2 x 58 W loisteputkivalaisimella, jolloin keskimääräinen valaistusvoimakkuus on 168 lx ja valaistuksen sähköteho on 432 W. Valaistusvoimakkuudet ovat riittävät tulevaan käyttöön eikä valaistuksen hankintahinta nouse kovin korkeaksi valituilla valaisimilla.

### 3.8 Hankinta-aineiston laatiminen

Hankinta-aineisto laaditaan halliin tulevista sähköpisteistä, valaisimista, johdoista, keskuskomponenteista, johtoteistä ja keskuskomponenteista. Niistä tehdään listaus, josta selviää määrä ja laatu, mutta ei asennuskustannuksia.

### 3.9 Sähkötyöselitys

Sähkötyöselitykseen kirjataan kohteen kaikki oleelliset tiedot. Jos piirustuksista ei selviä, miten kohde on suunniteltu tehtäväksi, sen voi tarkistaa sähkötyöselityksestä. Sähkötyöselityksen otsikoinnissa käytetään S2010 -sähkönimikkeistöä.

### 3.10 Dokumentointi

Työssä tuotetut dokumentit numeroidaan ja järjestetään piirustusluettelon alle, niin että niiden järjestys on selkeä ja ne löytyvät tarvittaessa helposti. Piirustusnumerot ovat:

SÄH 001 Piirustusluettelo

SÄH 100 Asemapiirustus

SÄH 200 Tasopiirustukset

SÄH 300 Keskuskaavio + kansilehti

SÄH 301 Maadoituskaavio

SÄH 400 Sähköselostus

SÄH 401 Hankinta-aineisto

SÄH 402 Valaisinluettelo

#### 4 YHTEENVETO

Tavoitteena opinnäytetyössä oli tuottaa Suonenjoen moottoriurheilukeskuksen käyttöön tulevaan halliin sähkösuunnitelmat. Lisäksi teollisuushallin sähkösuunnittelun vaiheista ja suorittamisesta oli tavoitteena koota teoria, jonka perusteella hallin suunnittelu voidaan tehdä. Lisäksi asetin itselleni tavoitteen ymmärtää paremmin rakennushankkeen kokonaisuuden ja sähkösuunnitteluprojektin kuumumisen siihen sekä sähkösuunnittelijan sähkösuunnitteluprojektiin liittyvät työt.

Opinnäytetyössä koottiin teoria teollisuushallin suunnittelusta. Teoriaa olisi voinut kirjoittaa suunnitteluvaiheesta lähes loputtomiin; vaikeinta oli rajanveto kirjoitettavien ja poisjätettävien asioiden kesken. Kohteena olevaan halliin tehtiin sähkösuunnitelmat. Suunnitelmat ovat toteuttamiskelpoiset ja täyttävät sähkösuunnitelmille asetetut vaatimukset. Suunnitelmien tekeminen kesti paljon kauemmin kuin siihen oli varattu aikaa, mutta suunnitelmat tulivat valmiiksi ajoissa.

Tämä opinnäytetyö oli tekijänsä ensimmäinen itsenäisesti toteutettu kokonainen sähkösuunnittelu-projekti. Työn tekemisestä kertyi valtavasti hyödyllistä oppia suunnittelusta ja eri tehtävien työmäärästä tulevaa työelämää varten. Myös rakennushanke-käsitteen ja sähkösuunnitteluprojektin vaiheiden ymmärtäminen on tärkeää suunnittelutyössä, joten kokonaisuudessaan työ oli todella hyödyllinen ja opettava.

## LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

Amk-kustannus Oy Tammertekniikka 2010. Tekniikan kaavasto, Matematiikan, fysiikan, kemian ja lujuusopin kaavoja sekä SI-järjestelmä. Tampere: Kariston kirjapaino Oy.

HARSIA, Pirkko 2008a. Sulakkeet. Sulakkeista suojina. [Viitattu 2015-4-29.] Saatavissa:

<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1204792797383/1210594480264/1210594509783/1210594789763.html>

HARSIA, Pirkko 2008b. Tehonmitoitus. Kiinteistöjen huipputehojen laskenta. [Viitattu 2015-3-30.]

Saatavissa:

<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030503/1113391235042/1113391621636/115011126448/1150111210984.html>

HARSIA, Pirkko, AUTIO, Isto, LESKINEN, Markku, PIKKILÄ, Veijo, SAVUOJA, Pekka, VÄLIMÄKI, Esko. 2004. Sähkösuunnittelun käsikirja. Helsinki: Painokurki Oy.

KARIMÄKI, Juha 2005. Kerrostalon sähkösuunniteluohje. Tampereen ammattikorkeakoulu.

Sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Saatavissa:

<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9879/TMP.objres.154.pdf?sequence=2>

KUUSISTO, Risto 2011. Sähkösuunnitelma. Tampereen ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Saatavissa:

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/30052/Kuusisto\\_Risto.pdf?sequence=2](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/30052/Kuusisto_Risto.pdf?sequence=2)

MÄTTÖ, Jere 2011. Lämpökeskuksen suunnittelu. Metropolia ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Saatavissa:

[http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/38264/Matto\\_Jere.pdf?sequence=1](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/38264/Matto_Jere.pdf?sequence=1)

TIAINEN Esa. 2012. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Helsinki: Painokurki OY.

SFS-EN 12464-1 Valo ja valaistus. Sisävalaistus. Suomen sähköteknillinen standardisoimisyhdistys SESKO 2011.

SFS 6000-5-52 Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät. Suomen standardisoimisliitto SFS 2012.

ST 13.80 Tarjouslaskenta. Pisteiden määrät ja sähköiset tarjouspyyntöasiakirjat. Sähkötieto Ry 2007.

ST 1S-1 Sähkösuunnitelman piirustusluettelo. Suunnitelmapiirustus. Sähkötieto Ry 2005.

ST 55.01 Sähkölämmityksen mitoitus. Sähkötieto Ry 2008.

ST 70.12 S2010-Sähkönimikkeistö. Sähköenergian jakelu- ja käyttöjärjestelmät, tietotekniset järjestelmät. Sähkötieto Ry 2012.

