



## **RATAPIHOJEN VALAISTUSSUUNNITTELUOHJE**

**Opinnäytetyö**

**Petri Koponen**

**Sähkötekniikan koulutusohjelma**  
Teollisuuden sähkö- ja automaatiotekniikka

Hyväksytty \_\_\_\_ . \_\_\_\_ . \_\_\_\_ \_\_\_\_\_

# SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU, TEKNIikka KUOPIO

Koulutusohjelma

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Tekijä

Petri Koponen

Työn nimi

Ratapihojen valaistussuunnitteluohje

Työn laji

Opinnäytetyö

Päiväys

21.4.2010

Sivumäärä

108 + 37

Työn valvoja

Lehtori, dipl.ins Heikki Laininen

Yrityksen yhdyshenkilö

Liiketoimintajohtaja, ins. Jukka Ylönen

Yritys

Proxion Oy

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli laatia suunnittelijalle mahdollisimman kattava ohje ratapihojen valaistussuunnittelun eri vaiheisiin. Ohje kertoo, mitä tulee ottaa huomioon ratapihojen valaistussuunnittelussa ja miten itse suunnittelu tulee toteuttaa. Lisäksi valaistussuunnitelman vaadittuihin loppudokumentteihin esitetään malliasiakirjat.

Yleisimpiin valaistukseen liittyviin suureisiin työssä tutustuttiin pintapuolisesti. Pääsääntöisesti työssä käsiteltiin valaistusvoimakkuuksien arvoja ja niille asetettuja vaatimuksia. Työhön sisällytettiin myös valaistusvoimakkuuksien mittauksia Siilinjärven ratapihan alueelta. Kohteen valaistusvoimakkuudet todettiin hyväksi, mutta valaistuksen tasaisuudessa havaittiin pieniä puutteita.

Mittaustuloksien perusteella arvioitiin Liikenneviraston määräämien valaistusvaatimusten hyvyttä. Vaatimukset on mitaustulosten perusteella asetettu hyvin varsinkin pienen ratapihojen kannalta.

Valaistusryhmien kaapeloinnin ja ylikuormitussuojauksen määrittämiseen tässä työssä käytettiin Sähkö- ja teleurakoitsijaliiton laatimia standardiin SFS 6000 pohjautuvia kiinteistöjen laskentamalleja. Vertailun vuoksi oikosulkuvirtojen laskennassa käytettiin myös Tiehallinnon katuvalaistukseen tarkoitettua tarkkaa laskentakaavaa. Esimerkkilaskelmien avulla Tiehallinnon laskentakaava todettiin paremmaksi ratapihojen valaistusryhmien oikosulkuvirtojen tarkasteluun.

Lisäksi opinnäytetyössä testattiin ja vertailtiin tarjolla olevia valaistussuunnitteluohjelmia. Ohjelmien testauksessa huomioitiin pääsääntöisesti niiden soveltuvuus juuri ratapihojen valaistussuunnitteluun sekä ulos saatavan datan laatu.

Opinnäytetyössä suunniteltiin myös valaistuksen ohjauspiirikaaviomalli. Valaistuksen ohjauksissa huomioitiin kauko-ohjaus sekä kentällä olevat erilliset painonapit. Muilta osin ohjauspiirikaavio laadittiin ratapihojen erikoistarpeiden mukaan.

Avainsanat

ratapiha, valaistusvaatimukset, valaistussuunnittelu

Luottamuksellisuus

julkinen

# SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree Programme

Electrical Engineering

Author

Petri Koponen

Title of Project

Creating a Planning Instruction for a Railway Yard's Lighting

Type of Project

Final Project

Date

21 April 2010

Pages

108 + 37

Academic Supervisor

Mr Heikki Laininen, Lecturer, M.Sc

Company Supervisor

Mr Jukka Ylönen, Business Director, BEng

Company

Proxion Oy

Abstract

The aim of this thesis was to create a planning instruction for a railway yard's lighting in order to inform what must be considered in a lighting plan and how the planning itself must be executed. Another aim was to create model documents for the required final documents of the work.

The most common lighting quantities were explored superficially, the main focus being on the luminance values and the requirements set up for them. The luminance measurements at Siilinjärvi railway yard were also included in this thesis. The luminance level of the target was good, but the diversity of the lighting had minor flaws. The lighting requirements set by the Finnish Transport Agency especially for small railway yards were evaluated with the measurements.

For dimensioning the cables and the safety fuses used in lighting, the instruction showed the estate-based calculation models. The calculation models that the Road Administration has set for road and street lighting were compared with example calculations. The road and street lighting calculation models were found to be better in the railway yard's lighting calculations.

In addition, the available lighting design programs were compared and tested in this thesis. In the testing, the issues to be considered were the program suitability and the quality of the receivable data.

A lighting controlling diagram was also created for the planner. The remote control and the controlling switches in the field were considered in the diagram together with the railway yard's other special requirements.

Keywords

railway yard, lighting requirements, lighting planning

Confidentiality

public

## **ALKUSANAT**

Tämä opinnäytetyö on tehty Proxionin rakennuttamis- ja suunnittelupalvelut liiketoimintayksiköille. Työn ohjaajina ovat toimineet liiketoimintajohtaja, ins. Jukka Ylönen Proxion Power Oy:stä ja ryhmäpäällikkö, ins. Matti Tervonen Proxion Plan Oy:stä. Ohjaavana opettajana on toiminut lehtori, dipl.ins. Heikki Laininen.

Työn tekemisessä saamastani opastuksesta ja neuvoista tahdon kiittää koko Proxionin Pieksämäen toimipisteen henkilöstöä. Erityiset kiitokset kuuluvat suunnittelija Mika Sika-selle, projektipäällikkö Jesse Snäkinille sekä projektipäällikkö Janne Parviaiselle. Jukka Ylöstä ja Matti Tervosta kiitän hyvästä opinnäytetyöaiheesta sekä hyvin toimineesta yhteistyöstä.

Oppilaitoksen puolelta kiitän Heikki Lainista opastuksesta ja mielenkiinnosta työtäni kohtaan.

Varkaudessa 21. huhtikuuta 2010

Petri Koponen

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	8
2 VALAISTUSSUUNNITTELU .....	9
3 RATAPIHOJEN LUOKITTELU .....	11
3.1 Matkustaja-alueet .....	12
3.2 Ratapihojen kuormausalueet .....	12
3.3 Ratapihojen seisonta- ja huoltoraiteet sekä vaihtotyöalueet .....	13
3.4 Tasoristeykset.....	13
3.5 Järjestelyratapihat.....	14
4 VAATIMUKSET.....	15
4.1 Valaistusvaatimuskriteerit.....	15
4.1.1 <i>Valaistusvoimakkuudet</i> .....	15
4.1.2 <i>Yleistasaisuus</i> .....	18
4.1.3 <i>Värintoistoindeksi <math>R_a</math></i> .....	18
4.1.4 <i>GR-häikäisyarvot</i> .....	20
4.2 Valaistuslaskennan pisteverkko .....	22
4.3 Lampputyypin määritys.....	23
4.3.1 <i>Alenemakertoimet</i> .....	23
4.3.2 <i>Huoltosuunnitelman määrittely</i> .....	25
4.3.3 <i>Ryhmävaihtojen ajoitukset</i> .....	26
4.3.4 <i>Yksittäisvaihtojen ajoitukset</i> .....	26
4.3.5 <i>Valaistuksen hyötysuhde</i> .....	27
4.3.6 <i>Valotehokkuudet</i> .....	27
4.3.7 <i>Häiriövalot</i> .....	28
5 TEKNISET VAATIMUKSET .....	30
5.1 Työturvallisuuden huomioiminen .....	30
5.2 Valaisimet .....	30
5.3 Pylväät.....	32
5.4 Keskkukset .....	33
5.5 Jakokaapit.....	35

5.6 Vanhojen asennusten huomioiminen .....	36
5.7 Maastokatselmus .....	36
5.8 Kaapelointi .....	38
<b>6 MAADOITUKSET .....</b>	<b>40</b>
6.1 Jakokaapit.....	40
6.2 Keskkukset .....	40
6.3 Pylväät.....	41
6.4 Valaisimet .....	41
<b>7 MITOITUKSET.....</b>	<b>42</b>
7.1 Oikosulkuvirrat .....	42
7.2 Tarkka oikosulkuvirtojen laskentamalli.....	46
7.3 Jännitteenalenemat .....	49
7.4 Ylikuormitussuojan mitoitus.....	51
7.5 Kaapelien kuormitettavuus.....	53
7.6 Esimerkkilaskelma .....	54
7.7 Tarkan laskentamallin mukaan .....	59
7.8 Valaistuksen ohjauskaavio .....	61
7.9 Ohjauskaavion toimintaselostus.....	62
7.10 Valaistuskeskuksen keskuskaavio.....	66
<b>8 VALAISTUSMITTAUKSET RATAPIHALLA.....</b>	<b>68</b>
8.1 Yleistä kohteesta ja mittauksista .....	68
8.2 Käytetyt mittalaitteet.....	69
8.3 Ratapihan luokittelu .....	70
8.4 Mittaustulokset.....	71
8.4.1 <i>Vaihdealueet</i> .....	71
8.4.2 <i>Matkustaja-alue</i> .....	74
8.4.3 <i>Kuormausraidealue</i> .....	75
8.4.4 <i>Seisonta- ja huoltoraidealue sekä vaihtotyöalue</i> .....	76
8.5 Virheen arvio.....	78
8.6 Yhteenveto mittauksista .....	78

9 VALAISTUSSUUNNITTELUOHJELMIEN VERTAILU .....	80
9.1 Dialux 4.7 .....	80
9.2 Calculux Area 7.2.0.0.....	85
9.3 Optiwin 2008.02.....	89
9.4 Optiwin 3D pro 2009.16 .....	91
9.5 ReluxPro 2010.1.....	93
9.6 Yhteenveto valaistussuunnitteluohjelmien vertailusta.....	95
10 VALAISTUSSUUNNITELMAN SISÄLTÖ .....	97
10.1 Tekninen suunnitelmaselostus .....	97
10.2 Kaapelointi-, sijoitus- ja tasopiirustus.....	98
10.3 Valaisinluettelo .....	101
10.4 Pylväs- ja mastoluettelo .....	102
10.5 Määräluettelo.....	102
10.6 Valaistuslaskelmat.....	102
10.7 Suuntauspiirustus .....	103
10.8 Ryhmäkohtaiset kuormitustaulukot .....	103
11 YHTEENVETO.....	105
LÄHTEET .....	107

## LIITTEET

- LIITE 1: Valaisimen suojamaadoitus sähköradalla
- LIITE 2: Laittilojen ja valaisimien maadoittaminen
- LIITE 3: Valaistuskeskuksen rakennekuva
- LIITE 4: Valaistuksen ohjauspiirikaavio
- LIITE 5: Valaistuskeskuksen keskuskaavio
- LIITE 6: Dialux 4.7 raportti valaistussuunnittelusta
- LIITE 7: Calculux Area 7.2.0.0 raportti valaistussuunnittelusta
- LIITE 8: Optiwin 2008.02 raportti valaistussuunnittelusta
- LIITE 9: Tekninen suunnitelmaselostus
- LIITE 10: Valaisinpylväsluettelo
- LIITE 11: Määräluettelo

## 1 JOHDANTO

Suomen rautatiejärjestelmiin tehdään jatkuvasti turvalaitejärjestelmien päivitys- ja korjaus- töitä. Samalla myös ratapihojen vanhentunutta valaistusta uudistetaan. Valaistussuunnittelu pyritään optimoimaan ja suunnittelutyöhön ei aina ole paljoa aikaa käytössä. Tässä työssä pyritään opastamaan suunnittelijaa kiinnittämään huomiota juuri oleellisimpiin asioihin valaistuksessa.

Työn tarkoituksena on helpottaa valaistussuunnittelijan tehtäviä. Työssä syvennyttään rata- pihojen valaistusmääräyksiin ja vaatimuksiin. Työn päätavoite on antaa suunnittelijalle selkeä kuva siitä, mitä valaistussuunnittelussa on huomioitava. Lisäksi työstä selviää, mi- ten valaistussuunnittelussa tulee edetä.

Työhön liittyvät tiedot ja määräykset ovat pääsääntöisesti Ratahallintokeskuksen (RHK) laatimia. Ratahallintokeskus liittyi vuoden 2010 alussa Liikennevirastoon Merenkulkulai- toksen väylätoimintojen ja Tiehallinnon keskushallinnon kanssa. RHK:n julkaisut ovat edelleen voimassa ja helposti löydettävissä verkkodokumentteina.

Työssä suoritettiin valaistusvoimakkuusmittauksia Siilinjärven ratapihalla. Mittausten avulla nähdään, miten hyvin valaistukset ovat RHK:n vaatimusten tasolla. Samalla voidaan arvioida uusien valaistuksien riittävyttä.

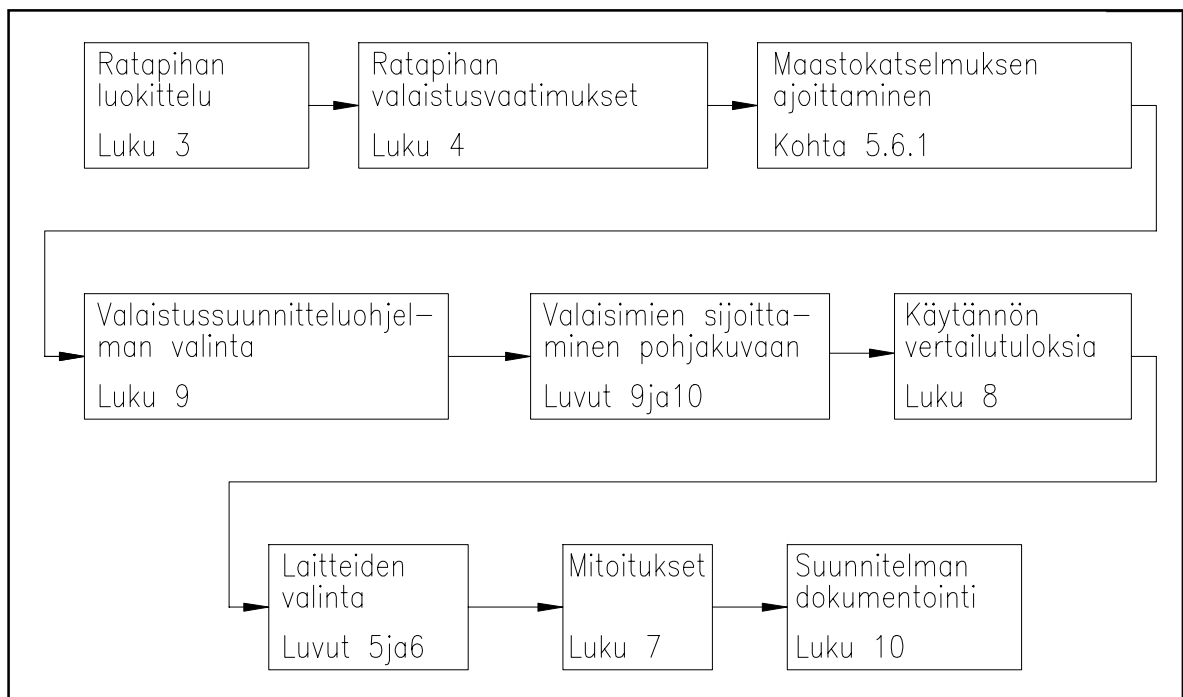
Itse työn lopputuloksena saatavaa ohjetta sovelletaan mahdolliseen pilottikohteeseen. Sa- malla nähdään, soveltuuko ohje oikeisiin sovelluksiin. Pilottikohteesta saadaan myös tär- keää palautetta itse ohjeen toimintaan ja mahdolliset ongelmakohdat saadaan ratkaistua.

Valaistuksen kustannuslaskenta rajattiin työn ulkopuolelle. Kustannuslaskennasta on ole- massa jo erilaisia malleja. Työn sisältö on jo itsessään laaja ja kustannuslaskennasta saisi tehtyä oman työn. Tässä työssä perehdytään siis vain valaistussuunnittelun teknisiin osa- alueisiin.



## 2 VALAISTUSSUUNNITTELU

Tässä osiossa esitetään kaaviomalli, jonka mukaan suunnittelija voi edetä valaistuksen suunnittelussa. Kaaviossa on esitetty työn vaihe ja osio, jossa on kerrottu lisätietoa suunnitteluvaiheesta. Tavoitteena on antaa suunnittelijalle työtä nopeuttava ja looginen etenemismalli. Kuvassa 2.1 on esitetty suunnittelutyön etenemistä kuvaava kaavio.



Kuva 2.1. Valaistussuunnittelun eteneminen.

Suunnittelutyö aloitetaan ratapihan alueiden luokittelulla. Tarkka luokittelu takaa alueen käyttötarkoitukseen riittävän valaistuksen ja koko ratapihan valaistusvaatimusten täyttymisen. Luokittelun jälkeen voidaan alueen valaistustason tavoitearvot asettaa vaatimukset huomioiden.

Kun tiedetään kohteesta riittävä määrä lähtötietoja, mietitään maastokatselmuksen ajankohta. Maastokatselmus on suunnittelutyössä pakollinen. Ilman maastossa käyntiä ei ole mielekää toteuttaa valaistuksen suunnitelmaa. Maastokatselmuksella saadaan myös monet ongelmat huomioitua hyvissä ajoin.

Valaistussuunnitteluohjelmista on saatavilla ilmaisversioita. Ohjelmat eroavat toisistaan paljon. Kohteen laajuuden ja vaatimustason perusteella sekä tämän työn vertailutuloksien avustuksella on kuitenkin helppoa valita tarkoitukseen sopiva ohjelma. Ohjelman valinnassa kannattaa huomioida helppokäyttöisyys, monipuolisuus ja datan ulossaanti.

Kun valaistussuunnitteluohjelmalla on saatu määritettyä valaisimien määrä, voidaan aloittaa laitteiden valinta. Valinnassa tulee ottaa huomioon rautateiden erityisvaatimukset. Myös mahdolliset laajennustyöt on syytä huomioida.

Laitteiden määrittämisen jälkeen mitoitetaan ja tarkistetaan suojalaitteiden toiminta laskelmien perusteella. Valaistuksen mitoituksissa käytetään pääsääntöisesti lamppujen syttymisvirtatietoja.

Lopuksi tehdään vaaditut dokumentit suunnittelutyöstä. Dokumentointi on syytä aloittaa heti oikealla tavalla. Näin varmistetaan suunnitteluun laaditun aikataulun toteutuminen ja suunnitelmaan saadaan asiakkaan tilaama sisältö.

### 3 RATAPIHOJEN LUOKITTELU

Ratapihojen luokittelu aloitetaan määrittelemällä ratapihan koko. Ratapiha luokitellaan kokonsa puolesta joko pieneksi, keskisuureksi tai suureksi. Tämä määrittely käy ilmi urakan tarjouspyyntöasiakirjoista tai alueelle laaditusta ratasuunnitelmasta. Muussa tapauksessa tilaaja määrittelee ratapihan koon projektin alkaessa. /3/

Rautatiealueilla valaistusvoimakkuusvaatimus on hyvin harvoin yli 50 luksia. Tästä syystä lähtökohta on, että koko alueen valaistus mitoitetaan vaativimman työskentelyalueen tason mukaisesti. /3/

Valaistussuunnittelun kannalta ratapiha-alueet on jaettu kolmeen ryhmään: 1) matkustaja-alueet, 2) ratapihojen kuormausalueet sekä 3) ratapihojen seisonta- ja huoltoraiteet sekä vaihtotyöalueet. Lisäksi kohteeseen voi sisältyä tasoristeyksiä ja järjestelyratapihoja. Ratapihoilla tasoristeyksiä on yleensä vain laituripoluille johtavilla teillä. /3/

Ratapihojen luokittelu eri tyypeihin on helpointa tehdä RHK:n julkaisun ”*Verkkoselostus*” mukaan. RHK (Liikennevirasto) julkaisee joka vuosi uuden version verkkoselostuksesta. Verkkoselostus sisältää tietoa rataverkon rakenteesta sekä yleistä tietoa rataverkosta. Tähän työhön tärkeimmät osiot verkkoselostuksesta ovat eri ratapihojen ja asemien yksityiskohtaiset tiedot. Vuoden 2010 verkkoselostuksesta hyödynnetään liitettä 2 ”*Rautatieliikennepaikkarekisteri*”. /4/

Käytännössä ratapihojen luokittelu tehdään suunnittelutyön alkuvaiheessa hyvin nopeasti. Toisin sanoen luokittelu pyritään tekemään taulukkotietojen ja alueille annettujen vaatimuksien avulla mahdollisimman suoraviivaisesti. Usein luokittelu on mahdollista tehdä jo lähtötietojen perusteella. Siispä tässä työssä ei syvennyttä luokitteluun kovinkaan yksityiskohtaisesti.

### 3.1 Matkustaja-alueet

Matkustaja-alueella valaistuksen tulee turvata matkustajien turvallisuus ja viihtyvyys. Alueella huomiota on kiinnitettävä esimerkiksi myyntipisteisiin ja lippujen tarkastuspisteisiin. Lisäksi tulee huomioida kameravalvonnan asettamat vaatimukset valaistusvoimakkuudelle ja valaistuksen tasaisuudelle. /3/

Erityisiä kohteita on yleensä suurilla katetuilla asemilla, ja valaistussuunnittelussa ne tulee käsitellä omana kokonaisuutenaan /3/. Lisäksi on huomioitava asiakkaan erityisvaatimukset ja kohteen erityispiirteet, jotka vaikuttavat valaistukseen. Esimerkiksi rakennusten sijainnit tulee huomioida valaisimien sijoituksessa.

Luokittelu matkustaja-alueisiin voidaan tehdä RHK:n verkkoselostuksen avulla. Tässä työssä tarkastellaan vuoden 2010 verkkoselostusta, joka on voimassa 13.12.2009 ja 11.12.2010 välisen ajan. Näin luokitteluun saadaan tarkat määritykset, varsinkin kun työn mahdollinen pilottikohde ajoittuu vuoden 2010 keväälle.

Verkkoselostuksesta löytyvät kaikkien liikennepaikkojen ja asemien tiedot. Luokittelu matkustaja-alueeksi tehdään sen perusteella, onko liikennepaikalla verkkoselostuksen mukaan henkilöliikennettä. Tämä tieto kerrotaan verkkoselostuksen liitteessä 2 ”*Liikennepaikkatiedot*”. Tarkasteltava liikennepaikka voi sisältää myös muita luokittelun mukaisia alueita. Tällöin liikennepaikkaa on tarkasteltava alue kerrallaan valaistussuunnittelussa.

### 3.2 Ratapihojen kuormausalueet

Kuormausalueet voivat olla pistemäisiä tai ratapihojen reunassa olevia lastausraiteita. Kuormausalueella valaistuksen tavoitteena on turvata työskentely ja samalla lisätä työn tuottavuutta. Hyvällä valaistuksella varmistetaan raidekaluston turvallinen toiminta ja henkilökunnan työturvallisuus. On huomioitava, että kuormausajissa on itse kuormausta varten helpottavat työskentelyvalot. /3/

Verkkoselostuksen liitteessä 2 mainitaan, onko liikennepaikalla kuormauskenttä. Tämän perusteella voidaan todeta, onko liikennepaikalle suunniteltava kuormausalueen vaatimusten mukaista valaistusta.

### **3.3 Ratapihojen seisonta- ja huoltoraiteet sekä vaihtotyöalueet**

Aluetta käytetään vaunujen säilyttämiseen ja junien kokoamiseen. Valaistuksella varmistetaan ratapihahenkilökunnan turvallinen liikkuminen ja käyttötoimenpiteiden suorittaminen. Hyvä valaistus mahdollistaa myös vaihteiden ja muun ratainfran huoltotoimet. /3/

Alueella tulee huomioida myös vertikaalinen valaistusvoimakkuus. Esimerkiksi vaunujen tunnisteiden lukeminen laskumäkialueella ja vaunun pystypinnan hahmottaminen matkustajalaiturilla vaativat riittävän vertikaalisen valaistusvoimakkuuden /3/. Valaistusvoimakkuuksista on kerrottu lisää luvussa 4.

Alue luokitellaan *seisonta- ja huoltoraiteisiin sekä vaihtotyöalueisiin* jos ratapihalla ei tapahdu matkustajaliikennettä tai tavaroiden kuormausta. Lisäksi verkkoselostuksesta on tarkistettava että alueelle ei ole merkitty *vaihtotyömahdollisuutta*. /3/ /4/.

### **3.4 Tasoristeykset**

Tasoristeyksien luokittelu ei ole tämän työn kannalta kovinkaan tärkeä, koska tasoristeyksien vaatimukset on selitettävissä hyvin yksinkertaisesti. Siispä tässä ohjeessa ei käsitellä tasoristeyksiä yksityiskohtaisesti.

Yleiset maantien tasoristeysalueet valaistaan, jos yleinen tie on valaistu. Valaistusvoimakkuus määritellään samaan tasoon kuin radan ylittävän tien valaistus. Laituripolkujen tasoristeykset valaistaan 1,5-kertaisella valaistusvoimakkuudella laiturivalaistukseen verrattuna. Vertikaalinen valaistusvoimakkuus tulee myös huomioida. /3/

### 3.5 Järjestelyratapihat

Alueen valaistuksen tulee olla tasainen sekä laadukas ja valaistusvaatimukset määräytyvät pääsääntöisesti alueella tehtävien toimenpiteiden mukaan. Työskentelyalueet tulee olla tunnistettavissa ja selkeästi havaittavissa. /3/

Valaistusvoimakkuuksien vaatimukset eri alueiden kesken eroavat kuitenkin hyvin vähän toisistaan. Valaistussuunnittelussa on huomioitava alueet, joissa vertikaaliselle valaistusvoimakkuudelle asetetaan vaatimuksia. Tällaisia ovat esimerkiksi alueet, joissa on luettava vaunujen numeroita. /3/

Ratapiha luokitellaan järjestelyratapihaksi, jos alueella on *vaihtotyömahdollisuus*. Alueet, joilla vaihtotyömahdollisuus on olemassa, luetellaan verkkoselostuksessa. Vaihtotyömahdollisuudella tarkoitetaan seuraavaa: ”*Rautatieliikennepaikan raiteisto on sen muotoinen, että vähintään veturin vaihtaminen vaunujonon toiseen päähän on mahdollista ilman, että liike täytyy tehdä liikennepaikan läpi menevän pääraiteen kautta*”. /4/

## 4 VAATIMUKSET

Tässä luvussa tarkastellaan vaatimuksia, joita junarata-alueelle asennettaville laitteille ja laitteistoille asetetaan. Vaatimukset on koottu pääasiassa RHK:n määräyksistä. Suunnittelussa on myös noudatettava voimassa olevia SFS 6000 -standardin määräyksiä ja ohjeita. /3/

### 4.1 Valaistusvaatimuskriteerit

RHK:n julkaisussa ”*Rautatiealueen valaistusvaatimukset*” on esitetty valaistusvaatimuskriteerit CEN-standardin SFS-EN-12464-2 ”*Ulkotyöalueiden valaistussuosituks*” mukaisesti. /3/.

Valaistusvaatimuksille on laadittu valmiita taulukoita. Tässä työssä perehdytään eri suureiden määrittämiseen käytännössä. Tarkoituksena on selvittää mistä vaaditut arvot tulevat ja lisäksi helpottaa eri suureiden ymmärtämistä. Itse suunnittelutyöhön tämä luku antaa täydentävää tietoa.

#### 4.1.1 Valaistusvoimakkuudet

Valaistusvoimakkuudet, eli valaistuksen luksiarvot (lx) ovat vaatimuksissa tärkeimmässä roolissa. Tärkein suure on valaistusvoimakkuus vaakatasoon nähden. Yksittäisen valaisimen tuottama valaistusvoimakkuus vaakatasoon nähden saadaan laskettua kaavalla /14/

$$E_h = \frac{I_y}{h^2} \cos^3 \gamma \quad (4.1)$$

jossa

$I_y$  on valaisimen valovoima pisteen suuntaan (cd)

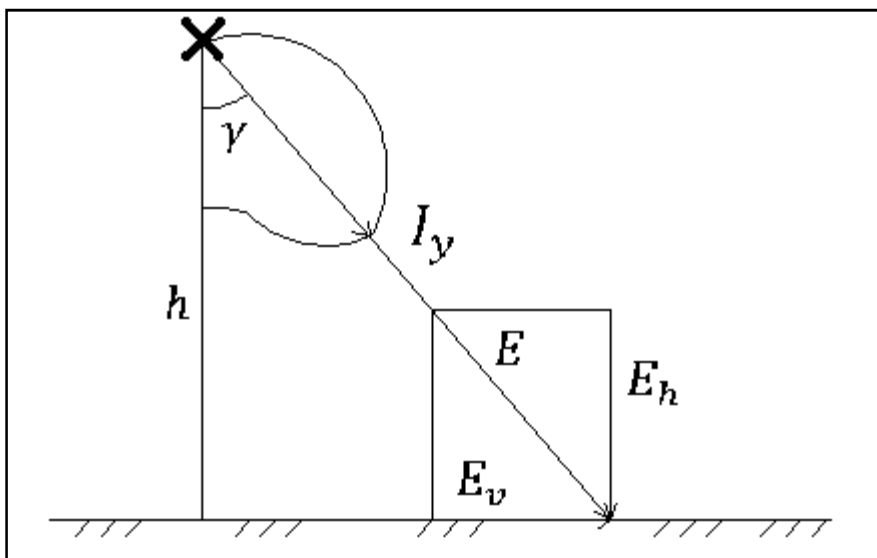
$h$  on valaisimen kohtisuora etäisyys valaistavasta tasosta (m)

$\gamma$  on valaisimesta pisteeseen suuntautuvan suoran ja valaisimen kautta kulkevan normaalin välinen kulma (°)

$E_h$  on vaakatason valaistusvoimakkuus pisteessä (lx)

Lamppuvalmistajat ilmoittavat eri lampputyypin valonjakokäyrät, joista voidaan käyttää valovoiman arvoja kaavaan (4.1). Valmistajat ilmoittavat yleensä lamppujen valovoimat yksikössä cd/ klm. Todellisen valovoiman määrittämiseksi valmistajan ilmoittama valovoimamäärä tulee kertoa lampun kilolumen-arvolla. Kohdan 4.1.3 taulukossa 4.1 on esitetty yleisimpien ulkovalaistuksessa käytettävien lampputyypin ominaisuuksia.

Kuvassa 4.1 on havainnollistettu eri suureiden määrääntymistä, kun tarkastellaan yhden pisteen valaistusvoimakkuuksia. Käytännössä valaisimen valonjakokäyrä hahmotetaan kuvan mukaisesti. Näin eri suureiden suunnat ja vaikutukset huomioidaan tarkemmin. Nykyajan valaistussuunnitteluohjelmilla valonjakokäyriä voidaan tarkastella helposti suunnittelun jokaisessa vaiheessa.



Kuva 4.1 Yhden pisteen valaistusvoimakkuuksien määrääntyminen.

Kuvassa 4.1 näkyy myös vertikaalinen, eli pystysuoran tason valaistusvoimakkuus  $E_v$ . Pystysuoran tason valaistusvoimakkuus voidaan laskea kaavalla /14/

$$E_v = \frac{I_\gamma}{h^2} \cos^2 \gamma \sin \gamma \quad (4.2)$$



Pisteen valaistusvoimakkuus on sitä kaikkien valaisevien valaisimien valaistusvoimakkuuksien summa. Riittävään tarkkuuteen edellä mainituilla laskentakaavoilla päästään, jos etäisyys valaisimesta on vähintään kolme kertaa valaisimen suurin ulottuvuus. /14/

Ratapihaympäristössä käytetään valaistusvoimakkuuksien laskennassa niin sanottua *pisteverkkomenetelmää*. Siinä alue jaetaan yhtä suurin neliön muotoisiin alueisiin, ja valaistusvoimakkuus lasketaan neliöiden keskipisteessä. Pisteverkko määräytyy tarkasteltavan alueen koon mukaan, ja ratapiha-alueilla maksimi pisteiden välinen etäisyys on viisi metriä /3/. Pisteiden laskenta on esitetty kohdassa 4.2.