## LIITE 1: PIIRUSTUSLUETTELO

Suonenjoen moottoriurheilukeskus  
Hallirakennus  
SÄH 001

4.6.2015

PIIRUSTUSLUETTELO  
Inkeroinen

Piirustusnumero ja nimi

Mittakaava

SÄH 001 PIIRUSTUSLUETTELO

SÄH 100 ASEMAPIIRUSTUS

1:100

SÄH 200 TASOPIIRUSTUS

1:50

SÄH 300 KESKUSKAAVIO + KANSILEHTI

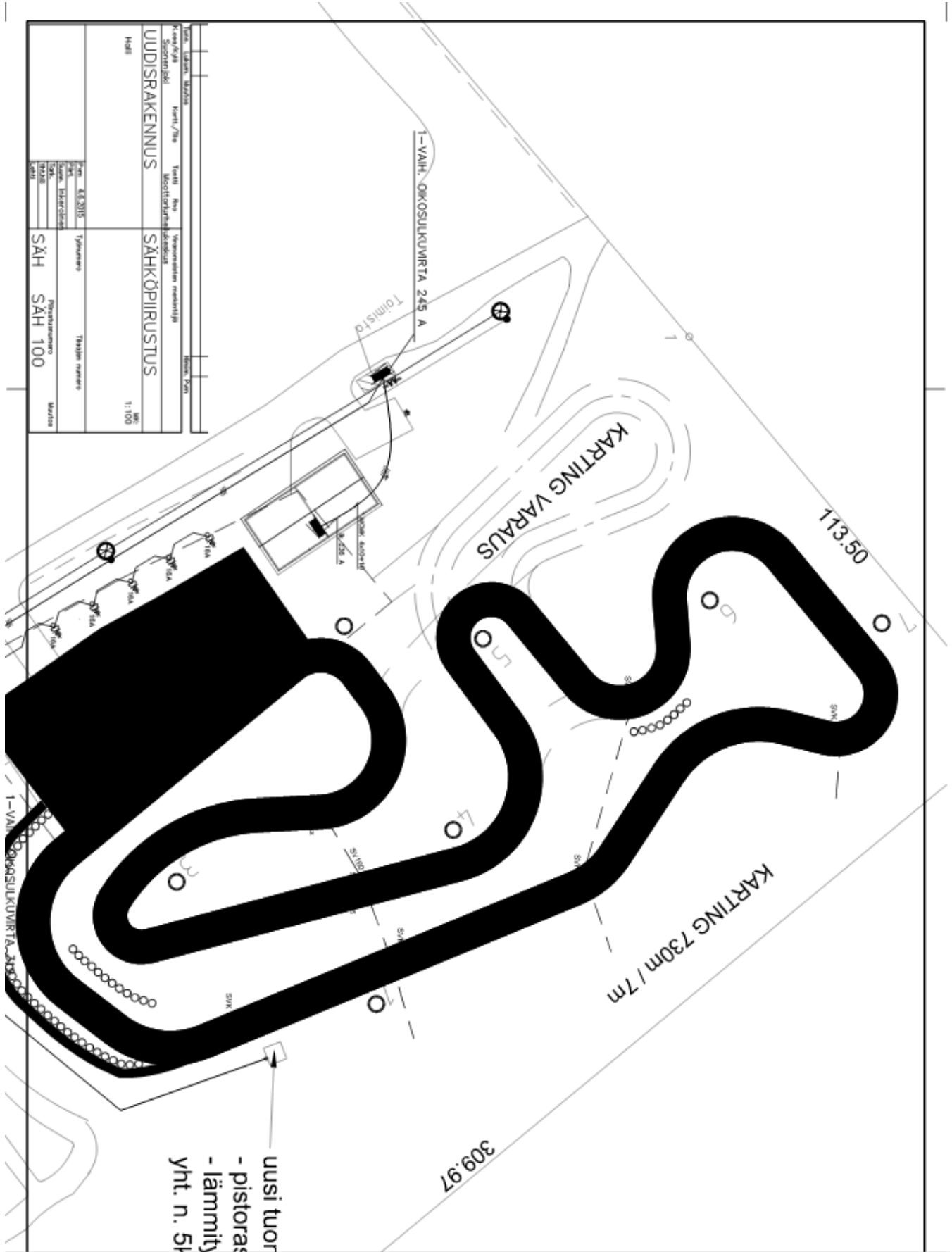
SÄH 301 MAADOITUSKAAVIO

SÄH 400 SÄHKÖSELOSTUS

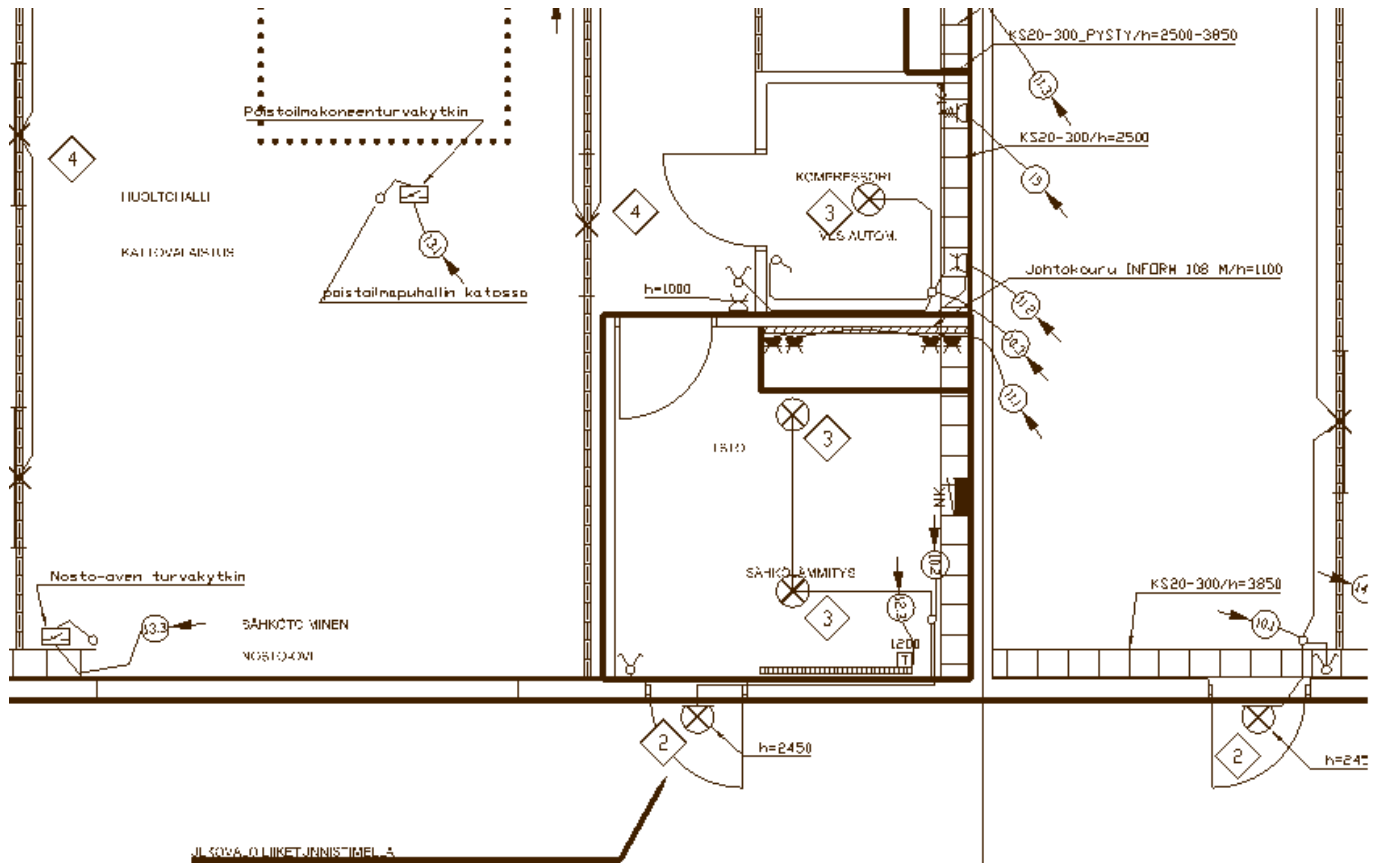
SÄH 401 HANKINTA-AINEISTO

Kohde: Suonenjoen moottoriurheilukeskus, hallirakennus  
Rakennusaika: Kesä 2015

## LIITE 2: ASEMPIIRUSTUS (EI MITTAAVASSA)



## LIITE 3: TASOPIIRUSTUKSEN OSA (EI MITTAKAAVASSA)



JL 309A OLLIKETJUNNISTIMELÄ

Tunn.	Lukum.	Muutos	Nimien Pvm	
K. asu/Kylä	Kortti./Tila	Tontti	Rno	Viranomaisten merkintöjä
Suonenjoki	Moattoriurheilukeskus			
UUDISRAKENNUS			SÄHKÖPIIRUSTUS	
Halli			MK:	
Pvm 4.6.2015		Työnumero	Tilaaajan numero	
Pirt.				
Suunn. Inkeroinen				
Tork.		Piirustushnumero		Muutos
Yht. hls		SÄH SÄH 200		
Lehti				





D muutos		E muutos		F muutos					
A muutos		B muutos		C muutos					
SÄHKÖTEKNISET TIEDOT :									
1. NIMELLISJÄNNITE / –VIRTA / –TAAJUUS		400	V	50	A	50	Hz		
2. TERMINEN OIKOSULKUKESTOISUUS		400	mA						
3. TASATTU- / ASENETTU TEHO / COSFII		17	kW	22	kW	0,8	cosfii		
4. OHJAUSJÄNNITEKISKOT		<input checked="" type="checkbox"/>	EI	<input type="checkbox"/>	ON	JÄNNITE	___ V	VIRTA	___ A
5. AC-KISKOT TAI JOHTIMET		<input type="checkbox"/>	L1,N	<input type="checkbox"/>	L1,N,PE	<input type="checkbox"/>	L1,L2,L3,N	<input checked="" type="checkbox"/>	L1,L2,L3,N,PE
RAKENNETIEDOT :									
1. KESKUSLAJI		<input type="checkbox"/>	KENNO	<input checked="" type="checkbox"/>	KOTELO	<input type="checkbox"/>	KEHIKKO		
2. ASENNUSTAPA		<input checked="" type="checkbox"/>	PINTA	<input type="checkbox"/>	UPPO	KOTEL. LUOKKA IP _____			
3. KIINNITYS		<input type="checkbox"/>	LATTIA	<input checked="" type="checkbox"/>	SEINÄ				
4. OVILAITE		<input type="checkbox"/>	LUKKO	<input checked="" type="checkbox"/>	SALPA				
5. LATT.SEIS.KESK. POHJALEVYT		<input type="checkbox"/>	AVOIN	<input type="checkbox"/>	PALONKESTÄVÄ				
6. MAALAUUS		<input checked="" type="checkbox"/>	VAKIO	<input type="checkbox"/>	ERIKOIS				
7. MITAT		KORKEUS : 1000		LEV. : 800	SYV. : 200				
KALUSTUSTIEDOT :									
1. KALUSTUSTYYPPI		<input checked="" type="checkbox"/>	KIINTEÄ	<input type="checkbox"/>	ULOSV.	<input type="checkbox"/>	ULOSOT.		
2. KALUSTUSTAPA		<input checked="" type="checkbox"/>	YKSIKKÖ	<input type="checkbox"/>	KESKITETTY				
3. MERKKILAMPUT		<input type="checkbox"/>	HEHKU	<input type="checkbox"/>	HOHTO	<input checked="" type="checkbox"/>	LEDI		
4. MITTAUKSEN TOIMITTAJA		<input type="checkbox"/>	SÄHKÖLAITOS	<input type="checkbox"/>	VALMISTAJA				
KAAPELOINTI :									
1. SYÖTTÖKAAPELI		<input type="checkbox"/>	YLHÄÄLTÄ	<input checked="" type="checkbox"/>	ALHAALTA				
2. PÄÄKAAPELIT		<input checked="" type="checkbox"/>	YLHÄÄLTÄ	<input type="checkbox"/>	ALHAALTA	<input type="checkbox"/>	KOJEISIIN	<input type="checkbox"/>	RIVIL.
3. OHJAUSKAAPELIT		<input checked="" type="checkbox"/>	YLHÄÄLTÄ	<input type="checkbox"/>	ALHAALTA	<input type="checkbox"/>	KOJEISIIN	<input type="checkbox"/>	RIVIL.
TUNNUSMERKINNÄT :									
1. TUNNUSKILVET		<input checked="" type="checkbox"/>	VALM.NORM.	<input type="checkbox"/>	ERILL.OHJE				
2. KOJEMERKINNÄT		<input type="checkbox"/>	JUOKSEVA	<input type="checkbox"/>	KENNOKOHT.	<input checked="" type="checkbox"/>	ERILL.OHJE		
MUUT TIEDOT :									
_____									
_____									
_____									
_____									
_____									
Suunn. Pirt. Tark.		/laskeraines 4.6.2015		Kokonaisuus Lehti 1/1		Sähköpositio Pirustusnumero		Työnumero	
						SÄH SÄH 300			