Ratapihoilla valaistuslaskentaa tehdään yleensä alueittain, eikä niinkään kerralla koko ratapihalle. Pisteverkko voikin olla hankalaa määrittää esimerkiksi vaihdealueille, joiden muoto ei välttämättä ole neliömäinen tai suorakaiteen muotoinen. Valaistussuunnitteluohjelmalla tämä ei ole ongelma, mutta käytännössä valaistusvoimakkuuksia mitatessa voi olla hankalaa mieltää mittauspisteiden paikat.

Jos valaistusvoimakkuuksia mitataan mittarilla, on hyvä soveltaa yllä mainittua viiden metrin vaatimusta. Alueella otetaan mittaustuloksia maksimissaan viiden metrin välein ja mittaustuloksista lasketaan keskiarvo. Todennäköisesti tällä yleistyksellä päästään riittävän tarkkoihin tuloksiin.

RHK:n valaistusvaatimustaulukoissa on esitetty vaatimukset keskimääräisille valaistusvoimakkuuksille  $E_m \text{ hor}$  ja  $E_m \text{ vert}$ . Keskimääräiset valaistusvoimakkuudet lasketaan kaavoilla (4.1) ja (4.2) saaduista yksittäisistä valaistusvoimakkuusarvoista. Keskimääräinen valaistusvoimakkuus on laskettujen arvojen aritmeettinen keskiarvo. /14/ Eli

$$E_m = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (4.3)$$

jossa

$E_i$  on valaistusvoimakkuus  $E_h$  tai  $E_v$  i: nnen ruudun keskipisteessä (lx)

$n$  on ruutujen lukumäärä

$E_m$  on keskimääräinen valaistusvoimakkuus (lx).

Kaavalla (4.3) voidaan laskea siis sekä vaakataso- että pystytason keskimääräinen valaistusvoimakkuus. Molemmille on esitetty omat vaatimuksensa, joten niille on hyvä laskea arvot erikseen. On kuitenkin huomioitava tarkasteltavan alueen käyttötarkoitus. Kaikilla alueilla pystytason valaistusvoimakkuuksille ei ole vaatimuksia.

#### 4.1.2 Yleistasaisuus

Valaistusvoimakkuuksien lisäksi valaistuksen tasaisuudelle on määritetty vaatimukset. Tasaisuus määritetään eri valaistusvoimakkuusarvojen suhteesta. On huomioitava, että tasaisuudelle on annettu sekä minimi- että maksimiarvoja. RHK:n määrittämät valaistuksen tasaisuuteen liittyvät suhdeluvut ovat: /3/

$U_o \text{ min/av}$	yleistasaisuus minimivalaistusvoimakkuuden ( $E_{min \text{ hor}}$ ) suhde keskimääräiseen valaistusvoimakkuuteen ( $E_m \text{ hor}$ )
$U_d \text{ max/min}$	yleistasaisuus maksimivalaistusvoimakkuuden ( $E_{max \text{ hor}}$ ) suhde minimivalaistusvoimakkuuteen ( $E_{min \text{ hor}}$ ).

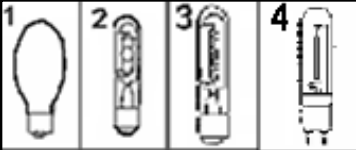
$U_o$ -arvo on vähimmäisvaatimus ja  $U_d$  ilmoittaa suurimman sallitun arvon. Valaistuksen tasaisuus on hankala määrittää ratapihojen suuren pinta-alan vuoksi. Tasaisuudelle saadaan helposti eri arvoja mittausalueiden sijainteja muuttamalla. Valaistuksen tasaisuus on mahdollista määrittää valaistussuunnitteluohjelmalla.

#### 4.1.3 Värintoistoindeksi $R_a$

Värintoistoindeksi  $R_a$  on lampputyypeistä riippuvainen. Lämpimälle valkealle loistelampulle on määritetty arvo 50 ja hehkulampulla  $R_a$ -indeksi on lähellä arvoa 100. Käytännössä  $R_a$ -indeksi tarkoittaa sitä, miten hyvin lampputyyppi toistaa eri värit. Mitä suurempi  $R_a$ -indeksi on, sitä paremmin värit toistuvat. /14/

Valaistuksen suunnittelussa on huomioitava eri lampputyypien välillä olevat värintoistoterot. Taulukossa 4.1 on esitetty yleisimpien ulkovalaistuksessa käytettävien lampputyypien  $R_a$ -indeksejä lampputehon mukaan.

Taulukko 4.1. Yleisimpiä ulkovalaistuksessa käytettäviä lampputyyppejä. Tehoarvojen perässä oleva numero (1...4) viittaa taulukon alareunan kuvaan lamppujen muodoista. Kaikilla taulukon lampuilla on keskimääräinen elinikä > 6000 tuntia. /5/

Lampputyyppi	Teho/ W	R <sub>a</sub> -indeksi	Valovirta/ klm	Kanta
Elohopealamppu	50/ 80/ 125 (1)	45 - 49	1,8/ 3,7/ 6,3	E 27
	50/ 80/ 125 (1)	55 - 60	2,0/ 4,0/ 6,5	E 27
	250/ 400/ 700/ 1000 (1)	40	13,0/ 22,0/ 38,5/ 58,0	E 40
	250/ 400 (1)	50	14,0/ 24,0	E 40
Sekavalolamppu	100/ 160 (1)	60 - 70	1,1/ 3,1	E 27
	250/ 500 (1)	60 - 70	5,7/ 13,0	E 40
Monimetallilamppu	250/ 400 (1)	69	17,5/ 30,0	E 40
	250/ 400/ 1000/ 2000 (2)	65	17,0/ 31,0/ 81,0/ 18,9	E 40
Suurpainenatriumlamppu	50/ 70 (1)	20	3,4/ 5,6	E 27
	150/ 250/ 400/ 1000 (1)	20	14,5/ 26,5/ 49,0/ 130,0	E 40
	100/ 150/ 250/ 200 (1)	20	10,0/ 16,0/ 30,0/ 56,0	E 40
	150/ 250/ 400 (1)	65	12,2/ 22,0/ 38,0	E 40
	50/ 70 (3)	20	4,6/ 6,8	E 27
	100/ 150/ 250/ 400/ 1000 (3)	20	11,0/ 16,0/ 31,5/ 55,0/ 125,0	E 40
	150/ 250/ 400 (3)	65	12,7/ 23,0/ 40,0	E 40
	35/ 50/ 100 (4)	80	1,3/ 2,3/ 4,5	PG12-1
Lamppujen kuvaus (1...4)				

Taulukosta 4.1 nähdään, että suurpainenatriumlampuilla on huonoimmat värintoisto-ominaisuudet. Tämä johtuu lampun ominaisesta keltaisesta valon väristä. Natriumlappuja käytetään kuitenkin niiden hyvän valotehokkuuden vuoksi.

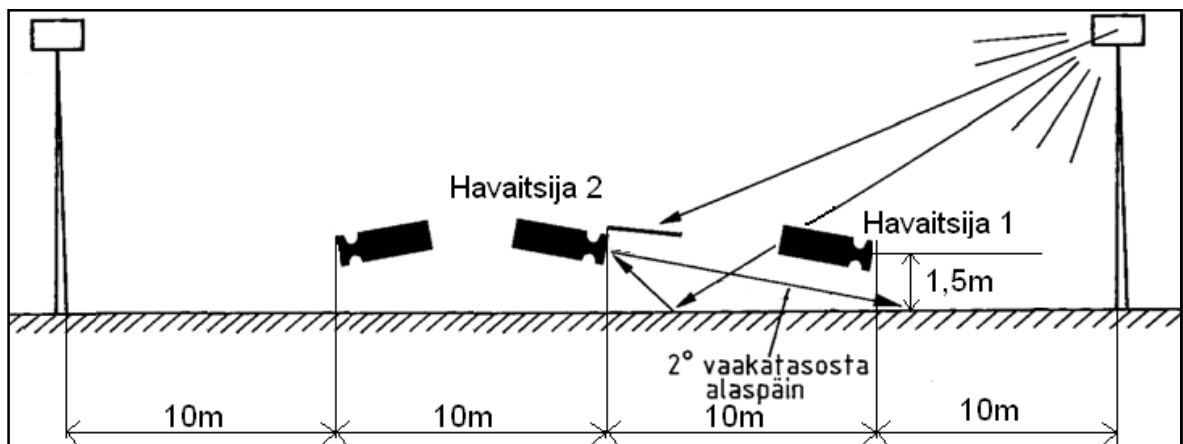
Rautatiealueiden valaistusvaatimuksissa värintoistoindeksin yleisin vaadittu arvo on 20. Näillä alueilla suurpainenatriumlamppu on hyvä vaihtoehto. Monilla alueilla vaaditaan kuitenkin R<sub>a</sub>-indeksiksi 60...80. /3/. Tällöin esimerkiksi elohopealamput ovat hyvä vaihtoehto.

$R_a$ -arvoa ei siis määritetä matemaattisesti. Suunnitteluvaiheessa tulee katsoa alueittain, mitä lampputyyppejä käytetään koko alueen valaistukseen. Näin varmistetaan värinosto-ominaisuuksille asetettujen vaatimuksien toteutuminen.

#### 4.1.4 GR-häikäisyarvot

Ulkoalueiden valaistuksen häikäisyn aste ilmoitetaan yleensä GR-arvolla. Häikäisy vaikeuttaa yksityiskohtien näkemistä ja aiheuttaa epämukavuuden tunnetta. Häikäisy syntyy näkökentän sopimattomasta luminanssijakaumasta tai luminanssimäärästä. Myös nopeasti muuttuvat luminanssiarvot ja liian voimakkaat kontrastit aiheuttavat häikäisyä. /14/

GR-arvon määrittäminen voidaan tehdä matemaattisesti tai valaistussuunnitteluohjelmien avulla. Laskennassa käytettävien häikäisyarvon havaintsijoiden määrä riippuu valaisinpylväiden etäisyyksistä. Havaintsijat tulee sijoittaa 1,5 metrin korkeuteen pylväs- tai mastovälille 10 metrin välein aina puoliväliin asti. Havaintsija suunnataan 2 asteen kulmaan alaspäin ja 360 astetta ympärilleen. Periaatekuva havaintsijoista on esitetty kuvassa 4.2. /3/



Kuva 4.2. GR-häikäisyarvon havaintsijoiden sijoittaminen. Kuvassa on hahmotettu myös vasemman puoleisen valaisimen aiheuttaman häikäisyn havaintsija. /14/

Häikäisyarvon mittaamiseen tarvitaan luminanssimittari, johon on liitetty harsoluminanssin määrittämiseen tarkoitettu lisälaitte. Valaistusvoimakkuusmittarilla pelkästään ei siis voida määrittää kaikkia vaatimuksia. GR-arvolle on laadittu laskentakaava: /14/

$$GR = 27 + 24 \log (L_{vl}/L_{ve}^{0,9}) \quad (4.4)$$

jossa

$L_{vl}$  on harsoluminanssi, jonka valaisimet aiheuttavat havaitsijan silmien verkkokalvolle ( $\text{cd/m}^2$ )

$L_{ve}$  on ympäristön aiheuttama harsoluminanssi ( $\text{cd/m}^2$ )

$GR$  on häikäisyn aste.

Valaistuksen kokonaisharsoluminanssi  $L_{vl}$  on yksittäisten valaisimien tuottamien harsoluminanssien summa. Yhden valaisimen aiheuttama harsoluminanssi voidaan määrittää yhtälöllä: /14/

$$L_v = k \frac{E}{\theta^n} \quad (4.5)$$

jossa

$E$  on valaisimen tuottama valaistusvoimakkuus silmän kohdalla ja katsesuuntaa vastaan kohtisuorassa olevalla tasolla ( $\text{lx}$ )

$\theta$  on katsesuunnan ja valaisimen suunnan välinen kulma ( $^\circ$ )

$k$  ja  $n$  ovat vakioita, joiden arvot riippuvat muun muassa kulman  $\theta$  suuruudesta ja havaitsijan iästä.

Jos ympäristön harsoluminanssi  $L_{ve}$  halutaan määrittää laskemalla, voidaan käyttää likiarvokaavaa: /14/

$$L_{ve} = 0,035\rho \frac{E_m}{\pi} \quad (4.6)$$

jossa

$E_m$  on alueen keskimääräinen valaistusvoimakkuus ( $\text{lx}$ )

$\rho$  on maan pinnan heijastussuhde (yleensä 0,2).

$L_{vl}$  ja  $L_{ve}$  voidaan mitata häikäisylinsillä varustetulla luminanssimittarilla. Käytännössä ne määritetään valaistussuunnitteluohjelmalla, ja niiden perusteella  $GR$ -arvo on helppoa laskea kaavalla (4.4).

Vaatimuksissa esiintyvä  $GR_{av}$  määritetään laskettujen häikäisyarvojen keskiarvolla.  $GR_{max}$  taas on suurin saatu arvo ratapihan alueelta. Vaatimuksissa ei ole suurta eroa  $GR_{av}$ -arvojen ja  $GR_{max}$ -arvojen välillä. Sallitut  $GR_{av}$ -arvot ovat 30 – 45 ja  $GR_{max}$ -arvot 35 – 50. /3/ Valaistussuunnittelussa häikäisyarvot eivät ole kovinkaan määrääviä, mutta alueille kannattaa GR-arvoja laskea ainakin pistokokein.

## 4.2 Valaistuslaskennan pisteverkko

Pisteverkko määräytyy alueen koon mukaan. Suurin sallittu pisteiden välinen etäisyys on kuitenkin viisi metriä. Laskentapisteiden määrän laskennassa tarvitaan alueen sivun pituutta. Suuntaa antava laskentapisteiden määrä ( $p$ ) lasketaan kaavalla: /3/

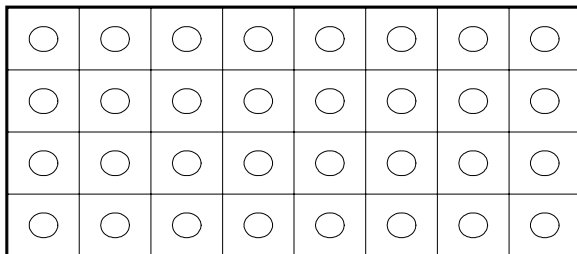
$$p = \frac{d}{0,2 \cdot 5 \log d} \quad (4.7)$$

jossa

$p$  on sivun laskentapisteiden määrä

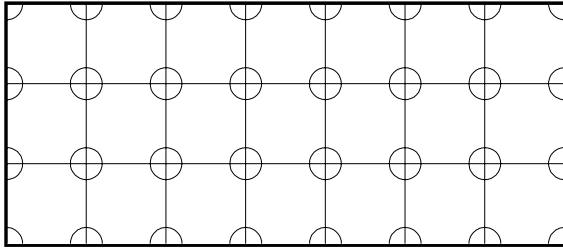
$d$  on alueen sivun pituus.

Kaavalla (4.7) lasketut laskentapistet sijoitetaan alueelle kuvan 4.3 mukaisesti. Kuvassa ympyrä tarkoittaa laskentapistettä. Ympyröiden keskipisteiden suurin sallittu etäisyys on siis viisi metriä.



Kuva 4.3. Pisteverkon sijoittaminen alueelle. /14/

Käytännössä laskentapistet merkitään valaistussuunnitteluohjelmalla suoraan pohjakuvaan. Nykyisissä valaistussuunnitteluohjelmissa pisteverkko pisteiden määrää ja muotoa voidaan muokata helposti. Jos alueen reunoilla oleville valaistusvoimakkuuksille on asetettu erityisvaatimuksia, tulee pisteverkko määrittää kuvan 4.4 mukaan.



Kuva 4.4. Pisteverkko muodostaminen, kun alueen reunojen valaistusvoimakkuuksilla on erityisvaatimuksia. /14/

Ratapihoilla alueiden reunojen valaistusvoimakkuuksille ei yleensä esitetä erityisvaatimuksia. Yleensä riittää, että valaistus täyttää vaatimukset junaradan läheisyydessä. Kuvan 4.4 tapauksessa pisteverkko reunan valaistusvoimakkuudet lasketaan painotetulla keskiarvolla riittävän tarkkuuden saavuttamiseksi /14/. Eli

$$E_m = \frac{\frac{1}{4}\sum E_{kulmat} + \frac{1}{2}\sum E_{reunat} + \sum E_{sisäpuoli}}{n} \quad (4.8)$$

### 4.3 Lamputyyppien määrittäminen

#### 4.3.1 Alenemakertoimet

Valaistusasennuksen suunnittelussa määritetään asennukselle alenemakerroin. Alenemakertoimeen vaikuttavat valitut valaistuslaitteet ja asennusympäristö. Alenemakerroin on vanhan valaistusasennuksen valaistusvoimakkuuden suhde samoissa oloissa olevaan uuteen valaistusasennuksen valaistusvoimakkuuteen. /14/. RHK:n vaatimuksissa alenemakerroin saa arvoja 0,55...0,85 lamputyypistä ja ympäristön saasteisuudesta riippuen. /3/

Alenemakertoimen päätavoite on valaistuksen säilyttäminen tasaisena koko valaistuksen elinkaaren ajan. Lamppujen valovirta heikkenee iän ja valaisimien likaantumisen vaikutuksesta. Valaistuksen suunnitteluvaiheessa valaistusasennukselle määritetään alenemakertoimen avulla huoltoajankohta. Käytännössä huoltoon suunnitellaan lamppujen ryhmävaihtoväli, jolloin lamput vaihdetaan vaikka ne toimisivatkin vielä. /3/

Taulukossa 4.2 on esitetty alenemakertoimia lampputyypin ja ympäristön saasteisuuden perusteella. Lähtökohtaisesti ympäristön saasteisuus on normaali. Saasteisuus tulee kuitenkin määrittää tilaajan kanssa, jos sitä ei ole ratasuunnitelmassa määritetty. /3/

Taulukko 4.2. Kotelointiluokan IP65-valaisimien lampputyypin alenemakertoimia. /3/

Lamppu	Ympäristön saasteisuus			Ryhmävaihtoväli [h]
	Vähäinen	Normaali	Runsas	
Sp-Na 100-400W	0,85	0,80	0,75	16000
Sp-Na 50–70 ja $\geq 600$ W	0,80	0,75	0,70	16000
MM keraaminen	0,65	0,60	0,55	10000
QL Induktio	0,70	0,65	0,60	40000
CPO-TW 90-140W	0,75	0,70	0,65	12000
CPO-TW 45-60W	0,70	0,65	0,60	12000
T8 /T5*	0,70	0,75	0,80	30000
T8 /T5 pakkasputki*	0,75	0,80	0,85	38000

Jos taulukon 4.2 lampputyypeistä tai kotelointiluokasta poiketaan, alenemakerroin ja huoltoväli määritetään CEN-standardin SFS-EN-12464-2 ” *Ulkotyöalueiden valaistussuositukset*” mukaisesti /3/. Suunnittelutyön nopeuttamiseksi on syytä käyttää pääsääntöisesti taulukossa esitettyjä lampputyyppejä.



#### 4.3.2 Huoltosuunnitelman määrittely

On luonnollista määrittää kohteeseen huoltosuunnitelma samalla kun määritetään alenema-kerrointa. Huoltosuunnitelma on järkevintä määrittää alueittain. Näin valaistuksen huolto saadaan suunniteltua turvalliseksi ja valaistuksen kannalta hyödylliseksi.

Aluekohtaiseen huoltosuunnitelmaan on syytä merkitä ainakin seuraavat tiedot:

- Ratapihan nimi
- Alueen luokitus
- Valaistustarkastuksien väli
- Valaistuksen ryhmitystieto (keskus, ryhmä)
- Alueella käytettyjen lamppujen tyypit ja kappalemäärät
- Ryhmävaihtoväli
- Huoltoon tarvittavat koneet (nosturit, yms.)
- Jännitekatkojen tarve (vain vanhat valaistukset)
- Valaisimien suuntaustieto
- Valaisimien ja lamppujen valmistajat.

Valaistustarkastuksien välit on esitetty RHK:n julkaisussa ”*Rautatiealueen valaistusvaatimukset*” seuraavasti:

*”Matkustaja-alueilla sekä järjestelyratapihoilla tulee tehdä valaistustarkastus aina 4 kuukauden välein ja muilla alueilla 2 kertaa vuodessa. Kaikki valaistukset tulee koekäyttää ja tarkastaa aina heinä-elokuun aikana.” /3/*

Valaisimien suuntaustiedot saadaan valaistussuunnitteluohjelmien raporteista. Luvussa 9 on käsitelty valaistussuunnitteluohjelmia tarkemmin. Järkevintä on ilmoittaa suuntaustieto asteina. On kuitenkin huomioitava, että valaistussuunnitteluohjelmat käsittävät suuntauksen asteluvun edessä olevat miinus-merkit eri tavoin.

Valaisimien ja lamppujen valmistajatiedot on hyvä mainita huoltosuunnitelmassa. Nämä tiedot saadaan myös valaistussuunnitteluohjelmalla tehdyistä valaistussuunnitelmista. Esimerkiksi huoltoihin valmistajätietojen perusteella saadaan varaosat järjestettyä etukäteen.

Hyvin laadittu huoltosuunnitelma varmistaa valaistusvaatimusten täyttymisen koko asennuksen elinkaaren ajaksi. Itse huoltotoimenpiteisiin kuuluvat lamppujen ja rikkoutuneiden komponenttien vaihdot, valaisimien pesu ja suuntauksen tarkistus. /3/

#### *4.3.3 Ryhmävaihtojen ajoitukset*

Valaistushuolto pyritään suorittamaan ryhmävaihtona alueittain. Ryhmävaihdon ajankohtaan vaikuttavat lamppujen tyypit ja alueen käyttötarkoitus. Suurpainenatriumlampuille ryhmävaihto suoritetaan 16 000 tunnin välein ja monimetallilampuille 10 000 tunnin välein. Järjestelyratapihoilla ryhmävaihto suoritetaan 12 000 tunnin välein lampputyypistä riippumatta. Muissa tapauksissa noudatetaan aluekohtaista huolto-ohjetta. /3/

Oikein ajoitetut ryhmävaihdot pienentävät huoltotöistä tulevia kustannuksia. Ryhmävaihoilla yksittäisten valaisimien vioittuminen vähenee ja valaisinhuoltoja ei tarvitse suorittaa niin useasti.

#### *4.3.4 Yksittäisvaihtojen ajoitukset*

Yksittäisvaihto suoritetaan alueella, jos 10 % valaisimista on viallisia. Jos viallinen valaisin sijaitsee kriittisessä paikassa, on se huollettava välittömästi havainnon jälkeen. Muuten valaisinhuolto pyritään järjestämään ryhmävaihtona /3/. Yksittäisvaihtojen määrä pidetään mahdollisimman vähäisenä.

#### 4.3.5 Valaistuksen hyötysuhde

Yksittäisen valaisimen hyötysuhde tarkoittaa valaisimesta poistuneen valovirran suhdetta siinä olevan lampun valovirtaan. Yksittäinen valaisin on kuitenkin vasta osatekijä valaistuksen kokonaishyötysuhteeseen /5/. Ratapihoilla huomioidaan alueen kaikkien lamppujen yhteenlaskettu valovirta ja alueen pinta-ala. Asennuksen hyötysuhde  $\eta$  lasketaan kaavalla: /3/

$$\eta = \frac{E_m \cdot A}{\Theta} \quad (4.9)$$

jossa

$E_m$  on tavoiteltu valaistusvoimakkuuden keskiarvo (lx)

$A$  on alueen pinta-ala ( $m^2$ )

$\Theta$  on asennuksen lamppujen yhteenlaskettu valovirta (lm).

Hyötysuhteen minimitaso on 0,25...0,30, tavoitetaso 0,30...0,40 ja hyvä  $> 0,40$ . Hyötysuhde on alueen koosta ja muodosta riippuvainen. Siksi joillakin alueilla hyvän tason saavuttaminen voi olla hankalaa. Siksi varsinkin pienillä alueilla myös minimitaso tulkitaan riittäväksi. /3/

#### 4.3.6 Valotehokkuudet

Lampun valotehokkuus tarkoittaa lampun valovirran suhdetta sen käyttämään tehoon. Toisin sanoen valotehokkuus ilmoittaa, miten suuri osa lampun käyttämästä energiasta muuttuu valoksi. Valotehokkuuden yksikkö on lm/ W. /3/

Valotehokkuuksien arvoille on annettu vaatimukset taulukon 4.3 mukaisesti. Valotehokkuuksien arvot saadaan lamppuvalmistajilta. Lampputehoissa huomioidaan liitäntälaitteiden häviöt. Liitäntälaitteiden häviöt huonontavat valotehokkuutta.

Taulukko 4.3. Valotehokkuuksien vaaditut arvot eri tehoalueilla. /3/

<b>Tehoalue/ W</b>	<b>Valotehokkuus (lm/W)</b>
yli 1000W, alle 2000W	85
yli 400W, alle 1000W	80
yli 125W, alle 400W	75
yli 70W, alle 120W	70
yli 50W, alle 70W	65
yli 50W	55

#### 4.3.7 Häiriövalot

Valaistusasennuksen aiheuttamat häiriövalot ratapihan ympäristöön huomioidaan suunnitteluvaiheessa. Valaisimien tyyppien valinta ja suuntaaminen suunnitellaan siten, että häikäisy on mahdollisimman vähäistä. Valonheittimien maksimivalovirran suuntautuminen sallitaan korkeintaan 75 asteen kulmaan. /3/

Häiriövalojen määrittämisessä tarkasteltava alue luokitellaan aluksi E-alueisiin. E-luokitus tulee sen mukaan, mihin alueen ympäristön valaistus on verrattavissa. Ympäristön valaistukselle annetaan neljä eri määrittäystä: /3/

- E1; Pimeä, luonnontilainen
- E2; Vähäistä alueellista valaistusta, maalaismainen
- E3; Keskitasoista alueellista valaistusta, esikaupunki
- E4; Voimakasta alueellista valaistusta, kaupunki

Taulukossa 4.4 on esitetty häiriövalojen raja-arvot E-luokituksen mukaan.

Taulukko 4.4. Häiriövalojen raja-arvot E-luokituksen mukaan. /3/

Alueen ympäristö	Asennuksen yläpuolinen valo ULR %	Valaistusvoimakkuus kohteissa*		Valovoima val. kohteeseen*		Rakennusten pintojen luminanssi $L_{\max}$ cd/m <sup>2</sup>
		$E_{v\max}$ lx		I kcd		
		ilta	yö	ilta	yö	
E1	0	2	0	2,5	0	0
E2	5	5	1	7,5	0,5	5
E3	15	10	2	10	1	10
E4	25	25	5	25	2,5	25

Taulukosta 4.4 nähdään, että kaupunkien läheisyydessä sallitaan suhteellisen suuret häiriövalojen arvot. Monilla ratapihan alueilla on vaatimuksena paljon pienempiä valaistusvoimakkuuksien arvoja lukseina. Kaupunkien läheisyydessä olevalla ratapihalla häikäisyarvoja ei huomioida niin paljon kuin maalaismaisilla alueilla.

## 5 TEKNISET VAATIMUKSET

Tässä luvussa perehdytään valaistukseen liittyville laitteistoille asetettuihin määräyksiin. Sähköteknisessä suunnittelussa noudatetaan kunkin vuoden voimassa olevia SFS 6000 -standardin ohjeita ja määräyksiä. Maadoitukset toteutetaan RHK:n B-sarjan julkaisujen mukaisesti.

Tässä työssä käsitellään pylväiden, keskuksien ja jakokaappien teknisiä vaatimuksia sekä sijoituksen kannalta tärkeitä huomioita. Lisäksi tarkastellaan kaapelointia RHK:n maa-alueilla ja vanhojen asennuksien käyttömahdollisuutta. Valaisinmastot suunnitellaan RHK:n määräyksiensä ja ohjeiden mukaisesti. Tästä työstä mastot rajattiin pois.

### 5.1 Työturvallisuuden huomioiminen

Laitteiden sijoituksissa ratapiha-alueella on huomioitava laitteiden huoltotyöt. Laitteet pyritään sijoittamaan siten, että huoltotyöt voidaan tehdä turvallisesti eivätkä huoltotyöt häiritse muuta ratapihalla tapahtuvaa liikennettä. Tämä ei ole kaikissa tapauksissa mahdollista. Tällöin merkitään kohdan 4.3.2 huoltosuunnitelmaan mahdolliset ongelmakohdat.

Pääsääntöisesti huoltotoimenpiteiden suorituksessa tulee huomioida julkaisun *Radanpidon turvallisuusohjeet (TURO) /13/* ohjeita ja määräyksiä. Jo suunnitteluvaiheessa on hyvä tietää turvallisuusvaatimukset. Valaistusasennuksen helppo huollettavuus saavutetaan, kun turvallisuusvaatimukset ovat suunnittelijan tiedossa.

### 5.2 Valaisimet

Rata-alueella käytettävien valaisimien tulee olla CE-merkittyjä ja valmistettu standardisarjan SFS-EN 60598 mukaisesti. Valaisimien sähkömagneettisten häiriöiden suojaus tulee olla EMC-direktiivin 2004/108/EY mukainen. Valaisimien kotelointiluokka on oltava vähintään IP 64 ja valaisimien tulee olla metallirakenteisia. /3/

Valaisimien on oltava kompensoituja ja tehohyötysuhteeltaan vähintään 0,90. Lisäksi valaisimien huolto suunnitellaan helpoksi. /3/ Suunnitteluvaiheessa valaisimien tyyppin, rakenteen ja sijoituksen määrittämisessä pidetään huoltotöiden helppous yhtenä tavoitteena.

Valaisimien asennuskorkeus asetetaan siten, että valo pääsee myös vaunujen väliin. Taulukossa 5.1 on esitetty valaisimien suurimmat sallitut etäisyydet toisistaan suhteessa asennuskorkeuteen. /3/

Taulukko 5.1. Valaisimien suurimmat sallitut etäisyydet toisistaan suhteessa asennuskorkeuteen. /3/

<b>Asennuskorkeus h</b>	<b>Valaisimien väli</b>
12 m	1,0 x h
14 m	1,1 x h
20 m	1,2 x h
25 m	1,2 x h
31 m	1,3 x h

Valaisintyyppin valinnassa on syytä huomioida suuntauksen säätömahdollisuus. Energiatehokkuuksien ja valaistukselle muiden asetettujen vaatimusten vuoksi valaisimia tulee alueille optimaalinen määrä. Joissakin tapauksissa valaisimien hyvillä suuntausominaisuuksilla vaatimukset saadaan toteutumaan helposti.

Valaisimien häikäisyominaisuudet huomioidaan valaisintyyppin määrittämisessä. Valonheittimien tulee olla valonjaoltaan epäsymmetrisiä häiriövalon pienentämiseksi /3/. Valaisinvälikäyttöön ilmoitettuihin tyyppikohtaisiin heijastimien ja lasien ominaisuuksiin kannattaa myös tutustua tarkoin.