# SÄHKÖSELITYS

Suonenjoen moottoriurheilukeskus  
Hallin rakentaminen ja sähköistäminen

Oittilantie 250, Suonenjoki

SÄH 400

4.6.2015

## SISÄLTÖ

1	YLEISTIEDOT.....	2
1.1	Rakennuskohde.....	2
1.2	Rakennuttaja.....	2
1.3	Rakennussuunnittelu .....	2
1.4	Sähkösuunnittelu .....	3
2	S1 ASENNUS- JA APUJÄRJESTELMÄT.....	4
2.1	S110 Kaapelihyllyjärjestelmä .....	4
2.2	S120 Johtokanavajärjestelmä .....	4
3	S2 SÄHKÖNJAKELU JA KUORMITUKSET .....	4
3.1	S21 Sähköenergian tuotanto ja liittäminen .....	4
3.2	S211 Sähköliittymä .....	5
3.3	S2111 Sähköliittymäkaapeli.....	5
3.4	S231 Kiinteistön laitteiden sähköistys .....	5
3.5	S241 Pistorasiat.....	5
3.6	S251 Sisävalaistusjärjestelmä .....	6
3.7	S252 Ulkovalaistusjärjestelmä.....	6
3.8	S261 Rakennuksen lämmitysjärjestelmä.....	6
3.9	S720 Potentialitasausjärjestelmä .....	7

## 1 YLEISTIEDOT

### 1.1 Rakennuskohde

Rakennuskohde on moottoriturheilukeskukselle rakennettava halli.  
Kohde sijaitsee moottoriturheilukeskuksen tontilla Suonenjoella.

### 1.2 Rakennuttaja

Suonenjoen moottoriturheilukeskus RY.  
Oittilantie 250, Suonenjoki.  
Yhteyshenkilö Juha Pakarinen

### 1.3 Rakennussuunnittelu

Halli tilataan valmispakettina.  
Rakennustyöt tehdään kesällä 2015.

### 1.4 Sähkösuunnittelu

Sähkösuunnitelmat tehdään opinnäytetyönä Savonia ammattikorkeakoulussa.  
Suunnittelija Sami Inkeroinen  
Inkeroinen.sami@gmail.com  
0407018041

## 2 S1 ASENNUS- JA APUJÄRJESTELMÄT

### 2.1 S110 Kaapelihyllyjärjestelmä

#### **Yleiskuvaus**

Kaapelihyllyjärjestelmät asennetaan tasokuvissa merkittyyn korkeuteen.

#### **Tekniset tiedot**

Kaapelihyllynä käytetään KS-20 300-hyllyä. Hyllyt kiinnitetään enintään 3 metrin välein seinäkannakkeilla VK-300 2KN. Hyllyille ei ole asetettu vaatimuksia erityisestä korroosiosuojauksesta. Hyllyjärjestelmät yhdistetään pääpotentiaalintasauskiskoon.

Valaisinripustuskiskona käytetään MEK 70 valaisinripustuskiskoa. Valaisinripustuskisko kiinnitetään kaapelihyllyjen reunoihin ja tuetaan kattoon M8-kierretangoilla. Kierretangot asennetaan enintään 3 m välein. Valaisinripustuskiskolle ei ole asetettu erityisvaatimuksia korroosiosuojauksesta. Valaisinripustuskiskoja ei yhdistetä kuparilla potentiaalintasauskiskoon, vaan valaisinkiskojen potentiaalintasaus tapahtuu tikashyllyjen kautta.

### 2.2 S120 Johtokanavajärjestelmä

#### **Yleistiedot**

Johtokanava asennetaan toimistoon työpöydän kohdalle vaakasuuntaan 1100 mm korkeuteen. Työpöydän päässä johtokanava asennetaan pystyyn nousemaan tikashyllyä kohti 2400 mm asti.

#### **Tekniset tiedot**

Johtokanavana käytetään valkoista INSTAL 108 M kanavaa. Johtokanavajärjestelmä kytketään pääpotentiaalintasauskiskoon.

## 3 S2 SÄHKÖNJAKELU JA KUORMITUKSET

### 3.1 S21 Sähköenergian tuotanto ja liittäminen

#### **Yleiskuvaus**

Seuraavissa luvuissa esitetyt järjestelmät noudattavat tässä luvussa esitettyjä yleisiä vaatimuksia.

#### **Toiminta**

Sähköliittymällä katetaan rakennuksen energiantarve kokonaisuudessaan. Rakennukseen ei tule sähköä tuottavia tai varastoivia sähkölaitteistoja. Järjestelmä pitää sisällään kaikki rakennuksessa verkkoon liittyvät sähköjärjestelmät.

**Tekniset vaatimukset**

Rakennuksen sähköliittymän suunnittelu täyttää asetetut vaatimukset ja liittymä on asennettava niin, että vaatimukset johtojen asentamisesta ja kytkemisestä täyttyvät.

## 3.2 S211 Sähköliittymä

**Yleiskuvaus**

Kiinteistössä ei ole energiaa tuottavia tai varastoivia ja verkkoon vapauttavia laitteistoja.