### 5.3 Pylväät

RHK:n julkaisun ”*Rautatiealueen valaistusvaatimukset*” mukaan puupylväiden tulee olla kreosoottijälly- tai kuparikyllästettyjä ja standardin SFS 2662 mukaiset. Rautatiealueilla olevien puupylväiden latvahalkaisijoille on annettu pylvään pituuden mukaan taulukon 5.2 mukaiset minimiarvot. Lisäksi puupylväiden latva on suojattava pylväshatulla. /3/

Taulukko 5.2. Puupylväiden latvahalkaisijan minimimitat pylvään pituuden mukaan. /3/

<b>Puupylvään pituus</b>	<b>Latvahalkaisija</b>
6–12 m	150 mm
13–18 m	170 mm

Metallipylväiden on oltava kuumasinkittyjä teräskartiopylväitä ja standardin SFS 5269 vaatimusten mukaiset. Laiturille asennettavien pylväiden on täytettävä jäykkyysluokan kaksi (2) vaatimukset, ja pylväissä tulee olla kaksi (2) kytkentäluokkaa mahdollisten pylvääseen tulevien muiden järjestelmien vuoksi. /3/

Metallipylvään jalusta mitoitetaan pylvään koon mukaan ja varustetaan sellaisella muhvililla, että siihen voidaan liittää 110 mm:n suojaputki kaapeleita varten. Jalustan ja lähimmän kaapelikanaalin välille suunnitellaan putkireitti. Jalustoina käytetään betonielementtialustoja, joissa on säätöruuvikiinnitys. Lisäksi laiturialueelle suunnitellaan tarvittaessa jalustojen auraussuojia. /3/

Pylväät sijoitetaan siten, ettei mikään valaisinpylvään osa ole aukean tilan ulottuman (ATU) sisäpuolella. Pylväissä olevien valaisimien huoltotoimet on oltava tehtävissä ilman jännitekatkoa tai raidevarausta. Lisäksi valaisinpylväiden sijoituksessa huomioidaan pienimmät sallitut työskentelyetäisyydet sähköratajärjestelmästä. /3/

Pylväisiin tulevien sulakkeiden ja johdonsuojakatkaisijoiden mitoitus on esitetty kohdassa 7.3. Lähtökohtaisesti jokaiseen puu- ja metallipylvääseen sijoitetaan omat sulakkeensa. RHK:n julkaisussa ”*Laittilojen ja valaisimien maadoittaminen*” on esitetty mallikuvia pylvään sulakekotelon sijainnista ja pylvään kytkennöistä. /9/



## 5.4 Keskukset

Tässä työssä perehdyttiin vain valaistuskeskuksiin. Ratapihoilla valaistuskeskus sijoitetaan kaapelinjakokaappiin. Jakokaappien materiaali on alumiinia ja seinämän vahvuus vähintään 3 mm. Muilta osin kaappien materiaalit ja rakenteet ovat standardin SFS 2533 mukaiset. Kaappien kiinnitykset ovat yhteensopivia standardin SFS 2534 mukaisiin jalustoihin.  
/3/

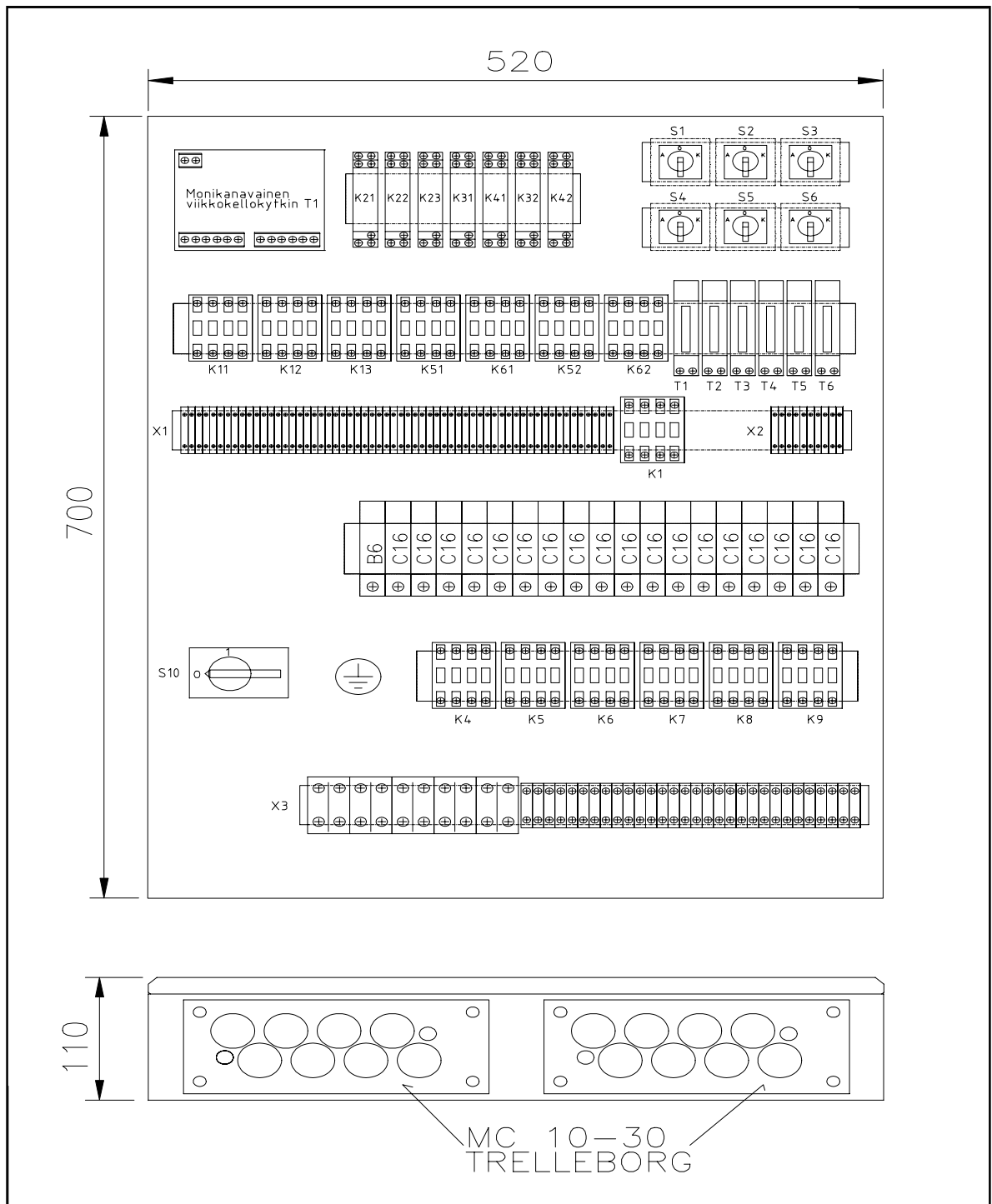
Valaistuskeskuksiin suunnitellaan ryhmäkohtaiset A-0-K-kytkimet. Valaisinlähtöjen kontaktorit mitoitetaan ryhmän maksimisyttymisvirtojen mukaan. Lisäksi valaistusryhmiin suunnitellaan tunti-laskurit, joista kohdan 4.3 ryhmävaihtojen ajankohdat voidaan tarkistaa.  
/3/.

Liitteessä 4 esitetty keskuksen ohjauspiirikaaviomalli on suunniteltu kaikille mahdollisille ratapihan valaistuksen tarpeille. Piirikaavioissa näkyvien komponenttien perusteella keskuksen koko on esimerkiksi 520x700x110. Komponenttien kokotiedot on otettu valmistajien verkkosivuilla ilmoitetuista standardimitoista. Taulukossa 5.3 on esitetty komponenttien mittatietoja.

Taulukko 5.3. Valaistuskeskukseen tulevien komponenttien mittatietoja.

Komponentti	Leveys x korkeus/ mm	Syvyys/ mm	Lähde
Pääkytkin (max 35 mm <sup>2</sup> kaapeli)	70 x 45	70	Krausnaimer
Huoltokytkin	52 x 44,7	64,3	Krausnaimer
Kontaktori + apukoskettimet	45 x 59	61,5 + 17	Benedict
Kela	45 x 59	61,5	Benedict
Aikarele	17,5 x 85	58	Hager
Tuntilaskuri	17,5 x 85	61,5	Müller
Monikanavainen viikkokello	106,5 x 90	60	Legrand
Johdonsuojakatkaisija	17,5 x 83	68	Hager
Riviliitin 2,5 mm <sup>2</sup> johtimelle	5,1 x 42	36	AS- Sähkötukku Oy
Riviliitin 10 mm <sup>2</sup> johtimelle	8 x 40	44	AS- Sähkötukku Oy
Riviliitin 35 mm <sup>2</sup> johtimelle + ketjutus	29,8 x 49	43	Ensto

Kaikki taulukon 5.3 komponentit ovat monikanavaista viikkokelloa lukuun ottamatta DIN-kiskoon soveltuvia. Lisäksi keskuksen koon määrittämisessä on huomioitu tyhjän tilan tarve kertoimen 1,3 avulla. Kuvassa 5.1 on esitetty malli komponenttien sijoituksesta valaistuskeskukseen. Sama kuva on esitetty myös liitteessä 3.



Kuva 5.1. Valaistuskeskuksen esimerkkikuva. Keskuksessa on liitteessä 4 esitetyn ohjauskaavion mukaiset komponentit.

On kuitenkin mahdollista, että ohjauskaavio on liian laaja jonkin pienen alueen valaistuksen ohjaukseen. Tällöin ohjauskaaviosta poistetaan turhat komponentit. Näin myös keskuksen tilantarve pienenee. Jos ryhmien määrä vähenee, on esimerkiksi 550x550x110-kokoinen keskus hyvä vaihtoehto. Komponenttien sijainnit suunnitellaan uudelleen pienempään keskukseen.

Valaistuskeskuksen ohjauspiiri on johdotettu 1,5 mm<sup>2</sup> kuparijohtimella. Pääkytkimenä on käytetty nimellisvirraltaan 80 A kytkintä, johon on mahdollista kytkeä maksimissaan 35 mm<sup>2</sup> johdin. Pääkytkimen ja ryhmäsulakkeiden välinen johdin on 10 mm<sup>2</sup> kuparia, jos syötössä sulake on 35 A. Johdin voi olla 6 mm<sup>2</sup>, jos syötössä on 25 A sulake.

Keskukselle ei ole syytä suunnitella omaa maadoitus- ja nollakiskoa. Koska valaistuskeskus on vain valaistusryhmille, voidaan nolla ja PE kytkeä syöttökaapelista suoraan lähtöpuolen liittimiin.

## 5.5 Jakokaapit

Jakokaapit sijoitetaan siten, että niiden ovet avautuvat radasta poispäin. Lisäksi kaapin sijainti määritetään mahdollisimman hyvän kulkureitin varrelle. Jos jakokaappiin sisältyy esimerkiksi valaistuskeskus, saattaa jakokaapilla olla suurtakin käyttöä. Lisäksi kaapelinjakokaapin tulee olla RHK:n maa-alueella.

Ratapihalla käytetään valaistuskeskukselle pääsääntöisesti omaa jakokaappia. Jakokaappien määrä ratapihalla määräytyy siitä lähtevien kaapeleiden pituuksista (ks. kohta 7) ja valaistuksen ohjauksen tavoitteista. Ohjauskaavion laadinnassa voidaan soveltaa kohdassa 7 esitettyä mallia.

Pienillä ratapihoilla yhdellä valaistuskeskuksella saadaan ohjattua suurikin osa valaistuksesta. Suuremmilla ratapihoilla matkojen kasvaessa on järkevää sijoittaa keskuksia tiheämpään. Samalla saadaan tulevaisuuden laajennustarvekin huomioitua.

Jakokaappeihin varataan tilaa viiden 25 mm<sup>2</sup> kuparijohtimen päämaadoituskiskolle. Myös keskuksen dokumenttien tilantarve tulee huomioida. Jakokaapin jalustaan varataan tukikiskot maakaapeleiden kiinnitystä varten.

## 5.6 Vanhojen asennusten huomioiminen

Valaistusasennuksen suunnittelussa huomioidaan kohteen nykyiset tai kohteeseen suunnitellut asennukset. Esimerkiksi alueella olevien turvalaitteiden kaapelireitit hyödynnetään koska lähtökohtana on, että valaistusta uusitaan tai lisätään turvalaitteiden kanssa samanaikaisesti.

Jos meneillään olevissa turvalaiteasennuksissa hyödynnetään vanhoja kaapelireittejä, tarkastellaan kaapelireittien riittävyttä valaistukselle. Turvalaitteiden kaapeloinnit menevät tärkeässä valaistuskapelointien edelle. Valaistukselle tulee rakentaa omat kaapelireittinsä, jos vanhoja kaapelireittejä ei voi hyödyntää.

Valaistukselle on monissa tapauksissa kallista ja hankalaa toteuttaa ratapihaympäristössä omat kaapelireittinsä. Tämän vuoksi on syytä tehdä tiiviisti yhteistyötä turvalaitesuunnittelijoiden kanssa suunnittelutyön jokaisessa vaiheessa.

## 5.7 Maastokatselmus

Lähtökohtaisesti valaistusta suunnitellaan ratapihoille jo olemassa olevien järjestelmien lisäksi. Ratapihan rakenteen muuttuessa voi myös tulla vastaan alueittain täysin uuden valaistuksen suunnittelua. Valaistussuunnittelun kannalta maastokatselmuksen ajankohta on silloin, kun tarkasteltavalle ratapihalle on saatu määritettyä seuraavat asiat:

- Ratapihan piirustukset (olemassa olevat valaistusasennukset)
- turvalaitteiden kaapelireitit ja niiden käyttömahdollisuus
- tarkasteltavan alueen valaistuksen tavoitteet ja alueen luokitus (ks. osat 3 ja 4)
- alustava suunnitelma uusien valaisimien paikasta
- valaisimien määrät valaistussuunnitteluohjelman avulla

- keskusten ja jakokaappien lukumäärä valaisimien lukumäärän mukaan
- vanhojen keskuksien hyödyntäminen uusiin valaistusryhmiin.

Maastokatselmuksessa tarkastellaan vanhan valaistuksen kuntoa ja tehokkuutta. Uuden valaistuksen hyöty häviää, jos alueen vanha valaistus on huono. Myös valaisimien suuntaukseen kiinnitetään huomiota. Mahdollisten häikäisy- ja häiriövalojen syntyminen saattaa aiheuttaa suuntauksien muuttamista alkuperäisestä suunnitelmasta (ks. kohta 4.3.7).

Valaistuksien ohjaustapojen nykytilanne kartoitetaan maastokatselmuksessa. Nykyajan suuntauksena on suunnitella valaistuksiin kaukokäytön mahdollisuus. Usein ratapihoilla valaistuksen ohjaus on toteutettu hajautetusti, ja esimerkiksi suorittajan tilasta ei saada ratapihan valaistusta ohjattua kuin osittain.

Maastokatselmuksessa pohditaan keskitetyn ohjauksen mahdollisuutta. Jos ratapihan valaistus kytketään monesta kohtaa päälle, on hyvä esittää tilaajalle parannusehdotuksia. On kaikkien etu, että valaistusta ohjataan yhdestä paikasta. Valaistuksen maastokatselmuksessa huomioidaan seuraavat asiat:

- Valaistusohjauksien nykytilanne, uudistamisen tuomat edut
- uusien valaisimien toteutusmahdollisuus (kaapelireitit, radan geometria)
- uusien keskuksien maadoitusmahdollisuudet (varsinkin vaihdealueella, jossa maadoitusten liityntöjä paluukiskoon on rajoitettu) /11/
- valaistuksen tason silmämääräinen arvio (tasaisuus, valaistusvoimakkuus, suuntaukset)
- valaistukseen vaikuttavat esteet (esimerkiksi vaunut ja sähköradan rakenteet, ks. kohta 5.2)
- valaistuksen huoltotöiden toteutus (ks. kohta 5.1)
- ympäristöön syntyvät häiriövalot, E-luokitus (ks. kohta 4.3.7)
- vanhojen ryhmien laajennusvarat.

Erityisvaatimuksia sisältävissä kohteissa on hyvä tehdä maastokatselmus jo ennen uuden valaistuksen suunnittelun aloittamista. Tällaisia ovat esimerkiksi sähköradan läheisyyteen tulevat valaisimet. Maastokatselmuksessa listataan mahdolliset esiin tulleet ongelmakohdat

tilaajan kanssa. Samalla sovitaan ongelmien ratkaisutapoja, joiden perusteella suunnittelu voidaan aloittaa.

Jos valaistusta suunnitellaan vanhojen ryhmien lisäksi, vanhojen ryhmien laajennusvarat on käytävä toteamassa jo suunnittelun alkuvaiheessa.

## 5.8 Kaapelointi

Kaapeloinnissa noudatetaan RHK:n julkaisun ”Yleisohje johdoista ja kaapeleista Ratahallintokeskuksen alueella” /6/ ja standardin SFS 6000 /1/ ohjeita ja määräyksiä. Tässä työssä tutustutaan suunnitteluvaiheessa merkittävimpiin ratapihan kaapelointiin.

Kaapeleiden osalta suunnitelman sisältöön voidaan soveltaa niin sanotun ”risteämäluvan” hankintaan vaadittuja suunnitelmia. Itse risteämäluvat anotaan turvalaitesuunnittelun kanssa samanaikaisesti, jos mahdollista.

RHK:n julkaisun ”Yleisohje johdoista ja kaapeleista Ratahallintokeskuksen alueella” mukaan suunnitelman sisältö johtojen osalta on seuraava: /6/

- *johdon rakentamisaika (liikennepaikkojen väli ja ratakilometri sekä lähimpien sähköratapylväiden numerot ja etäisyydet niistä)*
- *rakentamisaika*
- *johdon tyyppi, jännite ja käyttö*
- *johdon asennustapa*
- *johdon suunniteltu reitti*
- *pylväiden paikat*
- *rautatiealueelle tulevat laitteet ja rakennelmat kuten jakokaapit tms.*
- *tontin aluerajat.*

Edellä mainittujen lisäksi ilmoitetaan tapauskohtaisia lähtötietoja riippuen johdon tyypistä, asennettavista laitteista ja kohteen sijainnista. Ratapiha-alueilla suositetaan maakaapeleiden käyttöä, ja maakaapeleista suunnitelmassa tulee lisäksi ilmoittaa:

- *kaapelin tyyppi*
- *kaapelin asennussyvyys*
- *kaapelin asennustapa (kaivu, suojaputki)*
- *kaapelin suojaus (suojaputken tyyppi, suojausputken pituus, merkkipaalat yms. paikat)*
- *suojausputken asennustapa (tunkkaus, poraus, lyönti, kaivu). /6/*

Valaistussuunnitelmaan sisältyvistä kaapeloinnin dokumenteista on lisätietoa tämän työn kohdassa 10.2.

## 6 MAADOITUKSET

Tässä luvussa tutustutaan valaistusasennuksien maadoitukseen. Ratapihan eri järjestelmien maadoitukset ovat itsessään liian laaja käsite tähän työhön. Luvussa selvitetään, miten maadoitukset tulee huomioida valaistussuunnittelussa. Pääsääntöisinä lähteinä ovat RHK:n julkaisut ”*Laittilojen ja valaisimien maadoittaminen*” /9/ ja ”*Rautatiealueelle tulevien kiinteiden laitteiden ja rakenteiden maadoitussuunnittelu*” /11/.

Tässä työssä käsitellään lähinnä keskuksien ja valaisinpylväiden maadoituksia pintapuolisesti. Erityiskohteissa edellä mainittujen julkaisujen ohjeet ja määräykset tulee huomioida.

### 6.1 Jakokaapit

Jakokaapissa tulee olla sellainen maadoituskisko, johon sähköratamaadoitus voidaan kytkeä /3/. Pääsääntöisesti valaistuksen jakokaapit pyritään sijoittamaan sähköradan vaaraetäisyyden ulkopuolelle.

Vaaraetäisyyden sisäpuolella jakokaappiin sijoitetaan PE-SR-kisko, johon jakokaapin runko ja paluukisko yhdistetään. Erillistä PE-SR-kiskoa ei tarvita, jos tarvittavat PE-SR-yhdistykset voidaan muuten tehdä keskuksen sisällä. PE-SR-kisko on sähköradan paluukiskon PE ja PE-PJ on pienjänniteverkon PE. /11/

PE-SR-kiskoa ja PE-PJ-kiskoa ei saa yhdistää kuin pääkeskuksella. Jakokaapissa PE-PJ ja PE-SR tulee olla kuitenkin mahdollista liittää yhteen työkalulla avattavalla tai suljettavalla liitoksella, kun kaappi sijaitsee vaaraetäisyyden sisäpuolella. /11/ Keskuksien ja valaisimien suojamaadoituksesta on RHK:n ohje liitteessä 1.

### 6.2 Keskuksset

Tässä työssä keskuksella tarkoitetaan valaistuksen ohjaukseen ja valaistusryhmien syöttämiseen tarkoitettua, kentälle jakokaappiin sijoitettavaa keskusta. Keskukseseen kuuluu kohdan 5.4 kalusteet.



Suojamaadoitukselle varataan liityntämahdollisuus jakokaapissa sijaitsevaan PE-SR-liittimeen. Keskuksen runkoon varataan tilaa 25 mm<sup>2</sup> kuparijohtimen liittämiseksi kaapelikengällä.

Jos keskuksen jakokaappi sijaitsee sähköradan turvaetäisyyden ulkopuolella, on keskuksen runko maadoitettava pienjännitepuolen liittimestä esimerkiksi 10 mm<sup>2</sup> kuparijohtimella. Muussa tapauksessa keskuksen rungon maadoitus toteutetaan jakokaapin maadoitusliittimen kautta paluukiskoon.

### 6.3 Pylväät

Metalli- ja puupylväät maadoitetaan sähköradan maadoittamista edellyttävillä alueilla. Maadoitus toteutetaan raiteen puoleiselle sivulle asennettavalla 25 mm<sup>2</sup> kuparijohtimella liitteen 2 mukaisesti. Valaisimen liitântäkotelo varustetaan huomautustekstillä ”Ryhmäjohdon PE irti”. Myös valaisimien sijoituspiirustuksiin merkitään sama huomautus. /9/ /11/

Puupylvään maadoitusjohtimen suojakouru maadoitetaan esimerkiksi C-liittimellä maadoitusjohtimeen. Pylväisiin asennettavien kytkentäkaappien tai koteloiden runko maadoitetaan maadoitusjohtimeen. /11/

### 6.4 Valaisimet

Rakenteisiin tulevat valaisimet maadoitetaan paluuvirtapiiriin, jos ne sijaitsevat maadoitusta edellyttävällä alueella. Jos valaisimessa ei ole liitintä 25 mm<sup>2</sup> kuparijohtimelle, valaisin varustetaan metallihäkällä. Metallihäkki maadoitetaan paluuvirtapiiriin ja valaisimen maadoitusliitin yhdistetään 6 mm<sup>2</sup> kuparijohtimella metallihäkkiin. /11/

Suojausluokan 2 valaisimiin ei tarvitse asentaa metallihäkkiä. Paikoissa, joissa ei ole ratajohdon katkeamisvaaraa, valaisimen runko maadoitetaan 6 mm<sup>2</sup> kuparijohtimella. /11/

## 7 MITOITUKSET

Valaisimien tyyppi määrätään jo valaistuslaskentojen yhteydessä. Valaisinryhmän mitoitus aloitetaan määrittämällä valaistuksen kuormitusvirran suuruus. Ensin lasketaan valaistusryhmän valaisimien kappalemäärät ja sitten katsotaan käytetyn lampputyypin syttymisvirta. Syttymisvirta-arvo kerrotaan valaisinmäärällä ja tulokseksi saadaan ryhmän suurin mahdollinen kuormitusvirta. Kuormitusvirran perusteella määritetään ryhmän alustava sulakekoko.

Alustavan sulakevalinnan jälkeen katsotaan kuormitusvirralle sopiva kaapeli. Kaapelin määrittämisessä käytetään valmiita taulukkotietoja, joista nähdään ominaisarvot eri johtimien poikkipinnoille. Lisäksi varmistetaan, että kaapeli on sopiva kyseiseen asennustapaan. Standardin SFS 6000 luku 523 määrittää tarkemmin kaapeleiden kuormitettavuudet eri asennustavoilla.

Ratapihaympäristössä valaistuksen kaapelointi pyritään tekemään turvalaitteiden kaapeloinnin yhteyteen. Joten pääsääntöisesti ratapihojen valaistukseen käytetään maakaapeleita. Myös ilmajohtojen käyttö on mahdollista. Tällöin tarkistetaan turvaetäisyydet, joita RHK on määrittänyt julkaisussa B13. /6/

Kaapeleiden ja ylikuormitussuojien mitoitukset tarkistetaan oikosulkuvirtojen ja jännitteenalenemien avulla. Jos valitun kaapelin laskentatulokset ovat liian pienet, tulee kaapeli mitoittaa yhtä kokoa suuremmaksi. Pieniin laskentatuloksiin voidaan vaikuttaa myös lyhentämällä kaapelipituuksia, jos se vain on mahdollista. Myös ylikuormitussuojaa vaihtamalla saadaan joissain tapauksissa laskenta-arvot täsmäämään.

### 7.1 Oikosulkuvirrat

Standardin SFS 6000 mukaan ulkovalaistusasennuksissa voidaan syötön automaattisen poiskytkennän mitoittamisessa käyttää viiden sekunnin poiskytkentäaika /1/. Jos valaisinkeskuksessa on pistorasioita tai niille lähteviä syöttöjä, tehdään mitoitus niiltä osin 0,4 sekunnin poiskytkentäajan mukaan. Oikosulkuvirtojen arvioimiseen voidaan käyttää pelkistettyä kaavaa

$$I_k = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z} \quad (7.1)$$

jossa

$I_k$  on pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta

$c$  on kerroin 0,95, joka huomioi jännitteenaleneman

$U$  on pääjännite

$Z$  on kokonaisimpedanssi, joka muodostuu edeltävän verkon impedanssista, muuntajan impedanssista ja muuntajan jälkeisten johtimien impedansseista. /2/

Oikosulkuvirtojen laskennan lähtötietoina saadaan verkkoyhtiön tai verkon rakentajan ilmoittama oikosulkuvirta  $I_k$  pääkeskuksella. Tästä oikosulkuvirran arvosta voidaan laskea edeltävän verkon impedanssi  $Z_v$  kaavalla

$$Z_v = \frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot I_k} \quad (7.2)$$

Tämä impedanssiarvo sisältää siis edeltävän verkon ja muuntajan impedanssien yhteisvaikutuksen. Seuraavaksi määritetään johtimien impedanssit systemaattisesti pääkeskukselta eteenpäin.

Kaapelien resistanssi- ja reaktanssiarvoja on olemassa valmiina taulukoina. Näitä arvoja voidaan käyttää suoraan laskennassa. Taulukossa 7.1 on esitetty kaapeleiden impedanssiarvoja johtimien poikkipinnan mukaan. Taulukosta laskentaan tarvitaan johtimen impedanssiarvo  $z$ .

Taulukko 7.1. Kaapeleiden impedanssit ( $\Omega/\text{km}$ ) johdinlämpötilassa  $80\text{ }^\circ\text{C}$ . /2/

Johtimien poikkipinta $A/\text{mm}^2$	Kupari			Alumiini		
	Resistanssi $r$	Reaktanssi $X$	Impedanssi $z$	Resistanssi $r$	Reaktanssi $x$	Impedanssi $z$
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	1,489	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	0,557
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

Taulukosta saatu arvo  $z$  kerrotaan johtimen pituudella. Laskennassa täytyy huomioida kaapelin impedanssi keskukselta kohteeseen ja takaisin. Tästä syystä yhden johtimen  $z$ -arvo kerrotaan kahdella koko kaapelin impedanssin määrittämiseksi. Eli

$$Z_{\text{kaapeli}} = s \cdot 2 \cdot z \quad (7.3)$$

jossa  $s$  on kaapelin pituus. Oikosulkuvirta lasketaan äärijohtimen ja maadoitusjohtimen väliltä ( $L - PE$ ). Jos käytettävän kaapelin maadoitusjohdin on poikkipinnaltaan erisuuri kuin äärijohtimien poikkipinta, impedanssin laskentaan huomioidaan eri arvot. Esimerkiksi maakaapelille MCMK 4x185/95 impedanssi määritetään taulukon 7.1 mukaan seuraavasti:

$$Z_{\text{kaapeli}} = s \cdot (0,148 + 0,257)\Omega \quad (7.4)$$

jossa sulkulauseke on äärijohtimen ja maadoitusjohtimen impedanssien summa.

Suunnitelmassa huomioidaan impedanssiarvojen johdinlämpötila. Kun oikosulkuvirtoja asennuksen jälkeen mitataan, on arvojen oltava suuremmat kuin lasketut arvot /2/. Tarkastusmittaukset tehdään paljon kylmemmissä olosuhteissa verrattuna laskennassa käytettävään lämpötilaan.

Johdonsuojakatkaisijoiden vaadittuja oikosulkuvirran arvoja on esitetty taulukossa 7.2. Suunnittelija tarvitsee taulukosta vaaditun lasketun oikosulkuvirran arvon. Vaadittu mitattu arvo on asennustyön urakoitsijan tai tarkastajan käyttämä arvo tarkastusmittauksiin.

Taulukko 7.2. Automaattisen poislytkennän vuoksi vaadittavat oikosulkuvirrat eri suojalaitteilla. /2/

<b>Pienimmät toimintavirrat johdonsuojakatkaisijoille ja vaaditut mitatut arvot</b>				
<b>Nimellis- virta A</b>	<b>B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A</b>	<b>Vaadittu mitattu arvo A</b>	<b>C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A</b>	<b>Vaadittu mitattu arvo A</b>
6	30	37,5	60	75
10	50	62,5	100	125
16	80	100	160	200
20	100	125	200	250
25	125	156,3	250	312,5
32	160	200	320	400
50	250	312,5	500	625
63	315	393,8	630	787,5
80	400	500	800	1000
125	625	781,3	1250	1562,5

Vastaavasti tulppasulakkeiden vaaditut arvot on esitetty taulukossa 7.3. Toisin kuin johdonsuojakatkaisijoilla, tulppavarokkeiden 0,4 ja 5 sekunnin arvo eroavat toisistaan. Tämä on huomioitava oikosulkuvirtojen laskennassa.

Taulukko 7.3. gG-sulakkeiden edellyttämät pienimmät oikosulkuvirrat. /2/

Pienimmät toimintavirrat gG-sulakkeille ja vaaditut mitatut arvot				
Nimellis- virta A	gG-sulake 0,4 s A	Vaadittu mitattu arvo A	gG-sulake 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	82	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35			165	206,3
40	315	393,8	190	237,5
50	470	587,5	250	312,5
63	550	687,5	320	400
80	840	1050	425	531,3
100	1000	1250	580	725
125	1450	1812,5	715	893,8
160	1600	2000	950	1187,5
200	2100	2625	1250	1562,5
250	2800	3500	1650	2062,5
315	3700	4625	2200	2750
400	4800	6000	2840	3550
500	6400	8000	3800	4750
630	8500	10 625	5100	6375

Jos valaistuskeskuksista syötetään siirrettäviä tai kädessä pidettäviä sähkölaitteita, käytetään mitoituksessa 0,4 sekunnin poiskytkentäaika. Muussa tapauksessa tarkastetaan vian aikainen suurin kosketusjännite. Kosketusjännite saa olla korkeintaan 50 V. /1/

Myös ohjauspiirin oikosulkuvirta on tarkistettava. Esimerkiksi kuormausalueen kentällä sijaitsevien painonappien kaapelointi on yleensä toteutettu ohuilla ja pitkillä kaapeleilla. Pienet oikosulkuvirrat ohjauspiirissä voivat aiheuttaa ongelmaa ohjaussulakkeen mitoittamisessa.

## 7.2 Tarkka oikosulkuvirtojen laskentamalli

Koska ratapihojen valaistus on verrattavissa tievalaistukseen, on syytä tarkastella myös tievalaistukseen yleisesti käytettävää oikosulkuvirtojen laskentamallia. Tätä tievalaistuksen mallia voidaan pitää tarkempuna, kuin kohdassa 7.1 esitettyä lähinnä kiinteistöissä käytettyä mallia.

Kiinteistöissä yleisesti käytetty laskentatapa antaa oikosulkuvirroille karkean arvon. Jos laskettu karkea oikosulkuvirran arvo on reilusti vaadittua suurempi, ei sitä ole syytä laskea enää tarkempaa laskentamallia käyttäen.

Tiehallinnon (Liikennevirasto) vanhassa julkaisussa ”*Tievalaistus*” vuodelta 1983 on esitetty malli oikosulkuvirtojen tarkkaan laskentaan. Jostain syystä vuoden 2006 ”*Tievalaistuksen suunnittelu, suunnitteluvaiheen ohjaus*”-julkaisussa laskentamallia ei enää esitetä. On ilmeistä, että suunnittelijalle annetaan enemmän vastuuta laskentamenetelmien valinnassa. Nykyisin laskentaan on tarjolla useita eri menetelmiä.

Tiehallinnon julkaisun ”*Tievalaistus*” mukaan oikosulkuvirtojen laskentaan voidaan käyttää kaavaa /8/

$$I_k = \frac{U_v}{\sqrt{\left[\frac{2R_n}{3} + R_m + \sum_i (r_i + r_{oi})l_i\right]^2 + \left[\frac{2X_n}{3} + X_m + \sum_i (x_i + x_{oi})l_i\right]^2}} \quad (7.5)$$

jossa

$I_k$  on oikosulkuvirta (kA)

$U_v$  on vaihejännite (kV)

$l_i$  on johto- osan i pituus (km)

$r_i$  on johto- osan i äärijohtimen resistanssi ( $\Omega$ / km)

$r_{oi}$  on johto- osan nollajohdon resistanssi ( $\Omega$ / km)

$x_i$  on johto- osan i äärijohtimen reaktanssi ( $\Omega$ / km)

$x_{oi}$  on johto- osan i nollajohtimen reaktanssi ( $\Omega$ / km)

$R_m$  on muuntajan resistanssi ( $\Omega$ )

$X_m$  on muuntajan reaktanssi ( $\Omega$ )

$X_n$  on  $\frac{1,1 \cdot U^2}{S_{kn}} =$  suurjänniteverkon oikosulkureaktanssi muuntajan pienjännitepuolelle redusoituna ( $\Omega$ )

$R_n$  on  $0,1 \cdot X_n =$  suurjänniteverkon oikosulkuresistanssi muuntajan pienjännitepuolelle redusoituna ( $\Omega$ )

$U$  on pienjänniteverkon pääjännite (kV)

$S_{kn}$  on suurjänniteverkon oikosulkuteho muuntajan kohdalla (MVA).

Jos suurjänniteverkon oikosulkuteho ei ole tiedossa, voidaan käyttää arvoa  $S_{kn} = 50$  MVA. /8/.

Johtimien resistanssi- ja reaktanssiarvot otetaan samoista taulukoista kuin kohdassa 7.1. Julkaisussa ”Tievalaistus” on myös ilmoitettu arvot johtimille, mutta käytetään uudempia ja nykyisien kaapeleiden mukaisia arvoja. Muuntajien impedanssiarvoja käytetään, koska käyttöön saadaan valmista taulukkotietoa pienjännitepuolelle redusoiduista arvoista. Taulukossa 7.4 on esitetty muuntajien impedansseja pienjännitepuolelle redusoituna.

Taulukko 7.4. Muuntajien impedansseja pienjännitepuolelle redusoituna. /8/

Teho (kVA)	zk %	10 kV		20 kV	
		rk	xk	rk	xk
16	4	0,33125	0,22422	0,33125	0,22422
30	4	0,13867	0,16212	0,14222	0,15901
30	6	0,13867	0,28839	0,14222	0,28666
50	4	0,07296	0,10517	0,07680	0,10240
50	6	0,07296	0,17760	0,07680	0,17597
100	4	0,03264	0,05505	0,03136	0,05579
100	6	0,03264	0,09028	0,03136	0,09073
200	5	0,02260	0,03828	0,01180	0,03822
200	6	0,01160	0,04658	0,01180	0,04653
300	5	0,00684	0,02577	0,00729	0,02565
300	6	0,00684	0,03126	0,00729	0,03116
315	5	0,00685	0,02445	0,00701	0,02441
315	6	0,00685	0,02970	0,00701	0,02966
500	5	0,00365	0,01558	0,00365	0,01558
500	6	0,00365	0,01885	0,00365	0,01885
700	5	0,00252	0,01115	0,00254	0,01114
700	6	0,00252	0,01348	0,00254	0,01348
800	5	0,00202	0,00979	0,00200	0,00980
800	6	0,00202	0,01183	0,00200	0,01183
1000	6	0,00165	0,00946	0,00160	0,00947
1250	6	0,00144	0,00754	0,00131	0,00757
1600	6	0,00095	0,00592	0,00086	0,00594
2000	6	0,00067	0,00475	0,00069	0,00475

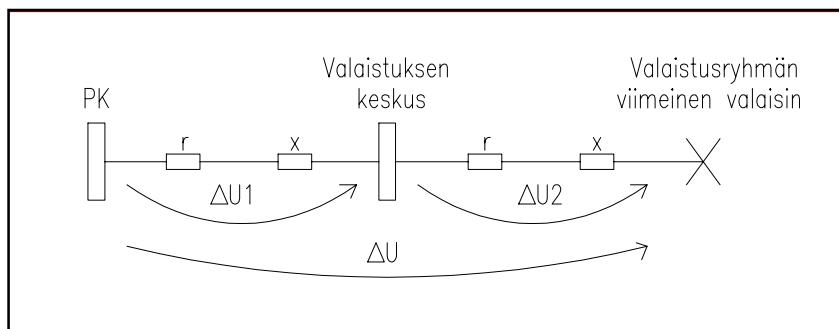
Edellä esitettyä laskentamallia käytetään kun syöttävän verkon arvoja ei tunneta. Lisäksi tarkalla laskentamallilla syöttävän muuntajan tiedot huomioidaan. Suurjänniteverkon oikosulkuteho, eli edeltävän verkon ominaisuudet, on kuitenkin määritettävä. Laskentamallin antamaa arvoa  $S_{kn} = 50$  MVA voidaan käyttää, jos muuta arvoa ei ole tiedossa. Riittävä tarkkuus saavutetaan siis kokemukseräisten lähtötietojenkin avulla.



### 7.3 Jännitteenalenemat

Standardin SFS 6000 suosituksen mukaan jännitteenalenema ei saa olla enempää kuin  $-10...+6\%$  /1/. On huomioitava, että purkauslamppuja käytettäessä voidaan sallia vain  $\pm 6\%$ :n vaihtelu nimellisjännitteestä. Liian alhaiset jännitteet aiheuttavat lamppuihin toimintahäiriöitä. Toimintahäiriöt ilmenevät eriaikaisina syttymisinä sekä joidenkin lamppujen syttymisenä tai sammumisena omia aikojaan. /7/

Jännitteenalenemaa tarkkaillaan laitteiston liittymiskohdan ja itse laitteen väliltä /2/ Valaistusryhmien jännitteenalenemat lasketaan systemaattisesti pääkeskukselta lähtien aina valaisimelle asti. Kuvassa 7.1 on esitetty valaistusryhmien jännitteenalenemalle periaatekuva.



Kuva 7.1. Jännitteenaleneman periaatekuva.

Kuvassa 7.1  $r$  tarkoittaa johtimen ominaisresistanssia  $\left[\frac{\Omega}{m}\right]$  ja  $x$  ominaisreaktanssia  $\left[\frac{\Omega}{m}\right]$ . Johtimien poikkipinnan mukaan resistanssi- ja reaktanssiarvoja on lueteltu edellä taulukossa 7.1. Kolmivaiheiset jännitteenalenemat  $\Delta U1$  ja  $\Delta U2$  määritetään kaavan /2/

$$\Delta U = I \cdot l \cdot \sqrt{3} \cdot (r \cos \varphi \pm x \sin \varphi) \quad (7.6)$$

mukaan. Kaavassa (7.6)  $I$  tarkoittaa kuormitusvirtaa [A] ja  $l$  on kaapelin pituus [m].  $\varphi$  on jännitteen ja virran välinen vaihekulma. Kaavassa käytetään plus-merkkiä induktiivisella kuormalla ja miinus-merkkiä kapasitiivisella kuormalla. Vaihekulma saadaan ratkaistua asennuksen tehokertoimesta.

Vastaavasti yksivaiheinen jännitteenalenema lasketaan kaavalla

$$\Delta U = I \cdot 2 \cdot l \cdot (r \cos \varphi \pm x \sin \varphi) \quad (7.7)$$

Tulokseksi saadaan jännitteenalenema volteissa. Suhteellinen jännitteenalenema lasketaan saadun tuloksen ja nimellisjännitteen suhteesta, eli /2/

$$\Delta u = \frac{\Delta U}{U_n} \cdot 100 \% \quad (7.8)$$

Suunnitelmien tasopiirustuksiin merkitään kaavalla (7.8) laskettu suhteellinen jännitteenalenema. Piirustuksiin suhteellinen jännitteenalenema merkitään p-kirjaimella, esimerkiksi p = 1,0 %.

Jännitteenalenema lasketaan ryhmän viimeiselle valaisimelle kolmivaiheisella laskentamallilla, koska yleensä valaistusryhmissä kaikki kolme vaihetta kytketään ryhmän loppuun asti. Laskennassa on huomioitava syttymisvirran pieneneminen ryhmän loppua kohden. Syttymisvirta pienenee, kun laskentaan huomioitavien valaisimien määrä vähenee.

Jännitteenaleneman määrittämiseen käytetään lamppujen normaaleja syttymisvirtoja /1/. Syttymisvirrat määräytyvät lampputyypin ja tehon mukaan. Eri lampputyypien syttymisvirrat on esitetty taulukossa 7.5.

Taulukko 7.5. Purkauslamppujen palamis- ja syttymisvirtoja. /5/

Purkauslamput $U_N = 230\text{ V}$								
Teho (W)	Palamisvirta (A)			Syttymisvirta (A)			Kond. ( $\mu\text{F}$ )	Kok.teho (W)
Elohopea								
	GE/Thorn	Osram	Philips	GE/Thorn	Osram	Philips		
50	0,30	0,32	0,30	0,32	0,45	0,40	8	61
80	0,45	0,45	0,45	0,70	0,86	0,65	8	90
125	0,70	0,70	0,70	1,00	1,15	1,10	10	139
250	1,33	1,30	1,35	2,00	1,90	2,20	16	271
400	2,20	2,10	2,15	3,00	3,50	3,90	25	425
Monimetalli								
	GE/Thorn	Osram	Philips	GE/Thorn	Osram	Philips		
70	-	0,43	-	-	0,60	-	12	85
150	-	1,10	-	-	1,50	-	20	179
250	1,30	1,40	1,35	1,50	1,90	2,20	2x16	278
400	2,00	1,95	2,15	3,50	2,60	3,19	16+20	429
1000 (230 V)	5,40	5,25	5,30	9,00	9,40	8,00	2x25+ 2x20	1044
2000 (380V)	-	6,05	6,00	-	10,90	10,00	37,5	2062
Suurpainenatrium								
	GE/Thorn	Osram	Philips	GE/Thorn	Osram	Philips		
50	0,30	0,30	0,30	0,35	0,45	0,45	8	62
70	0,40	0,40	0,45	0,55	0,55	0,60	12	85
100	-	0,60	0,65	-	0,80	1,00	12	115
150	0,70	0,85	0,85	0,80	1,00	1,20	20	170
250	1,30	1,45	1,40	1,50	2,40	2,30	2x16	278
400	2,15	2,20	2,20	3,00	3,50	3,60	2x25	432
1000	5,40	5,50	5,60	6,00	7,00	7,30	4x25	1050
Pienpainenatrium								
	GE/Thorn	Osram	Philips	GE/Thorn	Osram	Philips		
35	-	0,24	0,24	-	0,39	0,39	6	44
55	-	0,34	0,34	-	0,39	0,39	6	63

#### 7.4 Ylikuormitussuojan mitoitus

Valaistusryhmän koko mitoitetaan alustavasti lamppujen syttymisvirtojen mukaan. Keskuksat taas pyritään vakioimaan mahdollisimman pitkälle. Tästä syystä suunnittelijalla on yleensä aluksi tiedossa sulakekoko, jonka mukaan mitoitetaan ryhmän koko. Toisin sanoen keskuksissa valaisinlähdeissä käytetään yleensä joitain tiettyjä sulakekokoja.

Keskuksien kokoon voidaan vaikuttaa valitsemalla tulppavarokkeiden sijaan johdonsuojakatkaisijat. Yleisimmät valaistusryhmän suojauksessa käytettävät ylivirtasuojat ovat C- tai B-laukaisukäyrän 10 - 20 A johdonsuojakatkaisijoita.

Ryhmäkohtainen ylikuormitussuojan mitoitus tehdään palamis- ja syttymisvirtojen mukaan. Tulppasulakkeen nimellisvirta on 1,3 x lamppujen palamistilanteen aikainen kokonaisvirta. Johdonsuojakatkaisijan nimellisvirta on 1,3 x lamppujen syttymistilanteen aikai-

nen kokonaisvirta. Toisin sanoen tulppasulake ei ole niin herkkä syttymisvirroille kuin johdonsuojakatkaisija. /7/

Sulakkeen katkaisukyky on oltava suurempi kuin ryhmässä esiintyvä oikosulkuvirta. Johdonsuojakatkaisijan laukaisukäyrän valintaan vaikuttaa eniten kuormituksen tyyppi. Valaistusryhmään soveltuva johdonsuojakatkaisimen laukaisukäyrä on B tai C. On otettava huomioon, että B-käyrän johdonsuojakatkaisijalla vaaditut oikosulkuvirtojen arvot ovat huomattavasti pienemmät. /2/

Standardin SFS 6000 mukaan kaapeleiden ylikuormituksen suojaamiseen tarkoitetun suojalaitteen ominaisuuksien on täytettävä ehto /1/

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \quad (7.9)$$

jossa

$I_B$  on virta, jolle piiri on suunniteltu

$I_Z$  on johtimen jatkuva kuormitettavuus

$I_n$  on suojalaitteen mitoitusvirta.

Jos pylväs ei ole kovin kaukana valaistuskeskuksesta ja ryhmän koko on pieni, voidaan pylvään sulakesuojaus toteuttaa keskuksessa olevilla ryhmäkohtaisilla sulakkeilla tai johdonsuojakatkaisijoilla. Oikosulkuvirrat on kuitenkin tarkastettava aina. Ylikuormitussuojaus tulee suunnitella siten, että yhden valaisimen vioittuminen ei aiheuta muun valaistuksen poiskytketymistä.

Lähtökohtaisesti pyritään pylväisiin sijoittamaan aina omat sulakkeensa. Selektiivisyyden vuoksi pylväiden sulakekoko on 6 tai 10 A. Keskuksella on yleensä 16 A sulakkeet. Pylvään sulake tai johdonsuojakatkaisija mitoitetaan pylväässä sijaitsevien lamppujen syttymisvirtojen mukaan.

## 7.5 Kaapelien kuormitettavuus

Ylikuormitussuojien ja kaapeleiden määrittämisen jälkeen tarkistetaan kaapeleiden suurimmat sallitut kuormitukset eri asennustavoille. Standardin SFS 6000 kohdassa 523 on esitetty suurimmat jatkuvat virrat, joilla johtimia saa kuormittaa määrättyissä olosuhteissa.

Ratapihaympäristössä kaapelit asennetaan pääsääntöisesti maahan. Tällöin kyseessä on referenssiasennustapa D. Suunnittelussa huomioidaan myös muut asennustavat, joita kaapelireiteillä tulee vastaan. Maahan asennettuna kaapelit kestävät yleensä enemmän kuormitusta kuin muilla asennustavoilla.

Suunnittelussa tarkastellaan huonointa tapausta, joka ryhmäjohtoissa tulee vastaan. Jos esimerkiksi asennettavan kaapelin johtimen poikkipinta on  $10 \text{ mm}^2$  ja se asennetaan keskustilan puuseinän tai vastaavan pinnalle, mitoitetään kaapelin suurin sallittu kuormitus asennustavan C mukaan.

Taulukossa 7.6 on esitetty suurimpia sallittuja kuormituksia eri asennustavoilla PVC-eristetyille johtimille. Taulukon arvot on laskettu kolmelle tai kahdelle kuormitetulle johtimelle. Johtimen lämpötila on  $70 \text{ °C}$  ja ympäristön lämpötila  $25 \text{ °C}$  ilmassa sekä  $15 \text{ °C}$  maassa.

Taulukko 7.6. Kuormitettavuudet ampeereina asennustavoilla A, B, C ja D. PVC-eristeiset kupari- tai alumiini-johtimet. Johtimen lämpötila 70 °C. Ympäristön lämpötila 25 °C ilmassa, 15 °C maassa. /1/

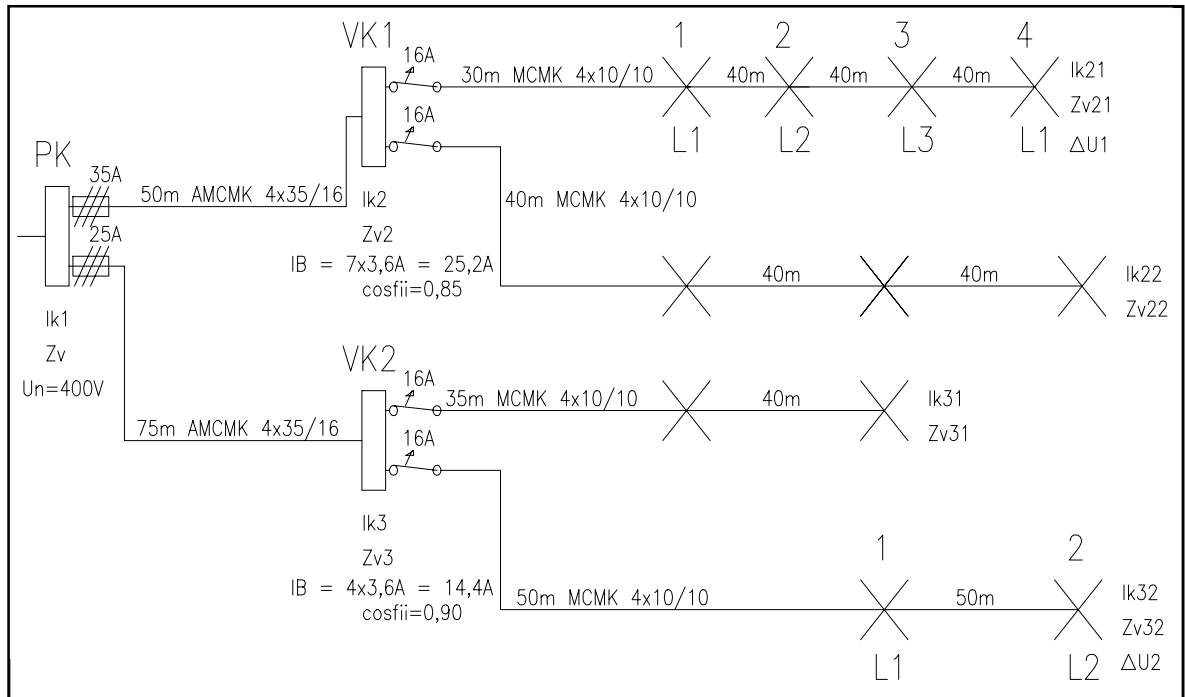
Johtimen nimellinen poikkipinta mm <sup>2</sup>	Taulukon A.52-1 mukainen referenssiasennustapa						
	A		B		C		D
	Kolme kuormitettua johdinta	Kaksi kuormitettua johdinta	Kolme kuormitettua johdinta	Kaksi kuormitettua johdinta	Kolme kuormitettua johdinta	Kaksi kuormitettua johdinta	Kolme kuormitettua johdinta
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Kupari</b>							
1,5	14	15	16	17,5	18,5	20	26
2,5	19	20	21	24	25	29	35
4	24	27	29	32	34	38	46
6	31	34	36	40	43	49	57
10	41	46	49	55	60	67	77
16	55	60	66	73	80	90	100
25	72	79	85	95	102	119	130
35	88	97	105	118	126	146	160
50	105		125		153		190
70	133		158		195		240
95	159		190		236		285
120	182		218		274		325
150	208		–		317		370
185	236		–		361		420
240	278		–		427		480
300	316		–		492		550
<b>Alumiini</b>							
16	43		51		62		78
25	56		66		77		100
35	69		82		95		125
50	83		97		117		150
70	104		123		148		185
95	125		147		180		220
120	143		170		209		255
150	164		–		240		280
185	187		–		274		330
240	219		–		323		375
300	257		–		372		430

Kuormitettavuuden arvot määritetään uudelleen, jos ympäristön lämpötila on jokin muu kuin 25 °C. Lisäksi jos ryhmissä on useita piirejä tai useita kaapeleita nipussa tai lähellä, kuormitettavuudet mitoitetaan uudelleen. Edellä mainituissa tapauksissa suurimmat sallitut kuormitettavuudet lasketaan uudelleen standardin SFS 6000 kohdan 523 liitteessä 52 A esitettyjen korjauskertoimien mukaan. /1/

## 7.6 Esimerkkilaskelma

Varmistetaan automaattinen syötön poiskytketyminen edellä mainittujen teorioiden perusteella. Käytetään esimerkkinä kuvassa 7.2 olevaa yksinkertaista verkkoa. Suunnittelija on tässä vaiheessa käyttänyt jotain valaistussuunnitteluohjelmaa kohteen valaisinmäärän mää-

rittämiseksi. Pääkeskuksen oikosulkuvirran arvo tiedetään  $I_{k1} = 1500\text{A}$ . Lamputyyppinä käytetään Philipsin 400 W suurpainenatriumia.



Kuva 7.2. Esimerkkikuva valaistusverkon rakenteesta. Kuvan merkintöjä käytetään laskennassa.

Koska valaistuskeskuksen valaisimien lukumäärä tiedetään, voidaan lamppujen syttymisvirrat katsoa taulukosta 7.5. Philips ilmoittaa 400 W natriumlampulle syttymisvirraksi 3,6 A. Näin keskuksen VK 1 kuormitusvirta on

$$7 \cdot 3,6 \text{ A} = 25,2 \text{ A}$$

Valitaan alustavasti sulakkeeksi gG 35 A.

Lasketaan seuraavaksi kaavalla (7.2) syöttävän verkon impedanssi  $Z_v$ :

$$Z_v = \frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 1500 \text{ A}} \approx 0,146 \Omega$$

Seuraavaksi voidaan määrittää VK1:n impedanssi  $Z_{v2}$  ja oikosulkuvirta  $I_{k2}$  kaavojen (7.1) ja (7.2) sekä taulukon 7.1 avulla:

$$Z_{v2} = 0,146 + 0,050 \text{ km} \cdot (1,089 + 1,418)\Omega \approx 0,271 \Omega$$

$$I_{k2} = \frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 0,271 \Omega} \approx 809,6 \text{ A}$$

35 A gG-sulakkeen vaadittu arvo on taulukon 7.3 mukaan 165 A, joten syötön automaattinen poiskytkentä on tältä osin kunnossa.

Lasketaan samalla tavalla impedanssin ja oikosulkuvirran arvot keskukselle VK2. Ryhmän kuormitusvirraksi saadaan 14,4 A. Valitaan keskuksen VK2 syöttökaapelin suojaksi 25 A gG selektiivisyyden saavuttamiseksi.

$$Z_{v3} = 0,146 + 0,075 \cdot (1,089 + 1,418)\Omega \approx 0,334 \Omega$$

$$I_{k3} = \frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 0,334 \Omega} \approx 656,9 \text{ A} > 110 \text{ A}$$

Seuraavaksi lasketaan oikosulkuvirrat keskuksien huonoimpien, eli kaukaisimpien ryhmien päässä. Aloitetaan keskukselta VK1. Kaapelin pituus keskuksen pisimmällä ryhmällä on 150 metriä. Katsotaan C 16 A johdonsuojakatkaisijalle vaadittu arvo taulukosta 7.2.

$$Z_{v21} = 0,271 + 2 \cdot 0,150 \cdot 2,246 \Omega \approx 0,945 \Omega$$

$$I_{k21} = \frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 0,945 \Omega} \approx 232,2 \text{ A} > 160 \text{ A}$$

Vastaava laskenta keskukselle VK2. Huonoin tilanne on ryhmässä, jossa on yhteensä 100 metriä kaapelia.

$$Z_{v32} = 0,334 + 2 \cdot 0,1 \cdot 2,246 \Omega \approx 0,783 \Omega$$

$$I_{k32} = \frac{0,95 \cdot 400 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 0,783 \Omega} \approx 280,2 \text{ A} > 160 \text{ A}$$



Keskuksien kaikkia ryhmiä ei lasketa erikseen, koska oikosulkuvirta tarkistetaan vain huonoimmasta pisteestä. Jos huonoimman pisteen arvot täyttävät vaatimukset, voidaan loput jättää tarkastamatta. Ryhmien viimeisien valaisimien oikosulkuvirrat merkitään kuitenkin piirustuksiin.

Vaaditut viiden sekunnin poiskytkentäajat toteutuvat siis esimerkkiverkossa. Seuraavaksi tarkistetaan jännitteenalenemat. Laskenta suoritetaan systemaattisesti pääkeskukselta lähtien. Lasketaan aluksi jännitteenalenema keskukselle VK1. Käytetään kaavoja (7.6) ja (7.8). Virran arvoksi asetetaan ryhmän maksimi syttymisvirta. Arvioidaan kuormituksen  $\cos\varphi$ -arvoksi 0,85.

$$\Delta U_{VK1} = 25,2 A \cdot 0,050 km \cdot \sqrt{3} \cdot (1,086 \cdot 0,85 + 0,083 \cdot 0,53) \approx 2,11 V$$

$$\Delta u_{VK1} = \frac{2,11 V}{400 V} \cdot 100 \% = 0,53 \%$$

Keskukselle VK2 voidaan laskea jännitteenalenema samalla tavalla. Oletetaan, että  $\cos\varphi$ -arvo on 0,90 ryhmän vähäisemmän valaisimäärän vuoksi.

$$\Delta U_{VK2} = 4 \cdot 3,6 A \cdot 0,075 km \cdot \sqrt{3} \cdot (1,086 \cdot 0,90 + 0,083 \cdot 0,44) \approx 1,90 V$$

$$\Delta u_{VK2} = \frac{1,90 V}{400 V} \cdot 100 \% = 0,48 \%$$

Lasketaan jännitteenalenema keskuksen VK1 kaukaisimpana sijaitsevalle pylväälle. Pisteeseen 1 jännitteenalenema lasketaan virran arvolla  $4 \cdot 3,6 A = 14,4 A$ . Lasketaan jännitteenalenemille arvot pisteisiin 1...4 kaavan (7.6) mukaan.

$$\Delta U_{piste1} = 2,11 V + 14,4 A \cdot 0,030 km \cdot \sqrt{3} \cdot (2,244 \cdot 0,85 + 0,094 \cdot 0,53) \approx 3,57 V$$

$$\Delta U_{piste2} = 3,57 V + 3 \cdot 3,6 A \cdot 0,04 km \cdot \sqrt{3} \cdot (2,244 \cdot 0,85 + 0,094 \cdot 0,53) \approx 5,03 V$$

$$\Delta U_{piste3} = 5,03 V + 2 \cdot 3,6 A \cdot 0,04 km \cdot \sqrt{3} \cdot (2,244 \cdot 0,85 + 0,094 \cdot 0,53) \approx 6,01 V$$

$$\Delta U_{piste4} = 6,01 V + 1 \cdot 3,6 A \cdot 0,04 km \cdot \sqrt{3} \cdot (2,244 \cdot 0,85 + 0,094 \cdot 0,53) \approx 6,50 V$$

$$= \Delta U1$$

Lasketaan tuloksien perusteella ryhmän viimeiselle valaisimelle ja samalla koko keskuksen huonoin suhteellinen jännitteenalenema  $\Delta u1$ :

$$\Delta u_1 = \frac{6,50 \text{ V}}{400 \text{ V}} \cdot 100 \% = 1,63 \%$$

Lasketaan samalla tavalla keskuksen VK2 kaukaisimman pisteen jännitteenalenema voltteina ja suhteellisena:

$$\Delta U_{\text{piste1}} = 1,90 \text{ V} + 2 \cdot 3,6 \text{ A} \cdot 0,05 \text{ km} \cdot \sqrt{3} \cdot (2,244 \cdot 0,90 + 0,094 \cdot 0,44) \approx 3,19 \text{ V}$$

$$\Delta U_{\text{piste2}} = 3,19 \text{ V} + 1 \cdot 3,6 \text{ A} \cdot 0,05 \text{ km} \cdot \sqrt{3} \cdot (2,244 \cdot 0,90 + 0,094 \cdot 0,44) \approx 3,83 \text{ V}$$

$$= \Delta U_2$$

$$\Delta u_2 = \frac{3,83 \text{ V}}{400 \text{ V}} \cdot 100 \% = 0,96 \%$$

Esimerkkikuvan verkko on siis riittävän hyvä. Oikosulkuvirrat ovat suojalaitteiden vaatimusten mukaiset ja jännitteenalenemat ovat vähemmän kuin  $\pm 6 \%$ . Laskentatulokset riittävät reilusti vaatimuksiin nähden, vaikka laskutapa onkin karkea.

Kohdassa 7.5 esitetyt kaapelien suurimmat sallitut kuormitettavuudet toteutuvat esimerkkilaskelmassa. Pahin tilanne kuormitettavuuksien kannalta on keskuksen VK1 syöttävä kaapeli sekä VK1:n pisimmän valaistusryhmän kaapeli. Kohdan 7.5 taulukosta 7.6 katsotaan kaapelien suurimmat sallitut jatkuvat kuormitukset seuraavasti:

AMCMK 4x35/16 kuormitusvirta 25,2 A, suurin sallittu 125 A.

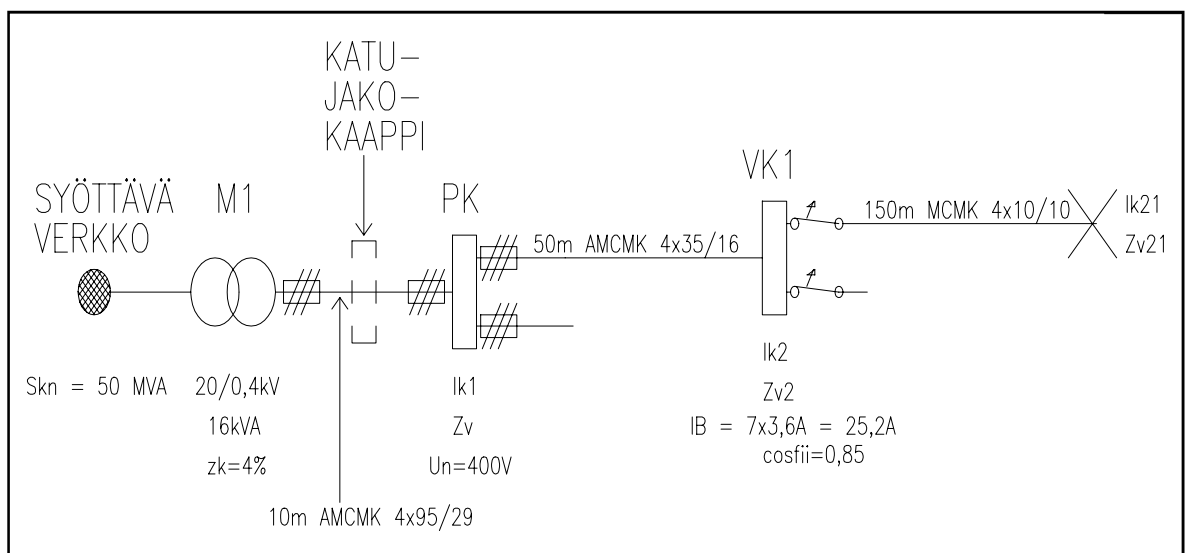
MCMK 4x10/10 kuormitusvirta 25,2 A, suurin sallittu 77 A.

Kaapeloinnit siis kestävät niille suunnitellut kuormitukset. Esimerkkilaskelmassa suurimmat sallitut kuormitettavuudet ovat niin paljon suuremmat, että korjauskertoimilla lasketut arvotkin täsmäävät varmasti.

## 7.7 Tarkan laskentamallin mukaan

Käytetään kohdassa 7.2 esitettyä laskentamallia oikosulkuvirran huonoimman arvon määrittämiseksi. Lisätään esimerkkikuvaan 7.2 laskentamallin vaatima muuntaja ja oletetaan suurjänniteverkon oikosulkutehoksi  $S_{kn} = 50 \text{ MVA}$ . Valitaan muuntajan nimellistehoksi 16 kVA.