**Toiminta**

Sähköliittymä yhdistää rakennuksen sähköjärjestelmän tontin sähköjakeluverkkoon.

## 3.3 S2111 Sähköliittymäkaapeli

**Yleiskuvaus**

Sähköliittymäkaapelina käytetään MCMK 4x10+10 maakaapelia. Se on asennettava vaatimusten mukaisesti ja suojattava asennustavan mukaan varoitusnauhalla tai suojaputkella.

## 3.4 S231 Kiinteistön laitteiden sähköistys

**Yleiskuvaus**

Asennuksilla toteutetaan sähkönsyöttö kohteeseen asennettaviin sähköjärjestelmiin. Asennukset toteutetaan laadittujen suunnitelmadokumenttien mukaisesti.

**Toiminta**

Laitteistot ja kaapelit tulee asentaa niin, että niillä saavutetaan suunniteltu toiminta.

**Tekniset vaatimukset**

Pistotulppaliintäisille laitteille asennetaan pistorasiat ja kiinteästi asennetuille laitteille turvakytkimet. Asennukset tehdään tilavaatimusten mukaisiksi.

**Laadunvarmistus**

Laitteistoille tehdään tavalliset käyttöönottomittaukset, joilla todetaan laitteiston turvallisuusmääräysten mukaisuus.

## 3.5 S241 Pistorasiat

**Yleistiedot**

Pistorasioina käytetään pinta-asennettavia suojakoskettimellisiä pistorasioita, lukuun ottamatta toimistossa johtokanavaan asennettavia pistorasioita. Johtokanavaan asennettavat pistorasiat ovat uppoasennettavia suojakoskettimellisiä pistorasioita. Pistorasioiden asennukset tapahtuvat kuivaan tilaan, joten suojausluokaksi riittää IP-20.



**Asentaminen**

Pistorasioiden asennuskorkeus on 1400 mm, jos tasokuvassa ei ole merkitty muuta korkoa. Pistorasiat suojataan johdonsuojakatkaisijalla ja vikavirtasuojalla. Johdonsuojakatkaisijan tyyppi kullekin ryhmälle on merkitty keskuskaavioon. Jos ryhmään ei asenneta vikavirtasuojaa, pitää kyseinen pistorasia merkitä vain tietyn laitteen käyttöön kilvellä tai tarralla.

**Johdotukset**

Johdotukset asennetaan tikashyllyille, josta ne tuodaan pistorasioille pinta-asennuksena. Pistorasiaryhmien asennukseen käytetään MMJ kaapeleita ja 2,5 mm<sup>2</sup> johdinpinta-alaa. Kaapelina käytetään MMJ 3x2,5 S, tai MMJ 5x2,5 S kaapelia riippuen vaiheiden tarvittavasta määrästä.

**Laadunvarmistus**

Urakoitsijan suorittama käyttöönottomittaus toimii laadunvarmistuksena, jolla varmistetaan että asennukset täyttävät asetetut turvallisuusvaatimukset

## 3.6 S251 Sisävalaistusjärjestelmä

**Yleistiedot**

Sisävalaistusjärjestelmä asennetaan hallien osalta valaisinriipustuskiskoon. Valaisimina käytetään halissa 2x58 W loisteputkivalaisimia. Valaisimet on merkitty tasokuviiin positiotunnuksilla.

**Asentaminen**

Muu sisävalaistus asennetaan kattoon pinta-asennuksena. Valaistusryhmissä käytetään johdotuksena 3x1,5 S MMJ-kaapelia ja valaistusryhmät suojataan johdonsuojakatkaisijalla, sekä ulkovalaisimia sisältävät ryhmät vikavirtasuojakytkimellä. Valaistuksen ohjaus tehdään tasokuvien mukaan.

## 3.7 S252 Ulkovalaistusjärjestelmä

**Yleistiedot**

Valaisimena käytetään tunnistinvalaisinta, jonka ~~IP-luokitus~~ on IP 44.

**Asentaminen**

Ulkovalaistusjärjestelmä asennetaan hallin seinään kulkuovien yläpuolelle 2450 mm korkeuteen. Valaisimet on merkitty tasokuviiin positiotunnuksilla. Valaisinten kaapeloinnissa käytetään MMJ 3x1,5 S kaapelia. Valaisinryhmät, joihin kuuluu ulkovalaisimia, suojataan johdonsuojakatkaisijan lisäksi vikavirtasuojakytkimellä.

## 3.8 S261 Rakennuksen lämmitysjärjestelmä

**Yleistiedot**

Tuotantohallin lämmitys tapahtuu öljypoltinpuhaltimella. Toimiston lämmitys tapahtuu 1,2 kW sähköpatterilla. Varastohallin puolelle ei ole suunniteltu lämmitystä, mutta se on eristetty.

**Asentaminen**

Öljypoltinpuhallinta syötetään omasta ryhmästään, ja siihen ei liitetä muuta kulutusta. Ryhmä suojataan vikavirtasuojalla. Johdotus toteutetaan MMJ 3x2,5 S – kaapelilla.