Lisäksi muuntajan perään merkitään katujakokaappi. Muuntajalta pääkeskukselle PK oleva matka oletetaan lyhyeksi. Näin syöttökaapelin merkitys on pieni ja verkon ominaisuudet säilyvät lähes samanlaisina kuin kohdassa 7.5. Kuvassa 7.3 on esitetty esimerkkikuva valaistusverkon rakenteesta.



Kuva 7.3. Esimerkkikuva verkon rakenteesta, kun huomioidaan syöttävä muuntaja.

Muuntajan M1 arvot katsotaan kohdan 7.2 taulukosta 7.4. Korvataan kaavassa (7.5) olevat  $R_m$  ja  $X_m$  oikosulkuimpedanssiarvoilla, koska määritetään juuri oikosulkuvirtaa. Virhettä ei tällä yleistyksellä tule juurikaan.

$$r_k = 0,33125 = R_m$$

$$x_k = 0,22422 = X_m$$

Lasketaan seuraavaksi suurjänniteverkon reaktanssi  $X_n$  ja resistanssi  $R_n$  redusoituna pienjännitepuolelle:

$$X_n = \frac{1,1 \cdot U^2}{S_{kn}} = \frac{1,1 \cdot 0,4^2 (kV)^2}{50 MVA} \approx 0,00352 \Omega$$

$$R_n = 0,1 \cdot X_n = 0,1 \cdot 0,00352 = 0,000352 \Omega$$

Lasketaan seuraavaksi johtimien kokonaisresistanssi taulukon 7.1 arvoilla. Kaukaisimpaan pisteeseen on kaapeleita yhteensä 210 metriä.

$$\sum_i (r_i + r_{oi})l_i = (0,398 + 0,898) \cdot 0,010 + (1,086 + 1,415) \cdot 0,050 + (2 \cdot 2,244) \cdot 0,15$$

AMCMK 4x95/29                      AMCMK 4x35/16                      MCMK 4x10/10

$$\sum_i (r_i + r_{oi})l_i \approx 0,811 \Omega$$

Lasketaan johtimien kokonaisreaktanssi samalla tavalla:

$$\sum_i (x_i + x_{oi})l_i = (0,082 + 0,086) \cdot 0,010 + (0,083 + 0,09) \cdot 0,050 + (2 \cdot 0,094) \cdot 0,15$$

AMCMK 4x95/29                      AMCMK 4x35/16                      MCMK 4x10/10

$$\sum_i (x_i + x_{oi})l_i \approx 0,039 \Omega$$

Seuraavaksi syötetään edellä lasketut arvot kaavaan (7.5). Vaihejännitteen  $U_v$  arvo on 230 V, eli 0,23 kV. Lasketaan verkon pienin esiintyvä yksivaiheinen oikosulkuvirta:

$$I_k = \frac{0,23}{\sqrt{\left[\frac{2 \cdot 0,000352}{3} + 0,33125 + 0,811\right]^2 + \left[\frac{2 \cdot 0,00352}{3} + 0,22422 + 0,039\right]^2}} kA$$

$$I_k \approx 0,1961 kA = 196,1 A > 160 A, OK$$

Verrataan tulosta karkealla laskentamallilla saatuun tulokseen 232,2 A. On syytä huomioida kaapeleiden merkitys oikosulkuvirran pienenemiseen. Jos muuntajalta olisi pidempi matka pääkeskukselle, saataisiin tulokseksi vielä pienempi oikosulkuvirran arvo. Lisäksi muuntajan ominaisuuksien huomioiminen aiheuttaa eroa karkeaan laskentamalliin.

Kiinteistöihin tarkoitettulla laskentamallilla on saatava tulokseksi vaadittua arvoa suurempi. Tämän työn esimerkissä kiinteistöjen oikosulkuvirran laskentamallilla saadaan 18 % tarkkaa laskentamallia suurempi arvo. Ratapihojen valaistussuunnittelussa voidaan käyttää kiinteistöihin sovellettua laskentamallia, mutta laskentatuloksista on poistettava 18 % laskentavirheen vuoksi.

Tarkka laskentamalli on kuitenkin käytännön kannalta parempi ja varmempi vaihtoehto. Karkealla laskentamallilla voidaan laskea likiarvoja. Näin verkosta saadaan lähes todellinen arvio hyvin nopeastikin. Tämä voi olla hyödyksi esimerkiksi verkon muutostöiden yhteydessä.

## **7.8 Valaistuksen ohjauskaavio**

Valaistuksen ohjauskaavio suunniteltiin siten, että se soveltuu kaikille ratapihatyypeille. Ratapihan koon ja valaistuksen ohjaustarpeen perusteella ohjauskaaviosta voidaan jättää ylimääräisiä osia pois. Ohjauskaaviosta on esitetty mallikuva liitteessä 4.

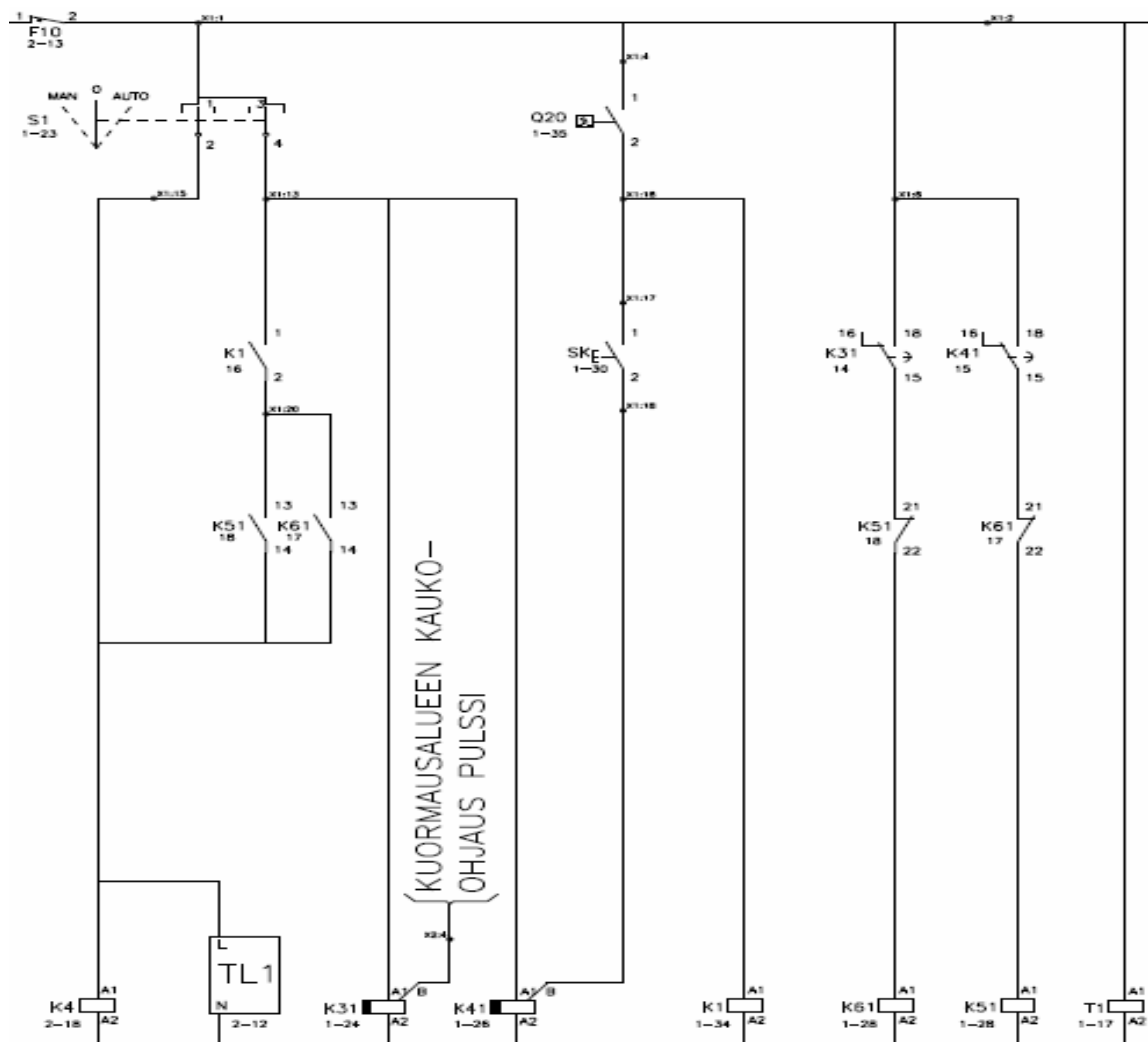
Ohjauskaavion suunnittelussa huomioitiin ulkovalaistuksen perusasioiden lisäksi kaukokäytön mahdollisuus, alueella olevat painonapit sekä ilkivaltaa ehkäisevä valaistuksen ohjaus. Ilkivaltaa ehkäistään ohjaamalla joitain valaistusryhmiä suoraan hämäräkytkimellä. Kaukokäytön vaadittu ohjauspulssi käytetyille päästöhidastetuille releille on +24 VDC ja pulssin kesto vähintään 30 ms.

Lisäksi tulokseksi tavoiteltiin mahdollisimman yksinkertaista ja helppolukuista valmista mallia. Myös ohjauskaavion helppo muokattavuus oli tavoitteena. Tästä syystä ohjauskaavio on jaettu eri lohkoihin.

## 7.9 Ohjauskaavion toimintaselostus

Ohjauskaavio on suunniteltu ohjaamaan yhteensä kuutta kolmivaiheista valaistusryhmää. Näistä ryhmiä 1 - 2 ohjataan painonapeilla (SK, SH) ja kauko-ohjauksella. Ryhmiä 3 - 5 ohjataan viikkokellokytkimellä (T1) ja kauko-ohjauksella. Ryhmää 6 ohjaa suoraan hämäräkytkin Q20, ja kauko-ohjaus ei vaikuta ryhmän toimintaan.

Hämäräkytkin Q20 vaikuttaa kaikkiin ryhmiin. Jos ei ole tarpeeksi hämärää, ei valaistusta voi kytkeä esimerkiksi kauko-ohjauksella. Hämäräkytkin ohjaa suoraan kontaktoria K1. Huoltokytkimen K-asento on ainoa keino ohittaa hämäräkytkin. Kuvassa 7.4 on esitetty hämäräkytkimen vaikutus kontaktoreihin K1 ja K4 sekä samalla ryhmän 1 toimintaan.



Kuva 7.4. Hämäräkytkimen Q20 vaikutus ryhmän 1 toimintaan. Huoltokytkimen AUTO-asennossa ryhmä kytkeytyy vasta tarpeeksi hämärällä. K-asennossa ryhmä pysyy kytkettynä.

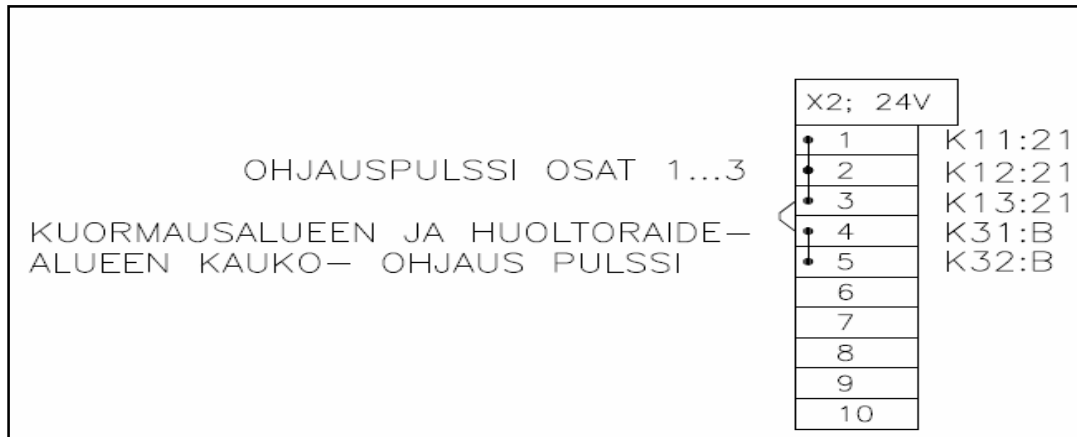
Huoltokytkimet S1...S6 ovat määrääviä valaistuslähtöjen tilaan. Jos huoltokytkin asetetaan 0-asentoon, ei ryhmää voida kytkeä kaukokäytöllä eikä kentän painonapeilla. Huoltokytkimien K-asennossa ei kyseistä ryhmää taas voi kytkeä pois muuta kautta.

Jokaiselle valaistusryhmälle tulee olla oma huoltokytkimensä /3/. Näin keskukseen tulee yhteensä kuusi huoltokytkintä. Valaistusryhmät ovat 1) kuormausalue, 2) huoltoraidealue, 3...5) viikkokellokytkimellä ohjattavat ryhmät ja 6) hämäräkytkimellä suoraan ohjattava ryhmä.

Kuormausalueen (Ryhmä 1) ohjaus on toteutettu releiden K31, K41, K51 ja K61 avulla. Releet K31 ja K41 ovat tyypiltään päästöhidastettuja aikareleitä, ja niiden päästöhidastusaika on esimerkiksi kaksi tuntia. Kun huoltokytkin S1 on AUTO-asennossa ja kaukokäytöltä tulee pulssi, vetävät releet K31 ja K61. Rele K61 avaa koskettimensa, ja kentän painonapeilla ei voida sammuttaa ryhmää. Kuormausalueen kontaktori K4 vetää, ja valaistusryhmä kytkeytyy. Ryhmä kytkeytyy pois automaattisesti releelle K31 asetetun ajan jälkeen.

Jos kuormausalueen valaistus ei ole kytkettynä ja painetaan kentällä olevaa painonappia, releet K41 ja K51 vetävät. Tällöin kauko-ohjauksella ei voida vaikuttaa valaistukseen. Releille K31 ja K41 on mahdollista suorittaa uudelleenasettelu sillä kytkentämenetelmällä, jolla valaistus on ensiksi kytketty.

Huoltoraidealueen (Ryhmä 2) ohjaus toimii samoin kuin kuormausalueen. Alueen ohjaukseen vaikuttavat releet K32, K42, K52 ja K62. Jos käytössä on molemmille alueille vain yksi kauko-ohjauksen pulssi, voidaan johtimet kytkeä yhteen riviliittimellä X2 kuvan 7.5 mukaisesti. Huoltoraidealueen kontaktori on K5.



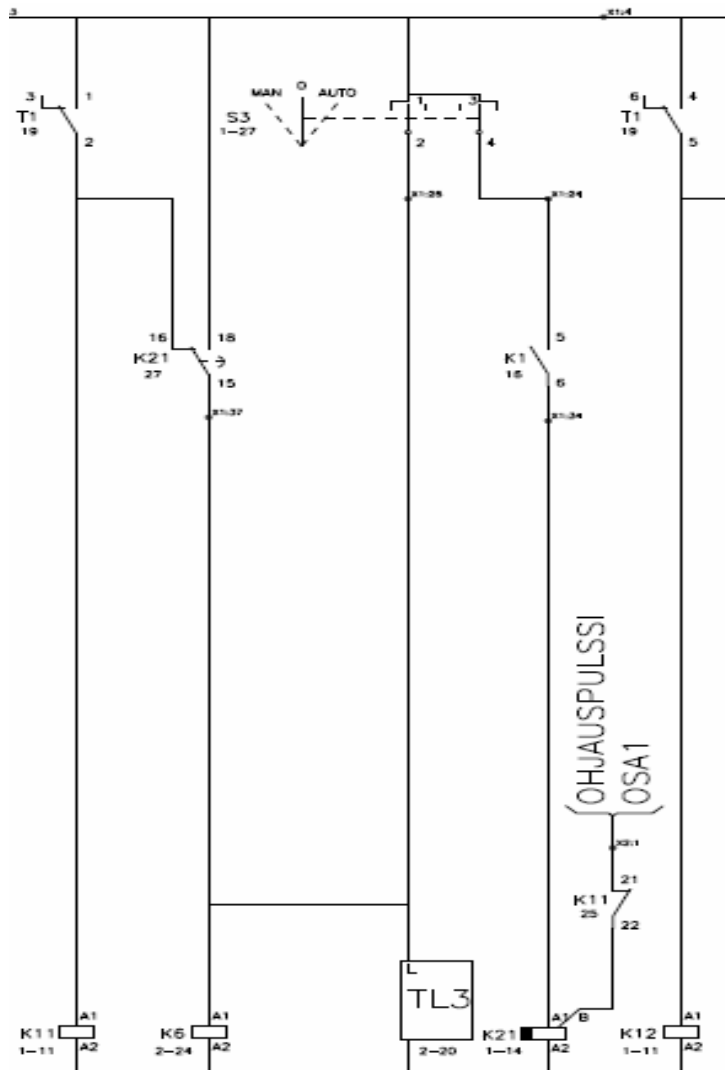
Kuva 7.5. Kauko-ohjauksen ohjauspulssijohtimien yhdistäminen riviliittimellä. Jos asennukselle on käytössä vain yksi kauko-ohjauksen pulssi, voidaan myös liittimet 3 ja 4 yhdistää toisiinsa. Tällöin ryhmät 1...5 toimivat yhdellä kauko-ohjauksen pulssilla.

Ryhmät 3...5 (OSA1...3) ovat monikanavaisen viikkokellokytkimen T1 avulla säädettävissä kohteen vaatimalla tavalla. Lisäksi ryhmiä voidaan ohjata kauko-ohjauksen pulsseilla. Viikkokellokytkimeen voidaan esimerkiksi asettaa juna-aikataulujen mukaisia valaistusryhmien sytytysaikoja. Ryhmien kontaktorit ovat K6...K8.

Jos ryhmän 3, 4 tai 5 valaistus on kytketty jo kellokytkimen ohjaamana, ei kauko-ohjauksen pulssi vaikuta ryhmän toimintaan millään tavoin. Monikanavainen viikkokello toimii ohjauksessa dominoivana komponenttina.

Kuvassa 7.6 on esitetty osa ryhmän 3 piirikaaviosta. Ryhmän ohjaus eroaa hieman kuormausalueen ja huoltoraidealueen kaaviosta viikkokellokytkimen vuoksi, mutta periaate säilyy samana. Kun huoltokytkin S3 on AUTO-asennossa ja hämäräkytkin on vetäneenä, kytkeytyy sähkö kontaktorille K6 joko viikkokellokytkimellä tai kauko-ohjauksella.



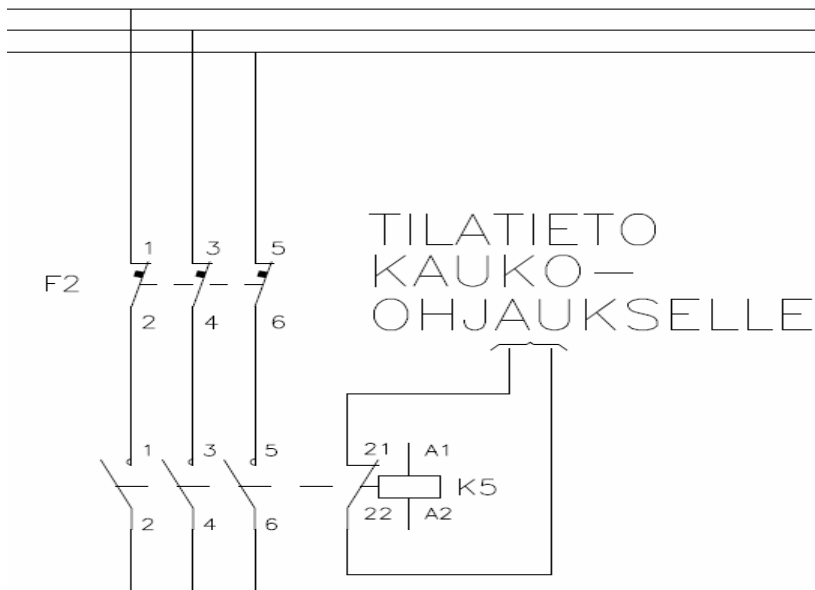


Kuva 7.6. Osa ryhmän 3 piirikaaviosta. Ryhmän kontaktoria K6 ohjataan joko viikkokellokytkimellä T1 tai kauko-ohjauksella päästöhidasteisen releen K21 avulla.

Ryhmässä 3 kauko-ohjauksen esto on toteutettu releen K11 avulla. Kauko-ohjauksen pulssi viedään päästöhidasteiselle releelle K21 releen K11 avautuvan koskettimen kautta. Toisaalta viikkokellokytkin kytkee sähkön kontaktorille K6 päästöhidasteisen releen K21 vaihtokoskettimen kautta. Näin viikkokellokytkin ja kauko-ohjaus toimivat itsenäisesti.

Kontaktoria K9 ohjaus tapahtuu suoraan hämäräkytkimellä (Ryhmä 9). Kauko-ohjaus tai ajastimet eivät vaikuta kontaktoria toimintaan. Ryhmä 9 on siis varattu ilkkivaltaa ehkäisevään valaistukseen.

Kontaktorien K4...K9 avautuvien koskettimien 21 ja 22 kautta saadaan valaistusryhmien tilatieto kaukokäytölle. Nollatilassa, eli kontaktorien lepotilassa, kauko-ohjaukseen tulee sähkö koskettimien kautta. Kuvassa 7.7 on esitetty tilatiedon johdottaminen kontaktorien avautuvilta koskettimilta.

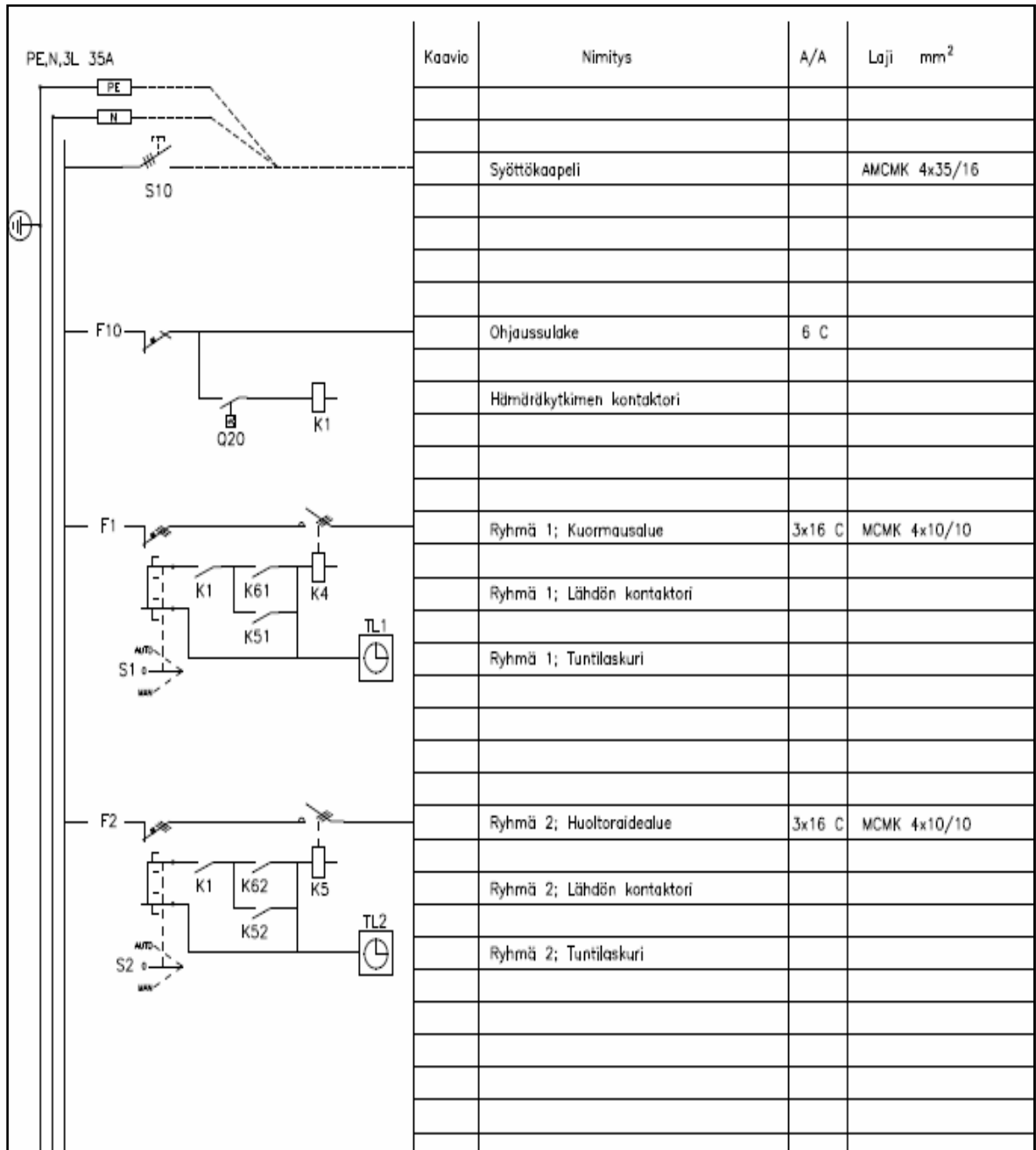


Kuva 7.7. Tilatiedon johdottaminen ryhmien kontaktoreilta.

Jokaiselle ryhmälle ovat omat tunti-laskurit (TL1...TL6) kuvassa 7.6 esitetyllä tavalla. Tuntilaskurille kytkeytyy sähkö aina samanaikaisesti ryhmän kontaktorin (K4...K9) kanssa. Näin valaisimien ryhmäkohtaiset polttoajat saadaan rekisteröityä tarkasti ja valaistushuoltojen ajankohdat määritettyä.

## 7.10 Valaistuskeskuksen keskuskaavio

Tässä työssä keskuskaavio laadittiin valaistuskeskuksesta. Kaavioon huomioitiin ohjauskaavioiden mukaiset komponentit. Keskuskaaviossa esitetään myös kontaktorien päävirtapiirit ja ohjaukset pääpiirteittäin. Muuten keskuskaavio on yleisien esitystapojen mukainen. Kuvassa 7.8 on esitetty keskuskaavion ensimmäinen sivu ja liitteessä 5 on keskuskaavion kokonainen malli.



Kuva 7.8. Keskuskaavion ensimmäinen sivu. Kaavio on sovellettu ratapihojen valaistuskeskuksiin, joten maadoituksia ei ole määritetty kuin keskuksen rungon osalta.

Liitteen 5 mukaista keskuskaaviota voidaan muokata tarpeen mukaan. Esimerkiksi valaistusryhmien väheneminen vaikuttaa suoraan myös keskuskaavioon. Maadoitukset on huomioitava käytännön sovelluksissa tarkasti. Jos kyseessä on muutostyö, niin vanhassa järjestelmässä voi syöttökaapelissa olla käytössä PEN-johdin. Tällöin riviliittimellä haaroitetaan PEN-johtimesta sekä rungon maadoitus- että ryhmien nollajohdin.

## **8 VALAISTUSMITTAUKSET RATAPIHALLA**

Työssä esiteltyjä valaistuksen vaatimuksia haluttiin tarkastella myös käytännön esimerkin avulla. Valaistusvoimakkuuksien mittaamisella saadaan vain yksi vaatimusten osa-alue tutkituksi, mutta valaistusvoimakkuudet olivat mittaamalla helpoin ja järkevin toteuttaa. Mittauksiin tarvittiin vain valaistusvoimakkuusmittari ja hieman suunnittelua.

Tavoitteena oli pohtia valaistukselle esitettyjen vaatimusten hyvyttä. Tarkoitus oli tehdä johtopäätöksiä, ovatko vaatimukset oikeansuuruiset. Silmämääräinen arviointi huomattiin kuitenkin hyväksi arviointitavaksi esimerkiksi valaistuksen lisäyksien kartoittamiseen. Käytännössä ratapihan henkilökunta ja alueella toimivat urakoitsijat osaavat sanoa, onko valaistus riittävä.

### **8.1 Yleistä kohteesta ja mittauksista**

Siilinjärven ratapihalla jokaisella tarkasteltavalla alueella valaistusvoimakkuuden vaatimuksena on 10 luksia. Vaadittu arvo on pieni, koska Siilinjärven ratapiha luokitellaan kokonsa puolesta pieneksi. Lisäksi liikennettä ratapihan eri alueilla on normaali määrä.

Talviaikaan suoritettut mittaukset eivät anna välttämättä tarkkaa kuvaa valaistuksen riittävyydestä, jos mittaustuloksiksi saadaan niukasti vaadittu arvo. Lumen pinta heijastaa valoa enemmän kuin esimerkiksi märän soran pinta syksyllä.

Mittauksia häiritsi hieman muutamat palaneet lamput. Tarvittaessa mittauspaikkaa siirrettiin ja mittauspisteiden määrää muutettiin. Mittauksia suoritettiin vain raiteiden läheisyydessä, missä valaistuksen tarve on suurin. Mittauksia ei siis suoritettu kauempana ratapihan ympäristössä.

Itse mittaukset suoritettiin niin sanottua turvamies-menetelmää (T-mies) käyttäen. Menetelmällä on mahdollista tehdä raiteella sellaista työtä, jossa ei puututa itse raiteen rakentamiseen millään tavalla. Menetelmässä T-mies vain katsoo molempiin suuntiin ja antaa äänimerkin, jos juna tulee näkyviin. Raiteella olevat henkilöt suuntaavat välittömästi turva-alueelle äänimerkin kuultuaan.

Mittaukset suoritettiin 3.2.2010 noin kello 17.00 alkaen ja pakkasta oli noin 5 astetta. Mittausten alkuvaiheessa oli vähäistä lumisadetta, mutta se ei häirinnyt mittauksia.

## 8.2 Käytetyt mittalaitteet

Valaistusvoimakkuudet mitattiin kuvan 8.1 mukaisella mittarilla. Mittarin valmistaja on CEM ja mittarin tyyppi on DT-1308. Mittarin mitta-alue on 0...400 000 luksia. Mittarin mukana on kätevä säilytyspussi, joka voidaan kiinnittää myös vyölle. Anturin oikeaan korkeuteen asettelussa apuna käytettiin kuvassa 8.1 näkyvää muoviputkea.



Kuva 8.1. Mittauksissa käytetty valaistusvoimakkuusmittari DT-1308.

Mittaustulokset otettiin 80 cm korkeudelta maanpinnasta. Toisin sanoen alueen työtaso asetettiin 80 cm:iin. RHK:n ohjeissa ei oteta kantaa mittauskorkeuteen, mutta sopiva mitta mietittiin käytännön kannalta.

Alueen käyttötarkoituksesta riippumatta ei ole järkevää mitata valaistusvoimakkuuksia maanpinnan tasalta. Raiteilla tehtävissä kaluston huolloissa tarvitaan valaistusta hieman korkeammalle. Poikkeuksena on itse rataa tehtävät huollot, kuten vaihteiden puhdistukset. Tähän nykyinen valaistus on kuitenkin riittävä.

Mittauksien alkuvaiheessa näytti siltä, että valaistusvoimakkuudet ovat liian pienet. Keskiarvomenetelmällä lasketut valaistusvoimakkuudet ovat kuitenkin jo lähempänä vaadittuja arvoja. Silmämääräisesti arvioituna valaistus ratapihalla oli riittävän hyvä sen eri alueiden käyttötarkoituksiin nähden.

### 8.3 Ratapihan luokittelu

Ratapihan luokittelua pohdittiin Proxionin asiantuntijoiden kanssa. Siilinjärven ratapihan raiteiden lukumäärästä ja liikenteen vilkkaudesta päätellen määritetään luokituksiksi ”*pieni ratapiha*”. Valaistusvaatimukset katsotaan alueittain tämän määrittelyn mukaan.

Ratapiha on valaistusmittauksien kannalta juuri sopiva kohde. Vaikka ratapihan koko on pieni, sisältyy siihen riittävän monta eri aluetta. Ratapihan eri alueet ovat:

- Matkustaja-alue
- Kuormausraidealue
- Seisonta- ja huoltoraidealue sekä vaihtotyöalue.

Lisäksi järjestelyratapihojen vaadittuja valaistusvoimakkuustasoja sovelletaan lähtö- ja tulo- raiteiden vaihdealueisiin.

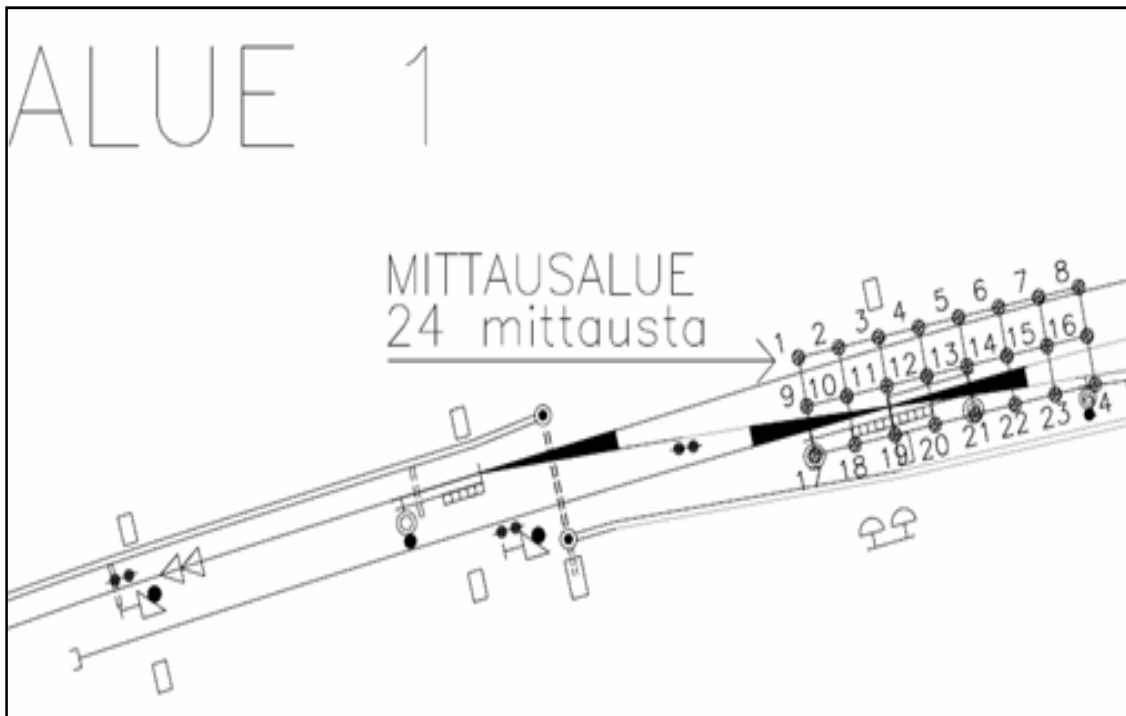
Yllä olevista alueista jokaiselta otettiin mittaustuloksia pistemenetelmän mukaisesti. RHK:n vaatimuksissa suurin sallittu pisteiden välinen etäisyys on viisi metriä, joten se valittiin suoraan mittauspisteiden etäisyydeksi.

Lähtö- ja tulo- raidealueilta mitattiin valaistusvoimakkuudet erikseen. Tässä työssä lähtöraiteiden vaihdealueella tarkoitetaan Siilinjärveltä Iisalmeen päin olevaa vaihdealuetta. Tulo- raiteiden vaihdealue tarkoittaa Siilinjärveltä Kuopioon päin olevaa vaihdealuetta.

## 8.4 Mittaustulokset

### 8.4.1 Vaihdealueet

Vaihdealueelta Iisalmeen päin otettiin mittaustuloksia kuvan 8.2 mukaisesti. Mittauspisteiden numeroiden mukaiset mittaustulokset on esitetty taulukossa 8.1. Mittaustuloksista huomataan, että valaistusvoimakkuudet eivät ole vaatimusten mukaiset. Voidaan olettaa, että syksyllä mitatut arvot voivat olla vieläkin pienemmät maanpinnan huonojen heijastusominaisuuksien vuoksi.



Kuva 8.2. Siilinjärveltä Iisalmeen päin olevan lähtöraidealueen vaihteiden mittauspisteet.

Taulukko 8.1. Siilinjärveltä Iisalmeen päin olevan lähtöraidealueen vaihteiden mittaustulokset.

Piste	Lux	Piste	Lux	Piste	Lux
1	1,0	11	7,6	21	19,2
2	2,3	12	7,0	22	14,0
3	3,6	13	4,1	23	8,4
4	2,0	14	10,0	24	6,0
5	3,7	15	5,5	$E_m/lux$	6,7
6	3,6	16	1,5	Vaadittu	10
7	2,0	17	5,5		
8	2,3	18	7,5		
9	2,6	19	18,0		
10	5,2	20	17,5		

Taulukon 8.1 mittaustulosten perusteella keskimääräinen valaistusvoimakkuus on vaaditusta arvosta reilusti pienempi. Mittaustulokset vaihtelevat 1 luksista 19,2 luksiin. Tulosten perusteella valaistuksen tasaisuus on huono. Lasketaan valaistuksen tasaisuuden arvot kohdan 4.1.2 mukaisesti:

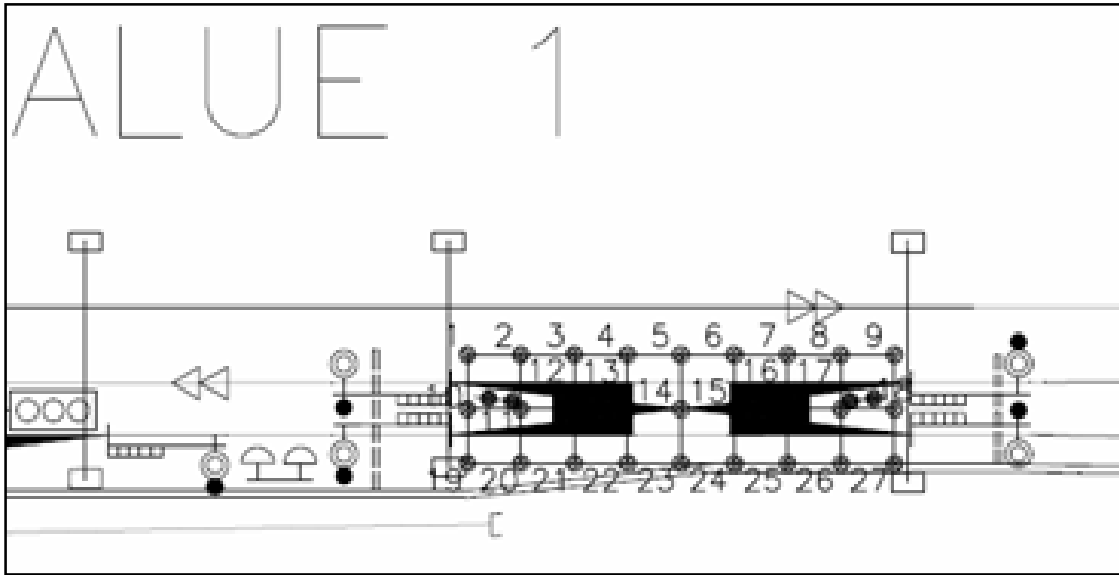
$$U_o \min/av = 1,0 \text{ lux}/6,7 \text{ lux} \approx 0,15 \text{ (vaadittu } 0,4) \quad (8.1)$$

$$U_d \max/\min = 19,2 \text{ lux}/1 \text{ lux} = 19,2 \text{ (vaadittu } 5) \quad (8.2)$$

Alueen huoltotyöt, esimerkiksi vaihteiden puhdistamiset, voivat joissain kohdissa hankaloitua huonon valaistuksen tasaisuuden vuoksi. Vaatimuksissa esiintyvä keskimääräinen valaistusvoimakkuuden arvo kuitenkin lähes saavutetaan, jos reuna-alueiden pienimmät valaistuvoimakkuudet jätetään huomioimatta.

Kuvassa 8.3 näkyvät toteutetut mittauspisteet vaihdealueella Siilinjärveltä Kuopioon päin. Mittaustulokset on esitetty taulukossa 8.2.





Kuva 8.3. Siilinjärveltä Kuopioon päin olevan tuloaidealueen vaihteiden mittauspisteet.

Taulukko 8.2. Siilinjärveltä Kuopioon päin olevan tuloaidealueen vaihteiden mittaustulokset.

Piste	Lux	Piste	Lux	Piste	Lux
1	5,6	11	8,3	21	3,0
2	6,3	12	4,2	22	2,3
3	4,6	13	5,0	23	1,9
4	3,8	14	5,1	24	3,4
5	4,2	15	5,4	25	5,1
6	4,2	16	10,9	26	9,3
7	5,7	17	12,0	27	12,9
8	9,2	18	15,8	$E_m/lux$	6,4
9	10,9	19	7,6	Vaadittu	10
10	6,6	20	4,3		

Kuten Iisalmeen päin olevalla lähtövaihdealueella, myös tällä alueella mitatut arvot ovat pienemmät kuin vaaditut. Silmämääräisesti arvioiden alueella on kuitenkin riittävä valaistus.

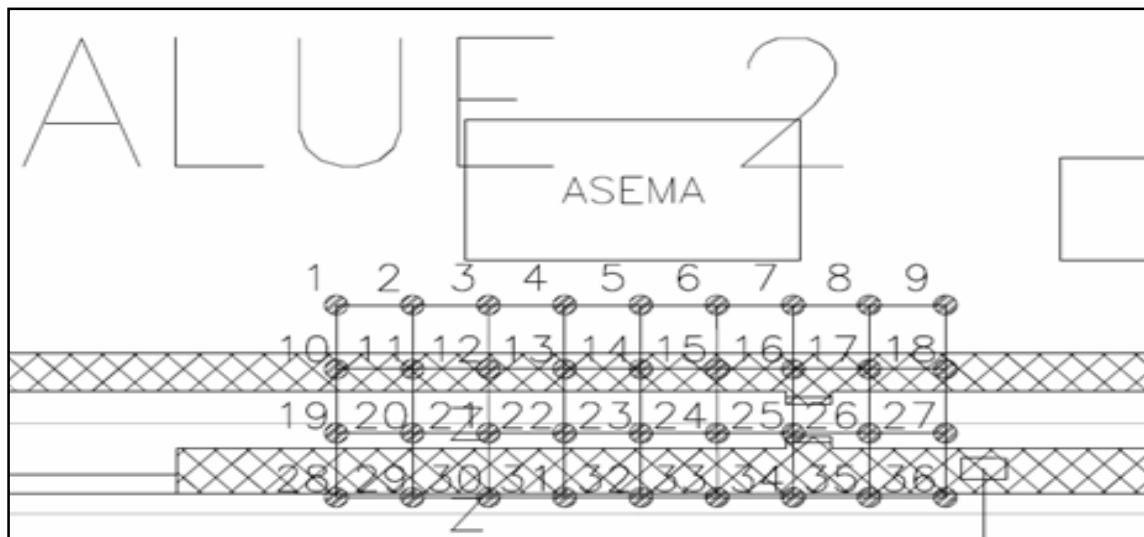
Vaadituista arvoista jäädyään kuitenkin reilusti. Valaistuksen tasaisuus on myös tällä alueella huono. Lasketaan valaistuksen tasaisuus kohdan 4.1.2 mukaisesti:

$$U_o \min/av = 1,9 \text{ lux}/6,4 \text{ lux} \approx 0,3 \text{ (vaadittu } 0,4) \quad (8.3)$$

$$U_d \max/\min = 15,8 \text{ lux}/1,9 \text{ lux} \approx 8,3 \text{ (vaadittu } 5) \quad (8.4)$$

#### 8.4.2 Matkustaja-alue

Alueelta otettiin mittaustuloksia kuvan 8.4 osoittamista kohdista. Tavoitteena oli mitata tuloksia sekä laiturin- että matkustaja-alueen raiteen kohdalta. Tarkoituksena oli tutkia, onko matkustaja-alueen valaistus riittävä takaamaan matkustajien turvallisen liikkumisen. Mittaustulokset on esitetty taulukossa 8.3.



Kuva 8.4. Matkustaja- alueen mittauspisteet.

Taulukko 8.3. Matkustaja- alueen mittaustulokset.

Piste	Lux	Piste	Lux	Piste	Lux	Piste	Lux
1	7,9	11	9,1	21	8,1	31	8,6
2	6,7	12	8,6	22	7,8	32	10,0
3	6,0	13	9,5	23	8,8	33	10,4
4	9,3	14	11,0	24	9,4	34	11,6
5	11,3	15	11,2	25	10,3	35	14,3
6	9,0	16	15,1	26	16,8	36	13,8
7	9,1	17	16,0	27	19,6	$E_m/\text{lux}$	11,1
8	9,9	18	18,2	28	11,7	Vaadittu	10
9	13,3	19	13,9	29	10,0		
10	13,4	20	11,2	30	8,8		

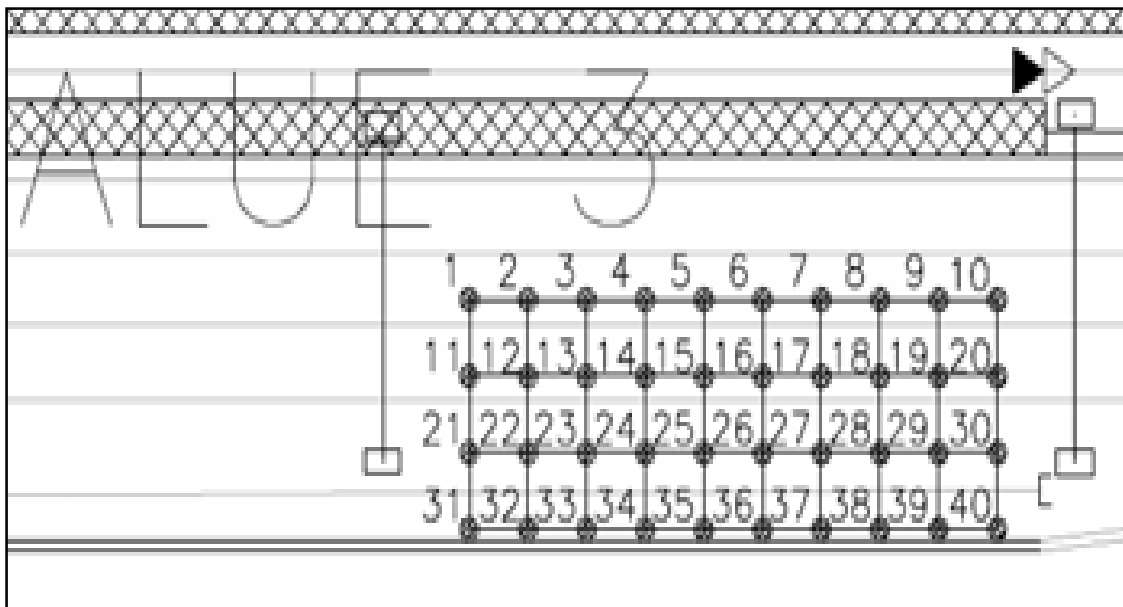
Taulukon 8.3 mittaustuloksista huomataan, että matkustaja-alueen valaistukseen on panostettu oikealla tavalla. Alueen parempi valaistuksen taso huomattiin jo silmämääräisesti ja mittaukset vahvistavat asian. Valaistuksen tasaisuus oli myös havaittavissa. Hämäriä kohtia alueella ei ollut havaittavissa lähes ollenkaan. Valaistuksen tasaisuudelle voidaan laskea arvot:

$$U_o \min/av = 6,0 \text{ lux}/11,1 \text{ lux} \approx 0,54 \text{ (vaadittu } 0,25) \quad (8.5)$$

$$U_d \max/\min = 19,6 \text{ lux}/6,0 \text{ lux} \approx 3,3 \text{ (vaadittu } 8) \quad (8.6)$$

#### 8.4.3 Kuormausraidealue

Alueen mittauspisteet asetettiin kuvan 8.5 mukaisesti. Mittaustuloksia otettiin alueen käyttötarkoitusta silmällä pitäen. Koska alueella tapahtuu vaunujen kuormausta, on alueella sen seurauksena myös muitakin työkoneita. Työkoneissa itsessään on usein työvalot, mutta alueella on tärkeää olla hyvätasoinen perusvalaistus. Alueelle oli asennettu valonheittämiä lisävalaistukseksi, mutta niitä ei saatu kytkettyä palamaan.



Kuva 8.5. Kuormausraidealueen mittauspisteet.

Kuvan 8.5 mittauspisteistä saimme taulukon 8.4 mukaiset tulokset. Mittaustulokset olisivat olleet vieläkin paremmat, jos edellä mainitut lisävalaistukset olisi saatu päälle. Mittaustuloksista voidaan päätellä, että valaistusvoimakkuudet ovat keskimäärin vaaditun suuruiset.

Taulukko 8.4. Kuormausraidealueen mittaustulokset.

Piste	Lux	Piste	Lux	Piste	Lux	Piste	Lux	
1	28,8	11	25,7	21	21,7	31	20,8	
2	27,7	12	31,3	22	26,7	32	23,6	
3	24,8	13	23,5	23	21,5	33	23,1	
4	13,5	14	14,5	24	13,8	34	10,3	
5	10,0	15	11,2	25	12,0	35	11,7	
6	9,9	16	10,8	26	10,3	36	6,8	
7	5,4	17	5,5	27	5,4	37	4,5	
8	5,4	18	5,3	28	4,6	38	3,1	
9	7,6	19	6,8	29	5,8	39	3,0	
10	10,5	20	10,0	30	9,0	40	5,5	
							$E_m/\text{lux}$	13,3
							Vaadittu	10

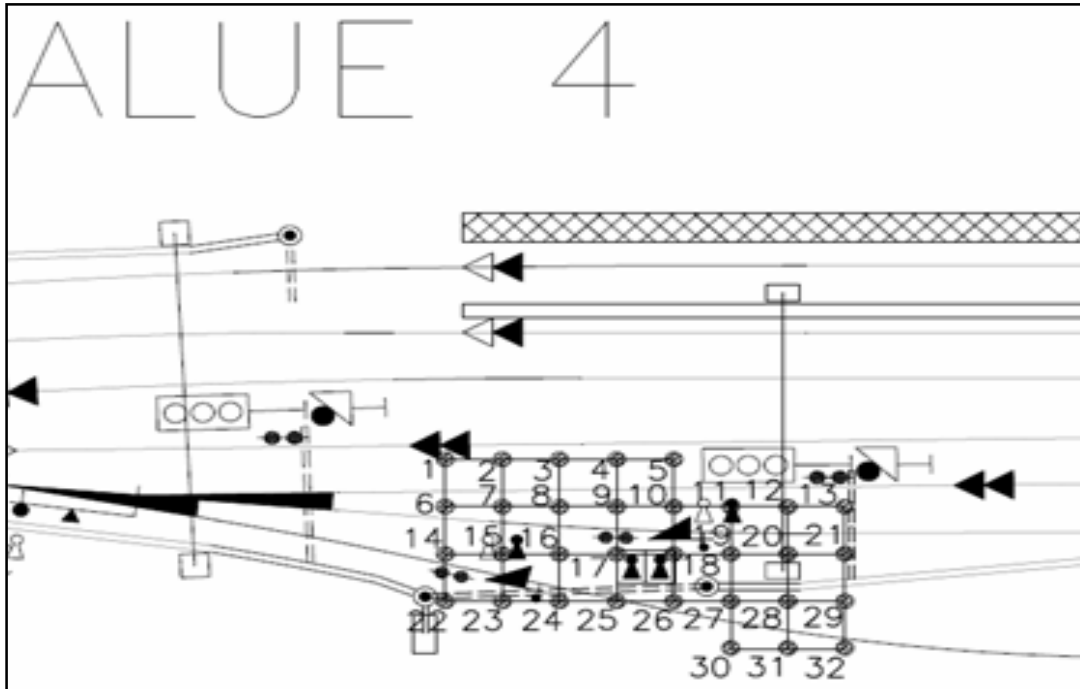
Valaistuksen tasaisuus voisi olla kuitenkin parempi alueen käyttötarkoituksen vuoksi. Silmämääräisesti alueella oli havaittavissa hämärämpiä kohtia. Tasaisuudelle voidaan laskea arvot:

$$U_o \text{ min/av} = 3,0 \text{ lux}/13,3 \text{ lux} \approx 0,23 \text{ (vaadittu } 0,25) \quad (8.7)$$

$$U_d \text{ max/min} = 31,3 \text{ lux}/3,0 \text{ lux} \approx 10,4 \text{ (vaadittu } 8) \quad (8.8)$$

#### 8.4.4 Seisonta- ja huoltoraidealue sekä vaihtotyöalue

Mittauspisteitä alueelle asetettiin kuvan 8.6 mukaisesti. Alueen seisontaraiteilla oli joitakin vaunuja ja mittaustuloksia jouduttiin ottamaan eri kohdista vaunujen aiheuttamien varjojen vuoksi. Mittaustulokset on esitetty taulukossa 8.5.



Kuva 8.6. Seisonta- ja huoltoraidealueen sekä vaihtotyöalueen mittauspisteet.

Taulukko 8.5. Seisonta- ja huoltoraidealueen sekä vaihtotyöalueen mittaustulokset.

Piste	Lux	Piste	Lux	Piste	Lux	Piste	Lux
1	7,7	11	13,3	21	14,4	31	10,2
2	7,8	12	16,4	22	4,5	32	12,2
3	10	13	17	23	5,6	$E_m/lux$	10,75
4	12,7	14	4,5	24	5,7	Vaadittu	10
5	15,8	15	6,5	25	8,5		
6	6,5	16	7,3	26	12,5		
7	7	17	14	27	10,2		
8	9,4	18	14,6	28	11,3		
9	11,7	19	14,6	29	11,9		
10	16,2	20	13,3	30	10,7		

Alueen valaistus on mittaustulosten perusteella riittävä. Valaistuksen tasaisuus riittää vau-  
nujen säilytystarkoitukseen, mutta ei tarkkaan huoltotyöhön. Ehkä alueen valaistus on  
suunniteltu siten, että mahdolliset huoltotyöt tapahtuvat aina jollain tietyllä hyvin valaistul-  
la kohdalla. Lasketaan lopuksi valaistuksen tasaisuuksille arvot:

$$U_o \min/av = 4,5 \text{ lux}/17,0 \text{ lux} \approx 0,26 \text{ (vaadittu } 0,25) \quad (8.9)$$

$$U_d \max/\min = 17,0 \text{ lux}/4,5 \text{ lux} \approx 3,8 \text{ (vaadittu } 8) \quad (8.10)$$

## 8.5 Virheen arvio

Mittarin käyttöohjeessa on mainittu mahdollinen  $\pm 5 \%$ :n virhe mittaustuloksissa. Valaisusmittareiden valmistajien verkkosivuilla on myös maininta kylmän kelin aiheuttamasta virheestä anturin toiminnassa. Lisäksi mittaustilanteessa virhettä voi syntyä anturin väärästä asennosta, mittaajan tuottamasta varjosta tai mittaajan vaatetuksesta. Kokonaisvirheeksi voidaan arvioida edellä lueteltujen perusteella  $\pm 6 \%$ .

Suurimpaan virheeseen päästään kuormausraidealueen mittaustuloksilla. Jos lasketaan edellä mainitun  $6 \%$ :n mukaan suurin virhe mittaustuloksiin, saadaan

$$Virhe_{max} = \pm 0,06 \cdot 13,3 \text{ lux} = \pm 0,80 \text{ lux} \quad (8.11)$$

Virhe ei siis vaikuta mittaustuloksiin paljoa. Alueilla, joissa vaatimukset täyttyvät edellä olevien mittaustulosten perusteella, toteutuvat vaatimukset vielä virheen huomioimisen jälkeenkin. Alueilla, joissa on huono keskimääräinen valaistusvoimakkuus, ei myöskään tule merkittävää muutosta tuloksiin.

## 8.6 Yhteenveto mittauksista

Siilinjärven ratapihan valaistus on kohtalaisen hyvä. Tulevaisuudessa on syytä kuitenkin kiinnittää huomiota valaistuksen tasaisuuteen. Mittausten perusteella eri alueilla oli suurta eroa valaistusvoimakkuuksien kesken. Valaistuksen tasaisuus vaikuttaa työskentelyn turvallisuuteen ja hyvällä valaistuksen tasaisuudella varmistetaan alueella käyttötarkoituksen mukainen toiminta.

Valaisimien ikä ja likaantuminen vaikuttavat suoraan valaistusvoimakkuuksiin. Vanhojen valaisimien kunnostamista tai uusimista on syytä harkita. Myös valaisimien lisääminen parantaisi ratapihan valaistusta. Tällä hetkellä valaisimien määrä on sellainen, että yhden-

kin valaisimen vioittuminen heikentää alueen kokonaistilannetta radikaalisti. Tämä tulee esille varsinkin lähtö- ja tuloaiteiden vaihdealueilla.

Matkustaja-alueen ja kuormausalueen valaistukset ovat kuitenkin selvästi paremmat kuin etukäteen arvioituna. Kuormausalueelle lisätyt valaisimet parantavat valaistustasoa, vaikka niiden kytkeminen onkin toteutettu hankalasti.

Valaistuksen energiataloudellisuus on nykyisin yhä merkittävämpää. Tämä on huomioitava valaistuksen suunnitteluvaiheessa sekä valaistushuoltojen määrittämisessä. Tässä työssä saatujen mittaustulosten perusteella on mahdollista suunnitella lisävalaistusta ratapihalle tai kartoittaa valaisimien uudistamisen tarve.

Oikean mittauspisteverkon luominen voi olla käytännössä hankalaa. Valaistukset toteutetaan optimaalisella valaisimien määrällä ja mahdollisimman hyvällä energiatehokkuudella. Tämä voi kuitenkin johtaa alueen epätasaiseen valaistukseen ja mittaustulokset heittelevät paljon pienienkin etäisyyksien sisällä.

RHK:n julkaisussa ”*Rautatiealueen valaistusvaatimukset*” esitetyt valaistusvaatimukset on mittaustulosten perusteella asetettu hyvin. Ongelmana tosin on eri alueen valaistusvaatimusten määrittäminen useiden taulukkojen perusteella. Onkin syytä miettiä, voiko vaatimuksia yleistää hieman. Vaatimukset soveltuvat hyvin pienille ratapihoille, mutta selkeyttä vaatimukseen tulisi saada.

Ratapihojen valaistuksia tarkasteltaessa on huomioitava eri alueiden käyttötarkoituksia erittäin huolellisesti. Joillain alueilla epätasainen valaistus ei ole haitaksi, mutta tasaisuutta vaaditaan, jos alueella tehdään tarkempaa työtä. Siilinjärven ratapihan valaistuksen taso olisi hyvä mitata myös syksyllä, jolloin lumi ei ole vaikuttamassa mittaustuloksiin.

## 9 VALAISTUSSUUNNITTELUOHJELMIEN VERTAILU

Valaistussuunnitteluohjelmien vertailussa huomioitiin niiden soveltuvuus juuri ratapihojen valaistussuunnitteluun, ohjelmien helppous ja monipuolisuus sekä ulos saatavan datan laatu. Ulos saatava data tarkoittaa ohjelmasta esimerkiksi CADSiin siirrettävää DWG-kuvaa, jossa näkyy valaistussuunnitteluohjelmalla suunnitellut valaisimet. Ulos saatava data tarkoittaa myös ohjelmien omaa raporttia valaistussuunnittelusta.

Raporteissa esitetään yleensä valaisimien sijoitukset pohjakuviin, valaistusvoimakkuuskäyrästöt ja tiedot käytetyistä valaisimista valaisinluetteloina. Monista ohjelmista saa vielä enemmänkin dataa, mutta tähän työhön edellä mainitut ovat tärkeimpiä.

Monissa ohjelmissa on valmiita objektien rakenteita, joihin voidaan valaistuslaskentaa suorittaa esimerkiksi objektin eri pintoja tarkkailemalla. Ratapihaympäristössä paras tapa on käyttää pohjakuvaa 1:1000, koska muut ratapihan järjestelmät on suunniteltu juuri tällaiselle pohjalle. Näin voidaan käyttää valaistussuunnitteluun sellaista pohjakuvaa, jossa jo suoraan näkyvät muiden järjestelmien johtokanavat ja kaapelireitit. Tämä helpottaa valaisinsijoitusten suunnittelua ja kaapelointireittien toteutuminen nähdään suoraan.

Monilla valaisinvalmistajilla on oma valaistussuunnitteluohjelmansa. Verkkoselailun tuloksena huomattiin kuitenkin Dialuxin ja Calculuxin nousevan ehdottomasti yleisimmiksi valaisinvalmistajien suosimiksi ohjelmiksi. Mikä parasta, myös RHK on hyväksynyt ainakin nämä kaksi valaistussuunnitteluohjelmaa valaistuslaskentaan. /3/

### 9.1 Dialux 4.7

Valaistussuunnitteluohjelmien vertailu aloitettiin Dialux 4.7 -ohjelman testauksella. Ohjelmasta näyttäisi tulevan uusia versioita markkinoille usein. Itse ohjelma on ladattavissa ilmaiseksi Internetistä. Ohjelmasta voi olla jo uusi versio saatavilla, mutta RHK:n vaatimuksena on vähintään Dialux 4.5 -versio. Joten testattu versio on hieman uudempi. /3/



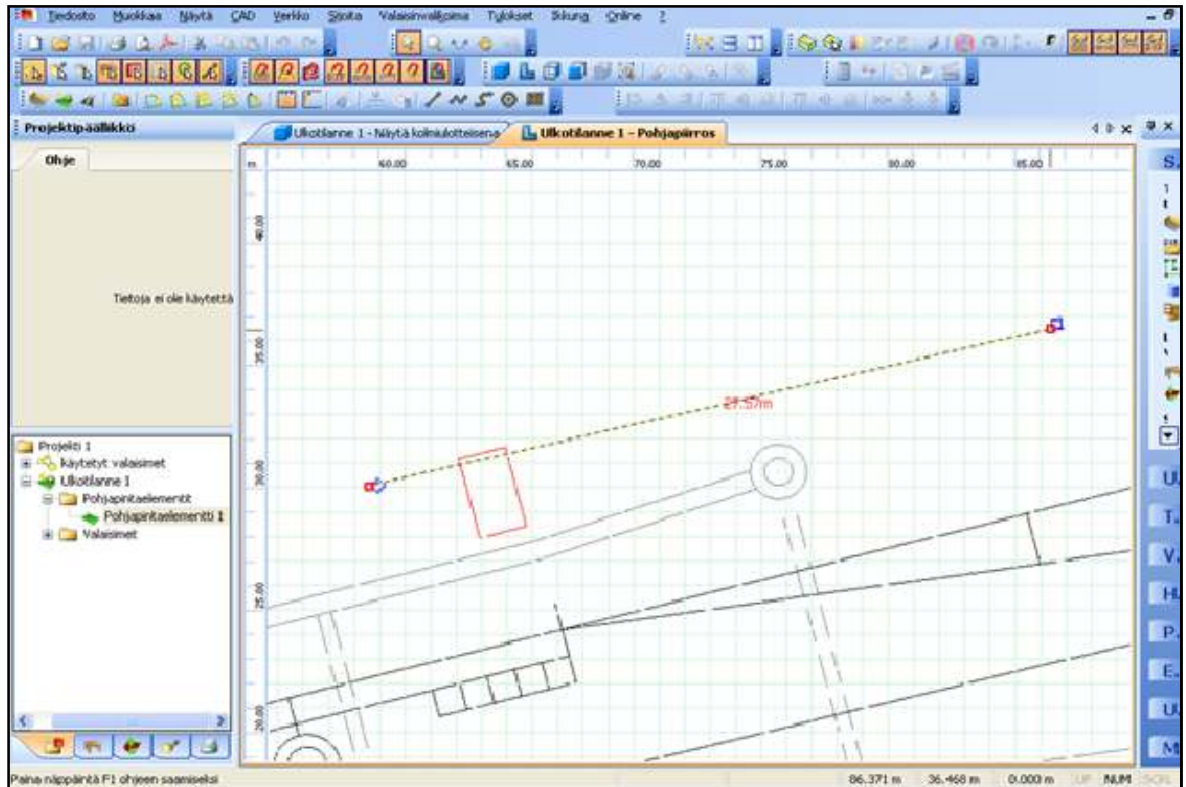
Jo ohjelman asennusvaiheessa voi huomata Dialuxin kätevyuden. Dialuxin asennusohjelma kysyy, mitä kieliä käyttäjä haluaa asentaa. Eri kielivaihtoehtoja on hyvin tarjolla. Lisäksi asennusvaiheessa voidaan määrittää, tuleeko ohjelma pääsääntöisesti ulko- vai sisätilojen valaistussuunnitteluun. Jos esimerkiksi sisätilan kalusteet jätetään asentamatta ohjelmaan ja valitaan vain yksi tai kaksi eri kieltä, vie ohjelma paljon vähemmän tilaa verrattuna vakioasetuksiin. Myös itse asentaminen nopeutuu huomattavasti.