Sähköpatteria syötetään omasta ryhmästään, johon ei kytketä muuta kulutusta. Ryhmä suojataan vikavirtasuojalla. Lämmitystä ohjataan lämmittimen termostaatilla. Johdotus toteutetaan MMJ 3x2,5 S – kaapelilla.

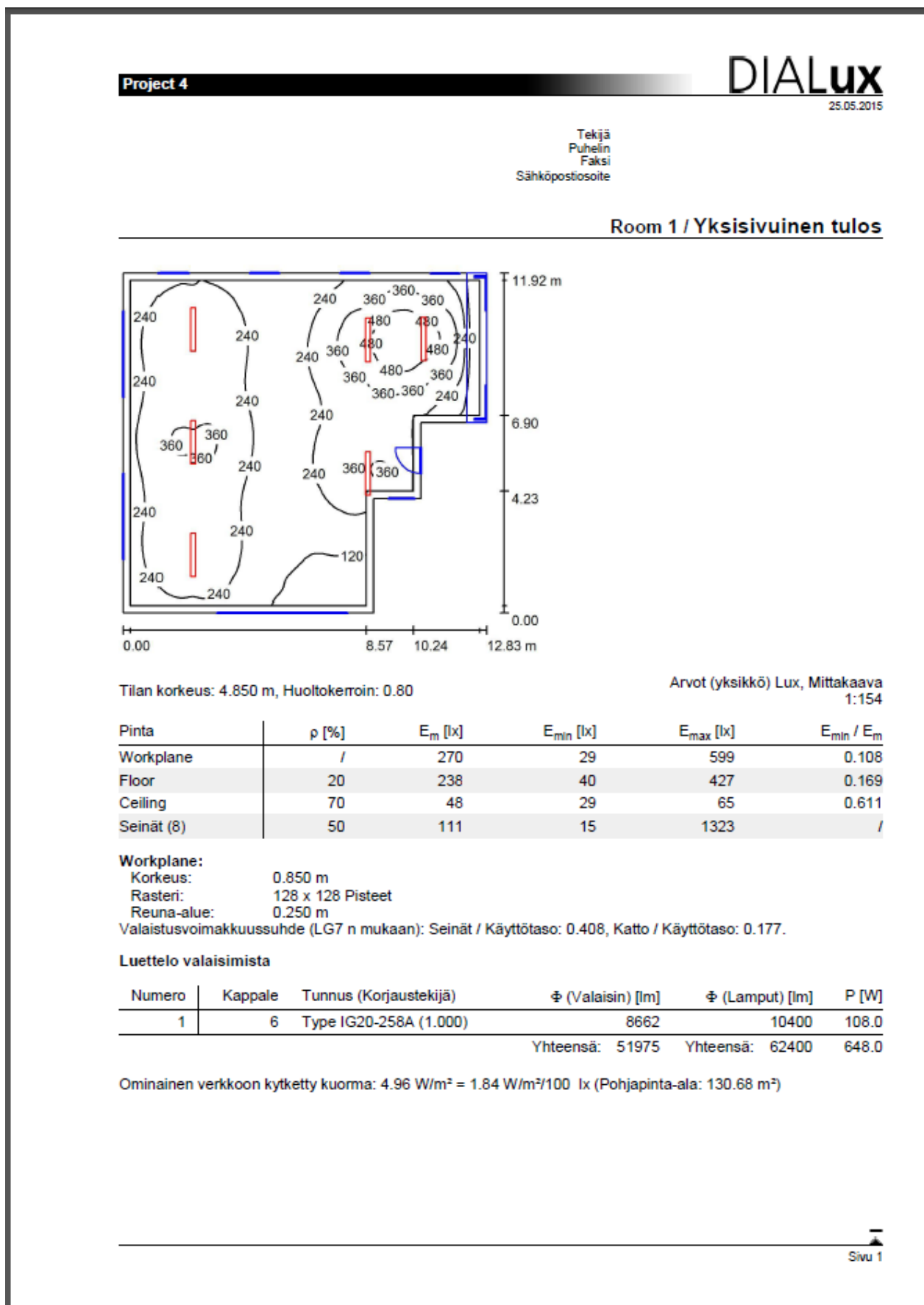
**3.9 S720 Potentiaalintasausjärjestelmä****Yleiskuvaus**

Potentiaalintasausjärjestelmä toteutetaan perustuksissa kiertävällä kupariköydellä. Pääpotentiaalintasauskisko sijaitsee keskuksen alapuolella seinässä.

**Asentaminen**

Potentiaalintasausjärjestelmän perusmaadoituselektrodi asennetaan 16 mm<sup>2</sup> kupariköydellä perustusbetoniin. Pääpotentiaalintasauskisko asennetaan nousukeskuksen alle 500 mm korkeuteen. Potentiaalintasauskiskoon kiinnitetään 16 mm<sup>2</sup> kupariköydellä, perustusten raudoitusteräket, molemmat tikashyllyjärjestelmät ja johtokanavajärjestelmä. Vesiputkistoa ja ilmanvaihtoputkistoa ei kohteessa ole.