Testaus aloitettiin luomalla uusi ulkoprojekti Dialux-ohjeen mukaan. Pohjaelementin määrittäminen osoittautui ongelmalliseksi. Ohjelmassa vakiona olevat pohjaelementit tuntuivat aluksi ratapihaympäristöön soveltumattomilta. Elementeille on kuitenkin mahdollista asettaa yksityiskohtaisia arvoja, esimerkiksi pintojen heijastusprosentit.

Kohteeseen määritettiin karkeasti valaistusvoimakkuuksien vaatimukset. Kohde luokiteltiin pieneksi ratapihaksi, johon sisältyy matkustaja-alueita ja kuormausalueita. Molemmille alueille keskimääräiseksi valaistusvoimakkuudeksi valittiin 20 lux. Suunnittelussa tulisi huomioida vielä mahdolliset laituripolut, mutta tähän testaukseen riittää edellä luetellut yksityiskohdat.

Seuraavana kohtana projektiin lisättiin Proxionin toimittama ratapihan pohjakuva. Tämä onnistui Dialuxin avustaja-valikon kautta. Kuvan oikeiden mittasuhteiden asettaminen huomattiin hankalaksi. Dialuxista ei löydy omaa mittasuhteivalikkoa, joten DWG-muotoinen kuva joudutaan skaalaamaan esimerkiksi CADSilla oikeankokoiseksi.

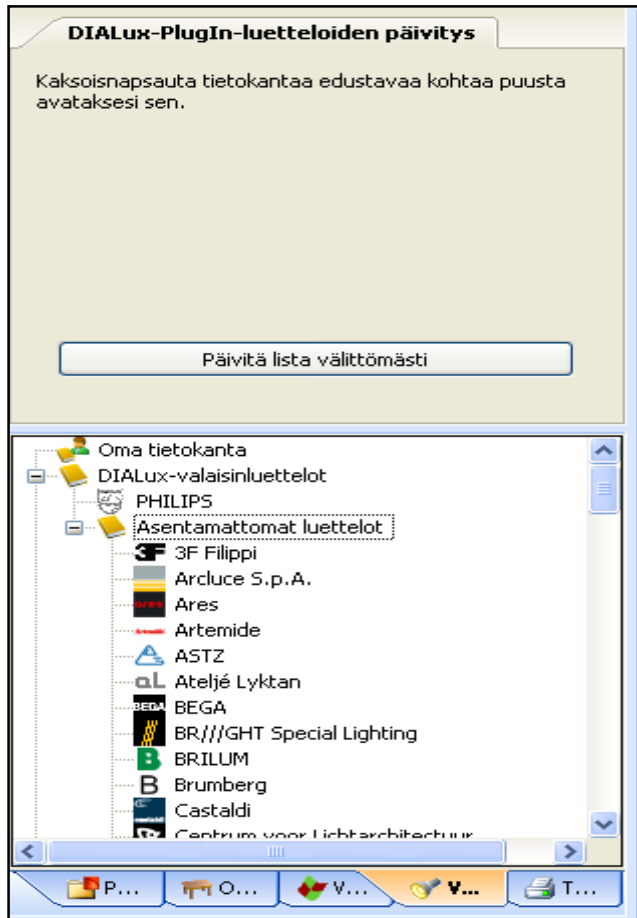
Pienen muokkauksen jälkeen DWG-muotoinen kuva saatiin oikeankokoiseksi Dialuxiin ja myös Dialuxin mittaustoiminto alkoi näyttää oikeanlaisia tuloksia. Dialuxin mittaustoiminto on tosin melko alkeellinen verrattuna CADSin vastaavaan. Kuvassa 9.1 on esitetty mittaustyökalun kuvaus.



Kuva 9.1. Dialux 4.7 -ohjelmassa oleva mittaustyökalu.

Seuraavaksi valaisimia sijoitettiin pohjakuvaan riittävä määrä. Valaisintyyppiä valittiin 400 W suurpainenaatriumvalaisin. Valaisimien sijoittaminen ja suuntaus on ohjelmassa helposti toteutettavissa. Lisäksi ohjelmassa on hyvä valikoima erilaisia valaisimia sekä lampujen valonjakokäyriä.

Valaisinvalmistajien tarjoamat plug in -valaisinluettelotiedostot ovat ladattavissa suoraan Dialuxin valikosta ”valaisinvalikoima”. Kuvassa 9.2 on esitetty Dialuxin plug in -valaisinluettelotiedostojen lista.



Kuva 9.2. Dialux 4.7 -ohjelmassa oleva plug in -valaisinluetteloiden latauslista.

Ohjelmassa on monta erilaista valaisimien asennusta helpottavaa toimintoa. Esimerkiksi ”sijoita linjoiksi järjestettynä”-toiminto nopeuttaa työtä ratapihasuunnittelussa. Valopylväiden etäisyydet linjassa voidaan määrittää itse tai ohjelman ehdotuksen mukaan. Valaisimet lisätään pohjakuvaan suoraan projektipuun luettelosta.

Itse valaistuskalkulaatio voidaan ohjelmalla toteuttaa helposti. Laskentaan kuluu sitä enemmän aikaa, mitä enemmän on pohjakuvaan sijoitettu valaisimia. Testissä 81 valaisimen tapauksessa ohjelma suoritti laskentaa noin kahden minuutin ajan. Laskennan tuloksia voidaan tarkkailla kätevästi ohjelman tarjoamassa 3D-kuvassa, mistä myös nähdään valaisimien suuntaukset ja suuntauskulmat havainnollisesti. Ohjelman 3D-kuvaan saadaan myös näkymään DWG-pohjakuva. Hiiren osoittimella voidaan katsoa suoraan valaistusvoimakkuudet pohjakuvan eri kohdissa.

Valaisimien suuntaus voidaan tehdä joko 3D-kuvassa tai pohjakuvassa. Jos valaisimien suuntausta muutetaan, on laskenta suoritettava uudestaan. Tämä hidastaa suunnittelutyötä varsinkin ratapihaympäristössä, jossa valaisimien määrä on suuri. Suunnittelussa pyritään optimoimaan valaisimien määrä ja erilaisilla valaisimien suuntauksilla voidaan valaisimien määrää vähentää radikaalisti. Näin suuntausta joudutaan toteuttamaan jopa valaisinkohtaisesti, joten laskenta vie paljon ylimääräistä aikaa.

Kuvassa 9.3 on esitetty suunnitteluvaiheesta 3D-näkymä, josta valaisimien sijoitukset ja valokeilat on hyvin havaittavissa. Valaisimien suuntaukset voidaan tehdä helposti valaisimesta lähteviä apuviivoja klikkaamalla.



Kuva 9.3. Dialuxin 3D-näkymä.

Dialuxista saadaan tulostettua raportti valaistuslaskennasta. Raporttiin käyttäjä voi itse valita haluamansa kokonaisuuden. Tarjolla on valaistusvoimakkuusarvojen lisäksi mm. valaisinluettelot, 3D-kuvat ja tasokuvat, joissa näkyvät pohjakuvaan sijoitetut valaisimet. Tosin pohjakuvaa ei saatu näkyviin raporttiin. Syynä tähän voi olla käytetyn pohjakuvan suuri koko tai Dialuxin oma tapansa käsittää DWG-kuva vain taustakuvana. 3D-kuvaan

DWG-kuva kuitenkin saadaan näkyviin. Koko raportti voidaan tulostaa helposti myös PDF-muotoon.

Dialuxista on mahdollista siirtää suunnitelma muihin ohjelmiin. Tässä työssä testattiin suunnitelman siirtoa CADSiin. Tiedon siirto ohjelmien kesken on hieman puutteellinen. Dialuxista siirrettävät valaisintiedot saadaan CADSiin, mutta alkuperäinen pohjakuva joudutaan liittämään leikepöydän kautta. Valaisimista saadaan siirrettyä yksityiskohtaisia tietoja, mutta ne siirtyvät tasoina eikä attribuutteina. Tämä on ohjelman suurin puute. Valaisimien sijainnit eivät siis välttämättä säily ennallaan, koska pohjakuva asetetaan paikalleen käsin.

Taloudellisempaan tulokseen olisi todennäköisesti päästy tutkimalla valaisintyyppisiä ja lamppujen valonjakokäyriä. Valaisimien lukumäärä on suuri, mutta ohjelman testauksen kannalta esimerkkityö on tarpeeksi todenmukainen. Tässä työssä tehdystä ratapihan valaistussuunnittelusta on Dialuxista saatu lyhytmuotoinen raportti liitteenä 6.

Dialuxin käyttöä helpottaisi huomattavasti päivän tai kahden käyttökoulutus. Ohjelma sisältää niin paljon erilaisia yksityiskohtaisia asetuksia, ettei pelkästään itseopiskelulla manuaalin avulla pääse kuin pintaraapaisuun ohjelmasta. Valaistussuunnitteluun Dialux on varmasti yksi monipuolisimmista saatavilla olevista ilmaisohjelmista.

## **9.2 Calculux Area 7.2.0.0**

Myös Calculux on mahdollista asentaa monella eri kielellä. Ohjelman asennusvaihe sujuu paljon nopeammin Dialuxiin verrattuna. Tämä viittaa siihen, että Calculux olisi kevyempi ohjelma. Tämä on hyvä asia Dialuxin hitaan ja raskaan toiminnan jälkeen.

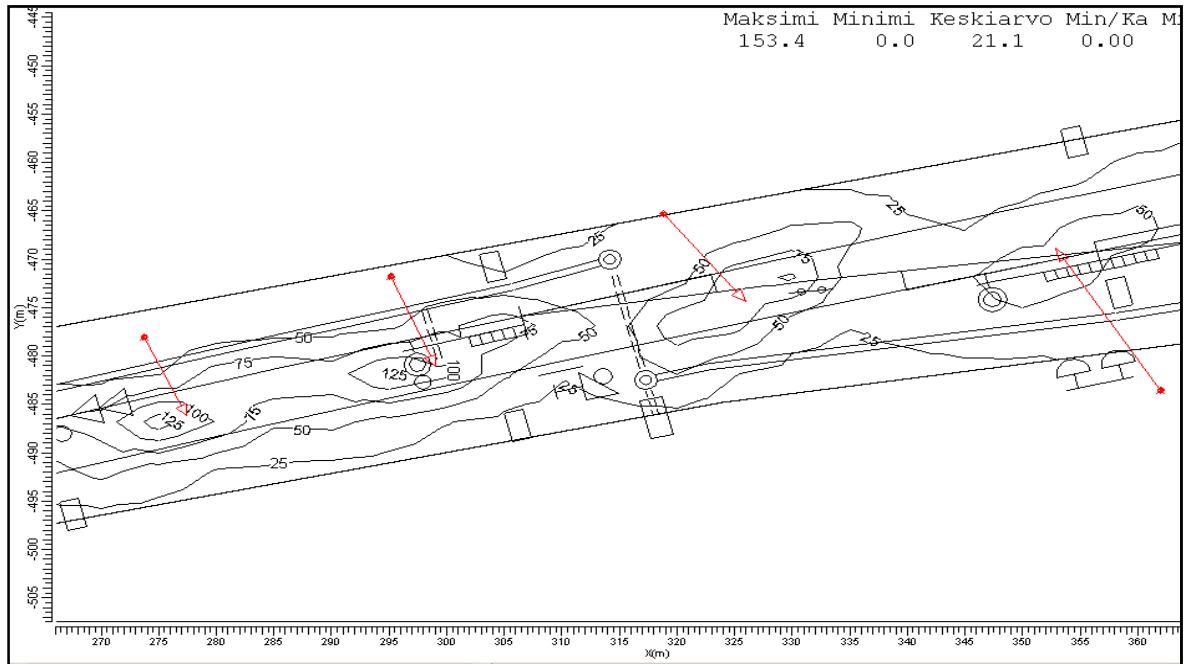
Calculuxin grafiikka on huomattavasti alkeellisempaa kuin Dialuxissa. DWG-kuvan liittäminen projektiin on tästäkin johtuen helpompaa. Jo pohjakuvan lisäämisvaiheessa voidaan esimerkiksi valita ylimääräisiä tasoja pois. CAD-näkymässä liikkuminen on hankalampaa kuin Dialuxissa, mutta näppäimistön nuolinäppäimillä kuvan liikuttaminen helpottuu hieman.

Käytetään samoja lähtömäärittäjiä, kuin edellä olevassa Dialux-arvostelussa. Valaisimina käytetään 400 W suurpainenatriumeja ja valaistusvoimakkuuden tavoitearvo on 20 lux. Pohjamateriaaliksi valittiin yleiskenttä, koska ohjelmasta löytyvät valmiit mallit eivät sovellu ratapihaympäristöön. Pohjamateriaalin ominaisuuksien määrittäminen on Calculuxissa toteutettu huonosti. On harkittava, onko kohteen pohjamateriaali määritettävä laskennassa tarkasti. Vai päästäänkö esimerkiksi alenemakertoimien avulla oikeaan tulokseen.

Pisteverkon asettaminen pohjakuvaan osoittautui hankalaksi. Ohjelmalla voidaan määrittää vain tietty pistemäärä kerrallaan, joten suurelle ratapihalle pisteverkon määrittäminen vie turhaa aikaa. Pisteverkon asettamisessa tosin auttaa ohjelmassa oleva ”monista” -toiminto vapaasti valittavan pisteverkon asettamisessa. Pisteverkon määrittäminen automaattisesti x-y -koordinaatiston avulla on hankalampaa kuin pohjakuvaan klikkaamalla asetettava.

Valaisimien suuntaus on Calculuxissa aluksi hankalaa. Mutta pienen harjoittelun jälkeen suuntauksen hallitsee. Valaisimien lisäys on helppoa ja valokäyrät saadaan näkyviin heti lisäyksen jälkeen. Valaisimia voidaan sijoitella pohjakuvaan myös ryhmänä, ja tässä työssä käytettiin rivi-vaihtoehtoa.

Calculux ei anna tarkkaa tulosta jos jonkin tietyn pisteen valaistusvoimakkuus halutaan selvittää. Pohjakuvassa näkyy vain aluekohtaiset valaistusvoimakkuuksien arvot. Tietyn pisteen valaistusvoimakkuus voidaan vain arvioida lux-alueiden sisältä. Koska tavoitteena on aina lähtökohtaisesti valaistusvoimakkuuksien keskiarvo, laskennan tarkkuus on tarpeeksi hyvä. Kuvassa 9.4 näkyy osa esimerkkikuvan valaistusvoimakkuuskäyrästä.

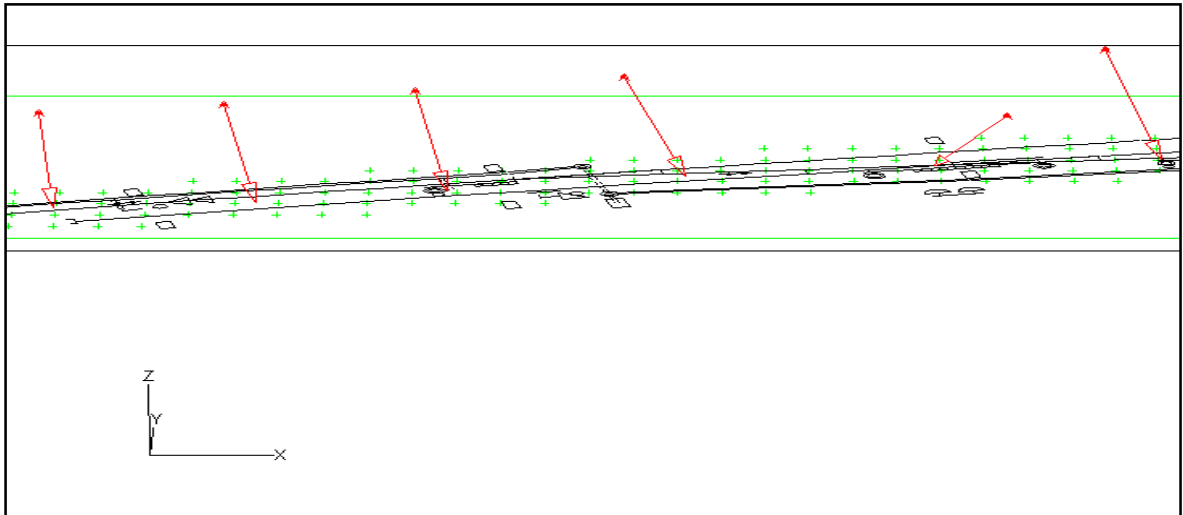


Kuva 9.4. Valaistusvoimakkuuskäyriä esimerkkikuvasta. Kuvasta nähdään myös valaistusvoimakkuuden maksimi-, minimi- ja keskiarvo.

Laskentatulokset ja valitut grafiikat avautuvat omiin ikkunoihinsa. Suunnittelua tehtäessä on syytä käyttää ”limittäiset ikkunat” -toimintoa. Tällöin saadaan kaikki valitut arvot näkyviin kerralla.

Laskentaa ei tarvitse suorittaa nappia painamalla, vaan automaattinen laskenta suorittaa laskentaa koko ajan. Määritetyn pisteverkoston alueen maksimi-, minimi- ja keskiarvot näkyvät CAD-ikkunan yläkulmassa koko ajan. Laskennan jälkeen ohjelma esittää jokaisen pisteverkoston tulokset omaan ikkunaan. Kokonaistilanteen tarkastelua varten tulee selaila ikkunoita erikseen.

Ohjelman 3D-toiminto on hankalakäsitteinen. Liikkuminen valaisimien lähelle onnistuu hiiren rullanäppäimellä normaalisti zoomaamalla, mutta sivuttain liikkumista on rajoitettu liikaa. Vapaampi liikkuminen 3D-kuvassa olisi hyvä ominaisuus valaisinsuuntauksia tarkailtaessa. Kuva 9.5 on Calculuxista otettu 3D-projektokuva.



Kuva 9.5. Calculuxin 3D-projektokuva. Kuvassa näkyvät pohjakuva, pisteverkko ja valaisimet.

Calculuxin raporttiin käyttäjä saa valita haluamansa osat. Monipuolisuutta tosin voisi olla enemmän. Dialuxiin verrattuna raportti on suppeampi, ja PDF-muotoon tulostamiseen tarvitaan koneelle oma PDF-tulostin. Dialuxissa oli mukana oma PDF-tulostin. Raportti Calculuxilla tehdystä suunnitelmasta on liitteenä 7.

Calculuxilla tehty suunnitelma voidaan siirtää CADSiin kaikkine tuloksineen. Jopa valaistusvoimakkuuksien käyrästöt on mahdollista siirtää. Toivottavaa jää ainoastaan alkuperäisen kuvan suhteen. Kuva voidaan siirtää valaistustietojen mukana, mutta alkuperäisen kuvan tasot häviävät. Alkuperäinen kuva siirtyy CADSiin vain taustakuvana, ei objekteina.

On tosin mahdollista siirtää CADSiin vain valaisintiedot ja tämän jälkeen kopioida CADSiin leikepöydän kautta alkuperäinen kuva. Samalla tavoin jouduttiin tekemään myös Dialuxilla.

DWG-kuvasta saadaan valaistusvoimakkuuksien arvot luettua tarkemmin kuin itse Calculuxista. Esimerkiksi suunnittelun tulostusvaiheessa tämä on hyödyllinen piirre. Koko rata-  
pihan tulokset tulostettua saadaan CADSista yhdelle paperille.

Ohjelman ehdoton vahvuus on sen yksinkertaisuus. Ei ohjelman tarvitse olla grafiikaltaan hieno, jos sen toiminta on kunnollinen. Ohjelmaa käyttäessä tulee vain huomioida lasken-



tatulosten ilmestyminen erillisiin ikkunoihinsa. Ohjelma saattaa kaatua liialliseen datan määrään, jos painaa laskentanappia monta kertaa peräkkäin.

### **9.3 Optiwin 2008.02**

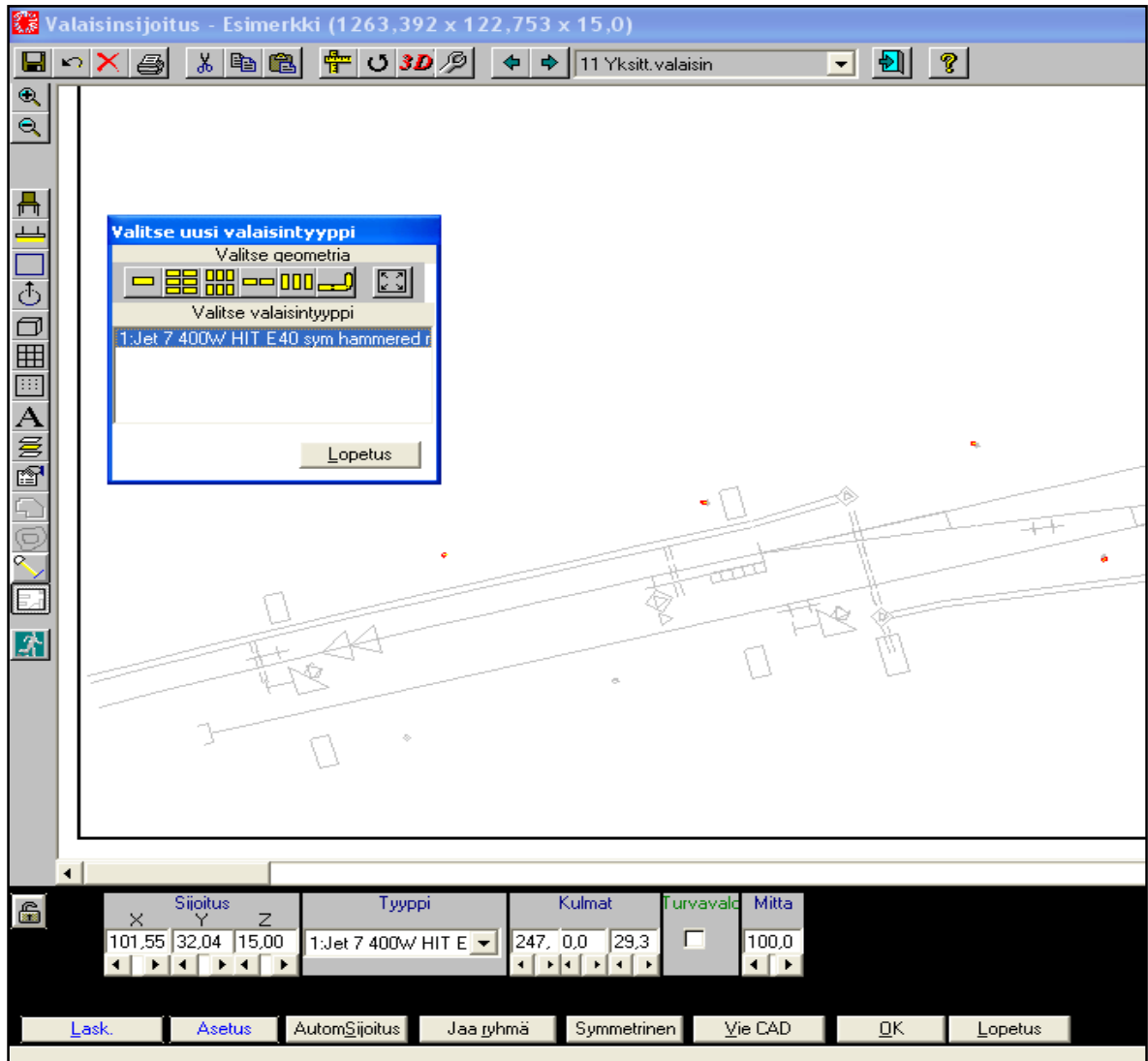
Projektin alkuvaiheessa ohjelma pyytää projektin perustiedot. Tämä vaihe on ohjelmassa toteutettu hyvin eikä heti alkuvaiheessa ole syvennytty liian yksityiskohtaisiin tietoihin. Projektin nimeämisen jälkeen voi aloittaa itse suunnittelun.

Ensin tulee määrittää laskettavan alueen muoto, koko ja eri pintojen heijastusprosentit. Ohjelma on selvästi painotettu sisävalaistuksen suunnitteluun. Valikoissa puhutaan tilasta ”huoneina”. Ohjelma kuitenkin hyväksyy seinien heijastuksiksi arvon nolla. Tällöin huone käsitetään ulkotilaksi.

DWG-muotoisen pohjakuvan lisääminen Optiwiniin ei ole helppoa. Tässä työssä käytetty esimerkkikuva on niin suurikokoinen, että Optiwinin automaattinen kuvakoon muuttaminen ei toimi. Eikä kuvaa saa kunnolla näkyviin käsin säätämälläkään. Helpoimmalla pääsee, kun ottaa käyttöön jollain muulla valaistussuunnitteluohjelmalla tallennetun pohjakuvan. Tässä tapauksessa käytettiin Dialuxilla tallennettua DWG-muotoista kuvaa.

Ohjelman toiminta hidastui huomattavasti suuren pohjakuvan vuoksi. Kannattaakin zoomatessa ottaa pohjakuva pois näkyvistä. Kuvassa liikkuminen on työlästä ja aikaa kuluu turhaan odotteluun.

Valaisimet sijoitetaan pohjakuvaan koordinaattien syötöllä. Valaisimia on mahdollista asettaa myös ryhminä. Parempi tapa valaisimien asettamiselle olisi hiirellä klikkailu. Koordinaattien syötöllä valaisimet tosin sattuvat oikealle kohdalleen. Hiirellä valaisimia voidaan siirtää sen jälkeen, kun valaisimet on ensimmäisen kerran asetettu kuvaan koordinaattien avulla. Kuvassa 9.6 on havainnollistettu valaisimien lisäystä pohjakuvaan.

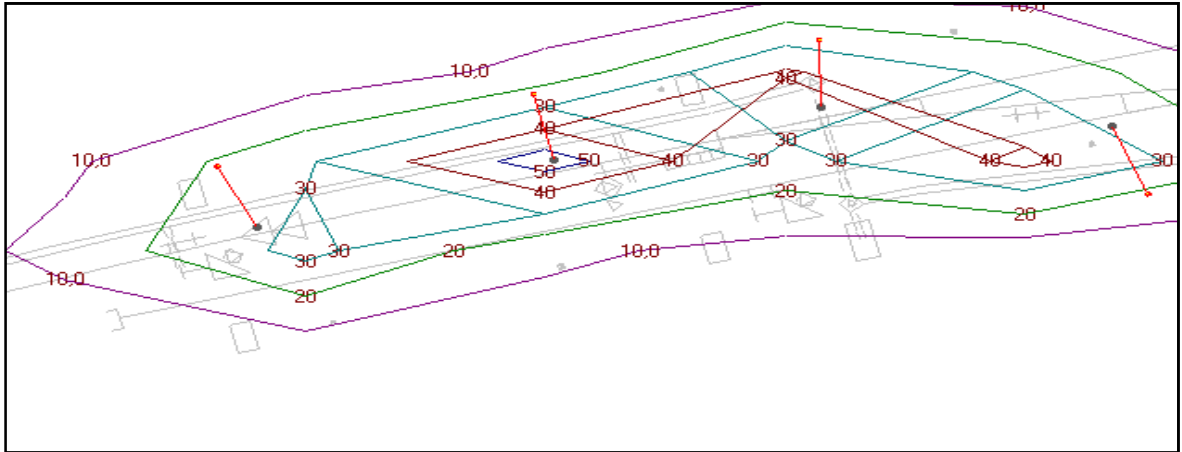


Kuva 9.6. Valaisimien lisäys pohjakuvaan Optiwin 2008.02 -ohjelmalla.

Valaisimien suuntaus onnistuu helposti. Laskenta joudutaan uusimaan jokaisen säädön jälkeen uudestaan ja laskentatuloksien hankalat valaistusvoimakkuuskäyrät ovat välillä huonosti tulkittavissa. Pienen harjoittelun jälkeen ohjelman tyyliin kuitenkin tottuu.

Optiwiniin voidaan asettaa valaistuslaskennan pisteverkko tietyissä rajoissa. Ratapihaympäristön vaatimukseen nähden jäädyään kuitenkin liian vähäiseen pisteiden määrään. Ohjelma antaa asettaa tilaa kohden noin viisikymmentä vaakasuuntaista pistettä. Vaatimus esimerkkityön pistemääräksi on noin kaksisataa kappaletta.

Kuvassa 9.7 on esitetty Optiwinin CAD-ikkuna sekä lasketut tulokset esimerkkitalanteessa. Kuvasta nähdään hieman muita ohjelmia sekavampi valaistusvoimakkuuskäyrästä. Valaisimien suuntauksia kuvastavat nuolet puolestaan näkyvät hyvin.



Kuva 9.7. Optiwinin CAD-ikkuna sekä valaistusvoimakkuuskäyrät suoritettusta laskennasta.

Optiwinistä on mahdollista siirtää suunnitelmat DWG-muotoon. Ohjelmien eri versiot hankaloittavat DWG-muotoon siirtämistä. On varmintä siirtää Optiwinin antama kuva ohjelman itse tarjoamaan muotoon. Muuten ainakin CADSiin siirrettäessä tiedostot eivät välttämättä toimi. Valaisimet siirtyivät tiedoston siirron yhteydessä pois alkuperäisiltä paikoiltaan, vaikka mukana siirretty pohjakuva toimiikin oikein.

Tulosten raportointitoiminto on Optiwinissä onnistunut hyvin. Tulostusikkunasta voidaan valita näytettävät laskentatulokset ja raportin laajuus pysyy sopivana. Raportti on Optiwinin parasta antia. Muuten ohjelma on liian kankea ratapihan valaistussuunnitteluun. Raportti Optiwinillä tehdystä suunnittelusta on liitteenä 8.