## LIITE 7: VALAISTUSLASKELMAT



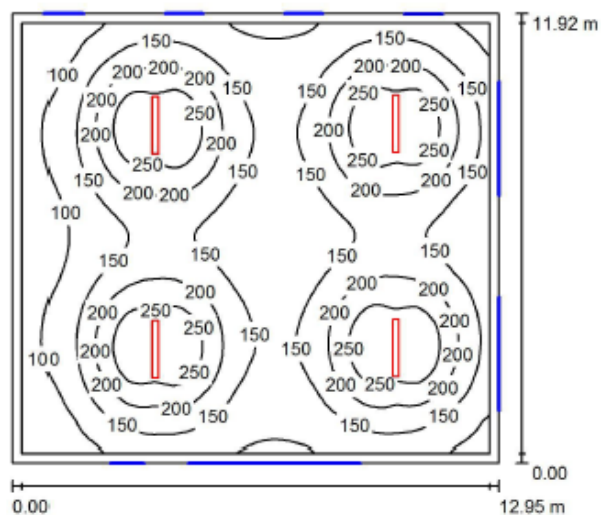
Project 4

DIALux

25.05.2015

Tekijä  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

## Tila 2 / Yksisivuinen tulos



Tilan korkeus: 4.850 m, Asennuskorkeus: 3.950 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava  
1:154

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	168	57	301	0.340
Lattia	20	149	63	219	0.423
Katto	70	29	19	34	0.640
Seinät (4)	50	63	19	128	/

## Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m  
Rasteri: 128 x 128 Pisteet  
Reuna-alue: 0.250 m

Valaistusvoimakkuussuhde (LG7 n mukaan): Seinät / Käyttötaso: 0.350, Katto / Käyttötaso: 0.174.

## Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	4	Type IG20-258A (1.000)	8662	10400	108.0
			Yhteensä: 34650	Yhteensä: 41600	432.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $2.80 \text{ W/m}^2 = 1.66 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $154.36 \text{ m}^2$ )

## LIITE 8: HANKINTA-AINEISTO

		Suomenjoen moottoriturheilukeskus Hallitakemmus SAH 401 HANKINTA-AINEISTO		4.6.2015		Inkeroinen Sami			
Nimitys	Nimike/Huomio	Sätkönumero	IP-luokka	Asennustapa	Teksti	Määrä	Yks.	Hinta/KPL	Hinta yht.
AP 9				Pinta			7 KPL	2,90	20,3
Kätkin 1/6				Pinta			1 KPL	9,00	9
Kätkin 5				Pinta			3 KPL	12,00	36
3-v-P/R				Pinta			4 KPL	7,00	28
P/R 2-os suiko				Pinta			11 KPL	14,00	154
P/R 2-os suiko				Uppo			4 KPL	13,00	52
IG20 2x58 W				Ripustuskisko			10 KPL	70,00	700
AVR 4				Pinta			3 KPL	30,00	90
AVR 400				Pinta			2 KPL	220,00	440
Sätköpari 1,2 kW				Pinta			1 KPL	200,00	200
K S20-300	Täkätyly			Pinta			60 m	75,50	755
SSRVKS 20	Jalkopala						10 KPL	6,50	65
VK-300 2KN	Saunamake						24 KPL	11,00	264
DPA kytkentälevy	Jakorasian kiinnitysvyö						5 KPL	8,50	42,5
INFORM KOURU 108							4 m	35,00	140
INFORM 108 KANSI							4 m	15,00	60
INFORM 108 PÄÄTYLEVY							1 KPL	7,00	7
M8 kierrelanko	Välisiskon ripustus						35 m	2,50	87,5
MEK 70	Väliskenkko						51 m	96,00	476
MEK FK	Päälykännäke						10 KPL	8,00	80
MEK J	Jalkopala						6 KPL	5,50	33
MMJ 3X1,5 S							120 m	1,05	126
MMJ 3X2,5 S							150 m	1,65	247,5
MMJ 5X2,5 S							55 m	2,20	121
MMJ 5X1,5 S							20 m	1,75	35
MCMK 4x10+10							42 m	8,73	366,66
Noviteco SA316	Turvakytkin						4 KPL	19,50	78
Keskuskomponentit									
B 10 A	Johdon suoja kaikkaisja 1-v						3 KPL	4,90	14,7
B 16 A	Johdon suoja kaikkaisja 1-v						1 KPL	4,90	4,9
C 16 A	Johdon suoja kaikkaisja 1-v						9 KPL	4,90	44,1
C 16 A	Johdon suoja kaikkaisja 3-v						4 KPL	28,00	112
VVSK A	Vikavirtasuojia 3-v						7 KPL	55,00	385
								Turviketjet kokonaisuutena arvio	5274,16