#### 9.4 Optiwin 3D pro 2009.16

Ohjelma on kehitetty versio edellä esitellystä Optiwinistä. 3D-versiossa on korjattu toimintoja ja ohjelma on graafisestikin kehittyneempi. Perustoiminnot ovat kuitenkin säilyneet lukuun ottamatta hyvin samanlaista projektipuu-rakennetta kuin Dialuxissa. Ohjelma kykenee käsittelemään paremmin myös suurempia pohjakuvia. Siitä huolimatta suunnittelu

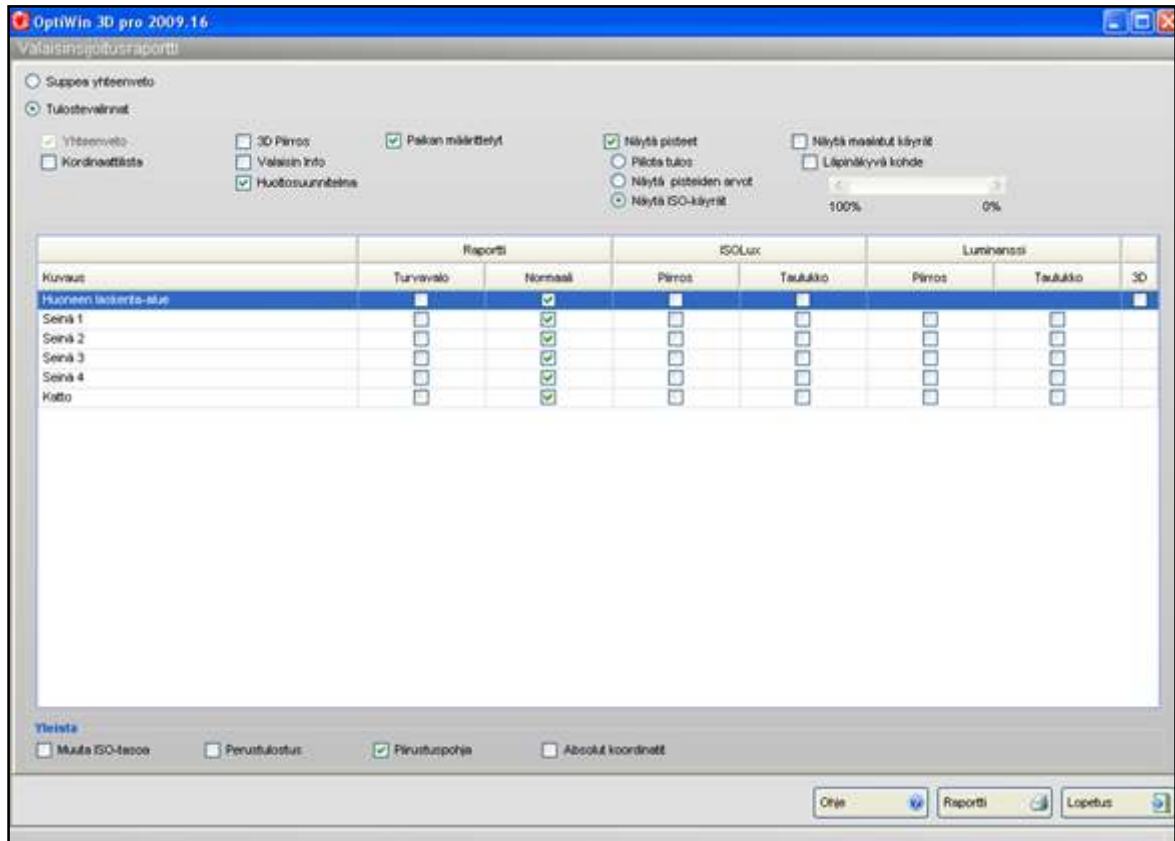
on hidasta suuren pohjakuvan vuoksi. DWG-kuvan liittäminen suoraan projektiin on edelleen hankalaa.

Liikkuminen CAD-ikkunassa on helpottunut huomattavasti. Ohjelmassa voi liikkua hiiren avulla samalla tavalla kuin CADSissa. Valaisimien sijoittelu voidaan toteuttaa kokonaan hiirellä. Valaisimien kallistukset ja suuntaukset voidaan määrittää yksityiskohtaisesti asettamalla numeroarvot valaisimien ominaisuuksiin.

Laskentatoiminto on erittäin hidas. Suoritusnopeuteen voidaan tosin vaikuttaa laskennan asetuksilla. Laskentatyypiksi voidaan valita vedos. Tämä vaikuttaa laskenta-aikaan ja riittävä tarkkuus säilytetään tuloksissa.

Tallennus DWG-kuvaksi onnistuu helposti. Alkuperäisen kuvan tasot säilyvät ennallaan ja pohjakuva siirtyy objekteina. Tähän osioon on selvästi panostettu ja hyvään tulokseen uudistuksella on päästykin. CADSin ja Optiwin 3D pro:n välillä tiedonsiirto on sujuvaa ja tiedostojen jatkokäsittely helppoa. Suunnittelijan aikaa ei kulu turhaan tiedostojen muokkaamiseen.

Ohjelman raportointivalikko on hyvin selkeä ja sisältää riittävästi tulostusvaihtoehtoja. Periaate on sama kuin edellä käsitellyssä Optiwinissä. Ainoa heikkous on ohjelman hidas datankäsittelynopeus. Tulostusvaiheessa huomattujen virheiden korjaaminen vie paljon lisää aikaa, kun suoritetaan laskenta ja raportointi uudestaan. Kuvassa 9.8 on esitetty ohjelman raportointivalikko.



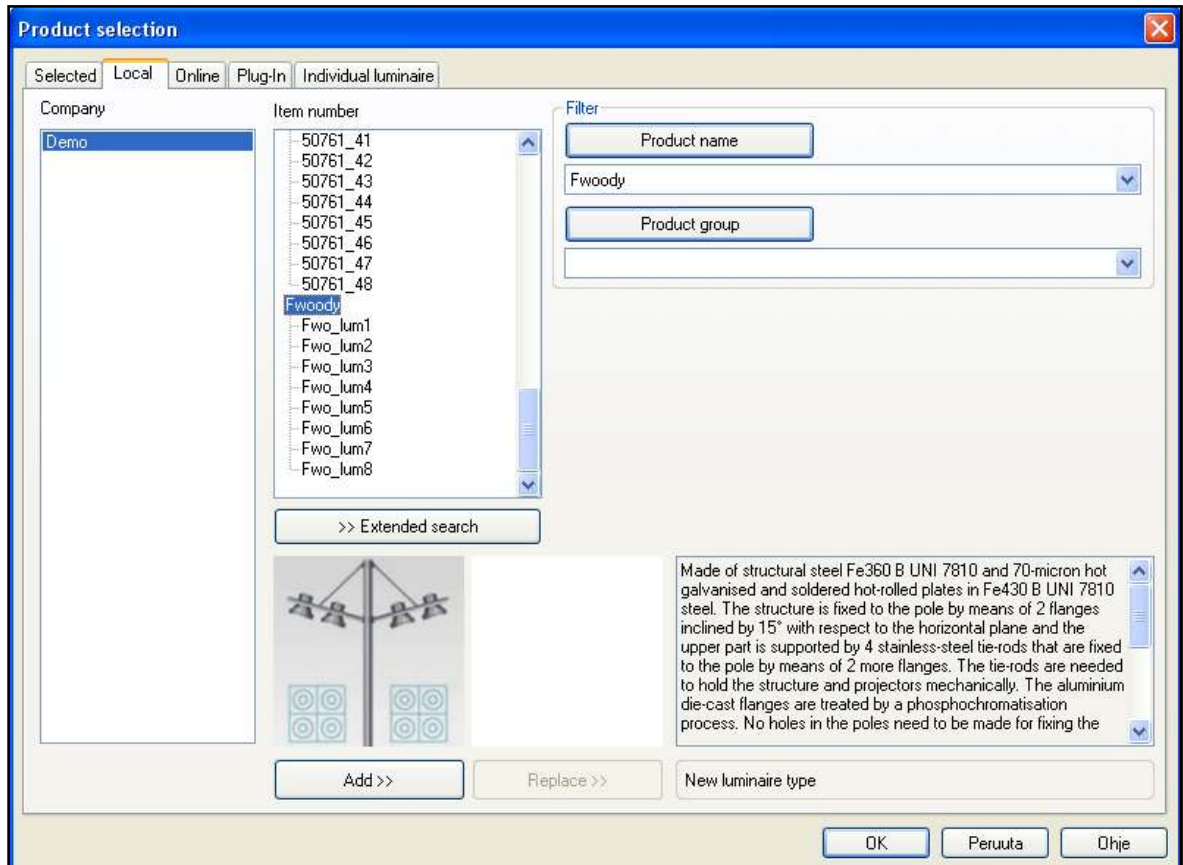
Kuva 9.8. Optiwin 3D pro:n raportointivalikko. Valikoista saadaan valittua valaisimien lisäksi halutut laskenta-alueen elementit näkyviin lopulliseen raporttiin.

## 9.5 ReluxPro 2010.1

Ohjelmaa ei saa asennettua suomenkielisenä. Englanninkielisenä ohjelma on kuitenkin helppokäyttöinen selkeiden valikkojen avulla. Grafiikaltaan ohjelma on samaa luokkaa Optiwin 3D pro:n kanssa.

Ohjelmaan voi lisätä DWG-kuvan ”import” -toiminnon avulla. Ohjelma käyttää DWG-kuvien käsittelyyn RealDWG2010 -sovellusta. Ohjelma antaa virheilmoituksen jos sovellusta ei ole käytössä ja ehdottaa korjaustoimenpiteitä. Lopulta DWG-kuva saadaan asetettua projektiin oikeaan kohtaan kuvan nollapistettä muuttamalla.

Valaisimien lisäystoiminto on ohjelmassa helppokäyttöinen. Ohjelman oma valaisintietokanta on suppea, mutta plug in -toiminnolla ohjelmaan saadaan näkyviin esimerkiksi Philipsin valaisimet. Kuvassa 9.9 on esitetty ReluxPro:n valaisinvalikko.



Kuva 9.9. ReluxPro -ohjelman valaisinvalikko. Valikossa olevilta välilehdiltä saadaan tarkasteltua tarjolla olevia valaisintietokantoja omalta koneelta ja verkosta.

Tässä työssä käytettiin ohjelmasta vakiona löytyvää valaisinmastoa. Mastoon on asennettu kahdeksan 250 W suurpainenatriumvalaisinta. Plug in -valaisintietokantana testattiin Philipsin tietokantaa, ja sen toiminta oli moitteetonta.

Suunnitteluikkunassa ja 3D-kuvassa liikkuminen on helppoa. Hiiren toiminnot ovat samantaisia kuin CADSissa. Lisäksi ohjelma kykenee käsittelemään suurtakin pohjakuvaa jouhevasti. Valaisimien suuntaus voidaan toteuttaa monella tavoin. Esimerkkikuvaan testattiin valaisimien yksittäistä suuntausta.

Laskenta on hidasta ja määrityksiltään vaikeaa. Haluttujen laskentatuloksien esiintuonti vaatii valikkojen selaamista. Laskentaa tosin selkeyttää ”calculation manager” -valikko. Parempiin tuloksiin päästäisiin lampputyypin tarkemmalla määrittämisellä. Nyt valaisintyyppinä on ohjelmasta vakiona löytyvä malli.

Tulokset saadaan ohjelmasta siirrettyä DWG-muotoon ohjelman ”export” -toiminnon avulla. DWG-kuvan vanhat tasot säilyvät ennallaan. Tämä on hyödyllinen ominaisuus suunnittelun kannalta. Lisäksi DWG-kuvaan siirtyvät valaisimien sekä lamppujen tyyppitiedot.

## **9.6 Yhteenveto valaistussuunnitteluohjelmien vertailusta**

Kaikissa testatuissa ohjelmissa on hyvät ja huonot puolensa. Pieniin kohteisiin jokainen ohjelma soveltuu hyvin. Ratkaisevaa onkin määrittää kohteen kiireellisyys ja vaatimukset. Jos halutaan suorittaa nopea laskenta ja tarvitaan tuloksiksi vain suurpiirteisiä arvoja, ovat Calculux ja Optiwin hyviä vaihtoehtoja.

Dialux tarjoaa parhaat ominaisuudet jos tarvitaan kohteen yksityiskohtaisten tietojen määrittämistä. Lisäksi Dialuxin 3D-toiminto on testatuista ohjelmista paras. Dialuxin heikkous on DWG-kuvien käsittely. Pohjakuvan asettaminen projektiin vaatii paljon työtä ja suunnitelman siirto muihin ohjelmiin on hankalaa.

ReluxPro:n heikkoutena on laskennan hitaus sekä hankalasti toteutettu valaisintietokantojen päivitys. Ohjelma on hyödyllinen jos yritys etsii valaistussuunnitteluohjelmaa pitkälle aikavälille. Ohjelman DWG-kuvan käsittely on testatuista ohjelmista kehittyneintä.

Ratapihojen valaistavat alueet ovat usein jopa yli kilometrin mittaisia. Tästä syystä valaistussuunnitteluohjelmalta vaaditaan suurien pohjakuvien hyviä käsittelyominaisuuksia. Testatuista ohjelmista tässä selviytyivät parhaiten Calculux ja ReluxPro. Calculuxia kannattaa käyttää, suunnittelutyön aikataulu on kiireinen ja tarvitaan vain yksinkertaista dataa ulos.

Jos suunnittelija haluaa käsitellä suunnitelmaa 3D-kuvassa ja säätää sitä kautta esimerkiksi valaisimien kallistuksia, on Dialux ehdottomasti paras vaihtoehto. On huomioitava myös ohjelman erinomaiset materiaalien määrittelyominaisuudet. Aluksi monimutkaisilta tuntuvat valikot oppii hallitsemaan nopeasti. Dialux on käyttömukavuudeltaan ohjelmien parasta antia. Ohjelman laskentavaiheen hitaus on pientä verrattuna ohjelmasta saataviin hyötyihin.

Ratapihan valaistussuunnitteluun ei kannata käyttää kuin Calculuxia tai Dialuxia. Muut ilmaisohjelmat ovat selkeästi tarkoitettu pienempien kohteiden tai sisävalaistuksen suunnitteluun. Käytettävän valaistussuunnitteluohjelman valintaan voidaan käyttää apuna taulukkoa 9.1. Taulukossa on vertailtu eri ohjelmien soveltuvuutta ratapihojen valaistussuunnitteluun.

Taulukko 9.1. Valaistussuunnitteluohjelmien vertailu.

Valaistussuunnitteluohjelma	Valaisintietokantojen lisäys	Käyttömukavuus	Grafiikka ja 3D-toiminto	DWG-kuvien käsittely	Monipuolisuus	Soveltuvuus ratapihojen valaistussuunnitteluun
Dialux 4.7	Useita vaihtoehtoja	5	5	3	5	4
Calculux Area 7.2.0.0	Philipsin tietokanta	4	3	4	4	4
Optiwin 2008.02	Oma tietokanta	1	1	2	2	1
Optiwin 3D pro 2009.16	Oma tietokanta	2	2	3	3	2
ReluxPro 2010.1	Oma/ Philipsin tietokanta	3	3	4	3	2

#### Arvosteluasteikko

- 0 = Huono, ei sovellu ratapihojen valaistussuunnitteluun
- 1 = Välttävä, soveltuu joiltain osin ratapihojen valaistussuunnitteluun
- 2 = Kohtalainen, soveltuu pieniin kohteisiin
- 3 = harkinnan arvoinen ratapihojen valaistussuunnitteluohjelmaksi
- 4 = Hyvä, soveltuu ratapihojen valaistussuunnitteluun, pieniä puutteita
- 5 = Kiitettävä, ratapihojen valaistussuunnitteluun sopiva

Suunnitteluun paras ohjelma on Dialux. Sen ainoat puutteet ovat DWG-kuvien käsittelyominaisuuksissa. Ohjelmaan julkaistaan kuitenkin päivityksiä hyvin, joten nämäkin ominaisuudet tulevat paranemaan tulevaisuudessa. Calculux soveltuu suunnitteluun lähes yhtä hyvin jos 3D-kuvan tarkkailu ei ole tarpeen.



## 10 VALAISTUSSUUNNITELMAN SISÄLTÖ

Tässä luvussa perehdytään RHK:n vaatimaan valaistussuunnitelman sisältöön. Tarkoitus on opastaa, mitä tulee huomioida ja miten eri dokumentit tulisi laatia valaistussuunnittelussa. Dokumenttien pohjina käytetään Proxionin turvalaitesuunnittelumalleja ja sovelletaan niitä valaistussuunnitteluun.

### 10.1 Tekninen suunnitelmaselostus

Tekninen suunnitelmaselostus on suunnitelmaa täydentävä dokumentti. Tähän työhön mallina toimii Proxionin laatima työselitys ja valaistussuunnittelussa tavoitteena on saada samanlainen Proxion-formaatti teknisestä suunnitelmaselostuksesta. Teknisestä suunnitelmaselostuksesta on malli liitteessä 9. Kuvitteellisessa malliselostuksessa ratapihan kuorma-alueelle suunnitellaan lisävalaistusta.

Tekniseen suunnitelmaselostukseen lisätään tietoja itse rakenteilla olevasta kohteesta. Myös suunnitelmien tilaaja ja suunnitelmien toteuttaja kerrotaan. Valaistussuunnittelun rajat mainitaan aluekohtaisesti. Jos suunnitelma koskee useita eri alueita, mainitaan kaikkien nimet erikseen ja selkeästi. Esimerkiksi ”huoltoraidealue” ja ”kuorma-alue” ovat selkeitä mainintoja tekniseen suunnitelmaselostukseen.

Lisäksi kohteeseen huomioitavat määräykset ja ohjeet tulee mainita. Valaistuksen osalta ratapihalla tarvitaan yleensä RHK:n julkaisuja ”*Rautatiealueen valaistusvaatimukset*” /3/, ”*Yleisohje johdoista ja kaapeleista Ratahallintokeskuksen alueella*” /6/, ”*Laittilojen ja valaisimien maadoittaminen*” /9/, ”*Rautatiealueelle tulevien kiinteiden laitteiden ja rakenteiden maadoitussuunnittelu*” /11/ ja ”*Sähkörataohjeet*” /12/. Lisäksi on hyvä mainita sähköalan voimassa olevien säädöksiä ja standardien noudattaminen.

Kohteesta laaditaan ohjepiirustuksia, joissa näkyvät ratapihan hahmotelma ja suunnittelu-alue. Esimerkiksi yleiskaavio tai raidekaavio on hyvä pohjakuva tähän tarkoitukseen. Ohjepiirustuksessa ei esitetä itse laitteita, vaan annetaan alueen rajaukset. Myös erityistä huomiota herättävät asiat esimerkiksi sijoitusten suhteen on mainittava ohjepiirustusten

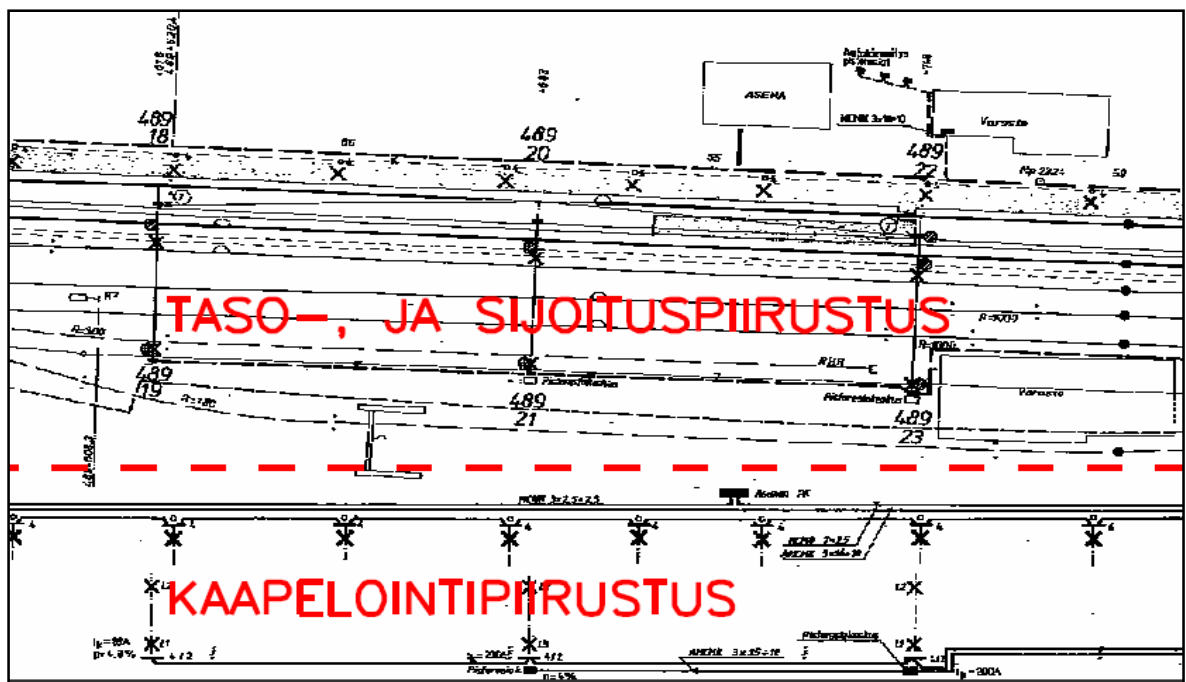
avulla. Lisäksi ohjepiirustuksissa esitetään sähköradan turvaetäisyydet selvennyksen vuoksi.

Kaapelointi- ja johtotiekuvassa esitetään uusien valaisimien ja muiden laitteiden sijainnit sekä uusien kaapeleiden reitit. Tähän tarkoitukseen hyvänä pohjana toimivat vanhat ratapihasta laaditut valaistuskuvat. Esimerkiksi CADS-ohjelmilla saadaan vanhat kuvat käsiteltyä rasta-toiminnon avulla. Alitusputkien toteutustavat ja alitukseen vaikuttavat määräykset on mainittava tarkasti.

Viimeisenä kohtana teknisessä suunnitelmaselostuksessa kerrotaan suunnitelmaan liittyvät suunnitelma-asiakirjat. Eri dokumentit mainitaan ranskalaisin viivoin.

## 10.2 Kaapelointi-, sijoitus- ja tasopiirustus

Valaistussuunnitelmissa kaapelointi-, sijoitus- ja tasopiirustus on esitetty samassa kuvassa. Sijoitus- ja tasopiirustus on kuvassa yläpuolella ja kaapelointipiirustus on alapuolella. Piirustuksiin on hyvä käyttää pohjakuvina vanhoja ratapihojen valaistuskuvia. Kuvassa 10.1 on esitetty valaistussuunnittelun kaapelointi- ja valaisimien sijoitus.

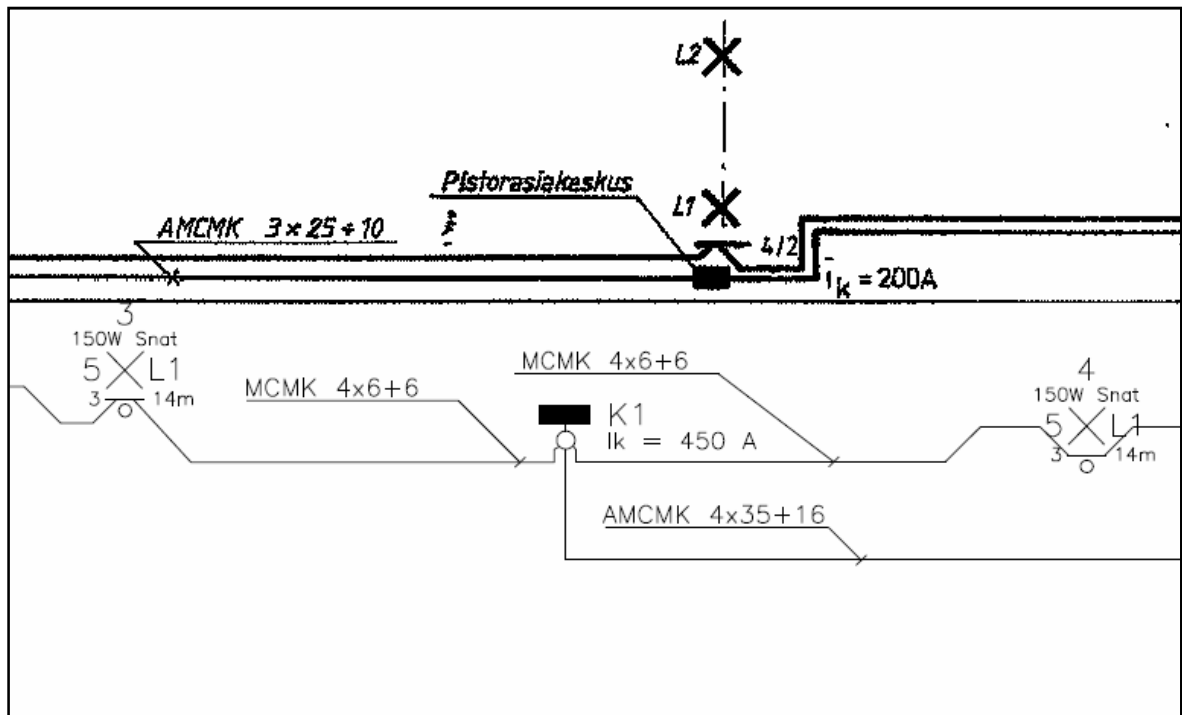


Kuva 10.1. Kaapelointi-, sijoitus- ja tasopiirustus.

Kaapelointipiirustukseen merkitään valaisimien tiedot: /10/

- Pylväsnumero
- Valaisimen asennuskorkeus
- Kotelotyyppi
- Valaisintyyppitunnus
- Vaihe, jolle valaisin on kytketty.

Keskuksien numeroinnit lisätään myös kaapelointipiirustukseen, ja niiden nimeäminen tehdään K1, K2, K3, jne. Kaapelointipiirustuksessa esitetään myös kaapeleiden tyypit. Oikosulkuvirtojen arvot esitetään jokaiselle keskukselle. Lisäksi esitetään ryhmien viimeisiin pisteisiin lasketut oikosulkuvirrat ( $I_k$ ) ja jännitteenalenemat ( $p$ ). Kuvassa 10.2 on esitetty malli kaapelointikuvasta.



Kuva 10.2. Malli kaapelointikuvasta. Kuvan pohjana on käytetty ratapihan vanhaa valaistuspiirustusta.

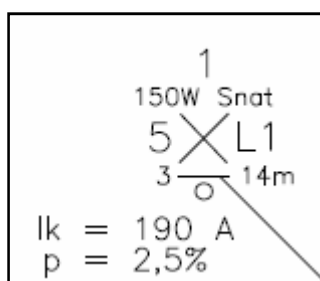
Kuvassa 10.3 on esitetty valaisimen piirrosmerkki kaapelointikuvassa ja siihen liittyvät merkinnät. Valaisin on asennettu puupylvääseen 14 metrin korkeuteen. Metallipylvään piirrosmerkki on muuten samanlainen, mutta siinä valaisimen alapuolella oleva pylvästä kuvaava ympyrä on täytetty. Kuvan 10.3 muiden merkintöjen selitykset: /10/

1 = pylväsnumero

5 = kotelotyyppi

3 = valaisintyyppitunnus

L1 = valaisin kytketty vaiheelle L1.



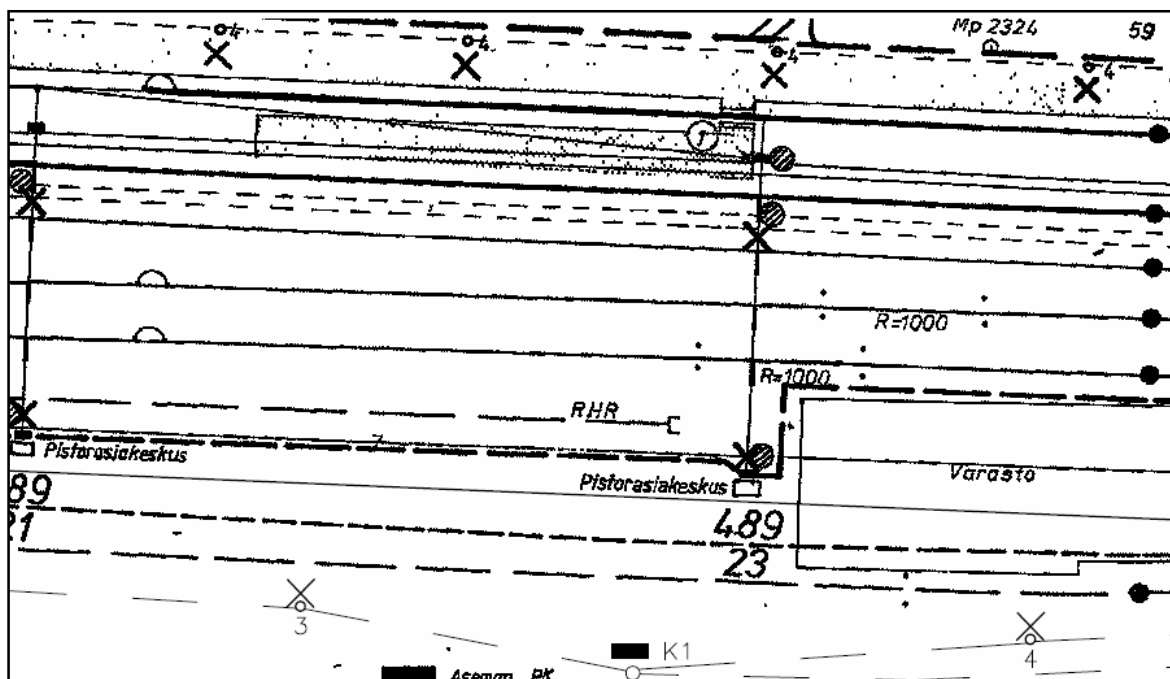
Kuva 10.3. Valaisimen piirrosmerkki ja siihen liittyvät merkinnät kaapelointikuvassa.

Tasopiirustukseen merkitään laitteiden tarkat sijainnit. Valaisimen piirrosmerkki on yksinkertaisempi, eikä kuvaan merkitä pylväsnumeron lisäksi muita tietoja. Puupylvääseen asennetun valaisimen piirrosmerkki tasopiirustuksessa on kuvan 10.4 mukainen. /10/



Kuva 10.4. Puupylvääseen asennetun valaisimen piirrosmerkki tasopiirustuksessa. Numero 3 on pylväsnumero.

Kuvassa 10.5 on esitetty osa tasopiirustusta. Kaapelit tasopiirustukseen merkitään katkoviivoin ja valaisimet kuvan 10.4 mukaan. Jännitteenalenemia ja oikosulkuvirtoja ei esitetä.



Kuva 10.5. Tasopiirustusmalli. Kuvaan laitteet sijoitetaan niiden oikeiden sijaintien mukaan.

Jos valaisimet liitetään paluukiskoon, tulee tasopiirustuksiin merkitä huomautusteksti ”Ryhmäjohdon PE irti”. Itse valaisimien liitântäkotelo merkitään samanlaisella huomautustekstillä. /11/

### 10.3 Valaisinluettelo

Valaisinluettelo saadaan suoraan valaistussuunnitteluohjelman raportista. Valaisinluettelosta laaditaan vielä esimerkiksi Excel-versio. Taulukkolaskentaohjelmalla tehty valaisinluettelo toimii apuna tarvikkeiden tilauksessa ja kustannusten laskennassa.

Valaistusta suunnitellaan yleensä ratapihalla pylväisiin. Valaisinluettelo on järkevää lisätä pylväsluettelon yhteyteen. Näin yhteen dokumenttiin saadaan näkyviin mahdollisimman paljon tietoa. Lisäksi suunnitelman kokonaiskuva selkeytyy.

#### **10.4 Pylväs- ja mastoluettelo**

Pylväs- ja mastoluetteloon kerätään valmistajan ilmoittamat pylvään tekniset tiedot. Liitteessä 10 on esitetty Proxionin malli pylväsluetteloksi. Jos pylväät sijaitsevat sähköradan läheisyydessä, on luetteloon hyvä lisätä maininta siihen asennettavasta maadoituskuparista. Maininta maadoituksesta tehdään esimerkiksi lisäämällä maadoitus-sarake taulukkoon. Jos pylväässä on maadoitus, sarakkeeseen merkitään maadoitusjohtimen materiaali ja poikkipinta-ala.

#### **10.5 Määräluettelo**

Määräluettelossa ilmoitetaan kaikkien laitteiden ja niihin kuuluvien komponenttien kappalemäärät. Valaisimet ja lamput mainitaan erikseen. Myös uusien keskuksien komponentit luetellaan erikseen. Lisäksi käytettyjen kaapeleiden määrät tulee mainita. Liitteessä 11 on esitetty malli määräluettelon rakenteeksi.

#### **10.6 Valaistuslaskelmat**

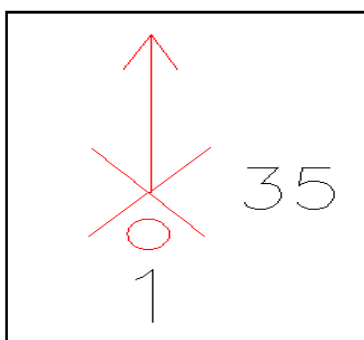
Valaistuslaskelmat suoritetaan siihen suunnitelluilla ohjelmilla. Tämän työn luvussa 9 on käsitelty erilaisia tarjolla olevia valaistussuunnitteluohjelmien ilmaisversioita. Testatuista ohjelmista on syytä tutustua Dialuxiin tai Calculuxiin.

Valaistuksen sähkötekniset laskelmat, kuten oikosulkuvirrat, tulee merkitä suunnitelmapii- rustuksiin. Niiden laskentamalleja on esitelty luvussa 7. Tarvittaessa laskentamenetelmiä merkitään myös tasopiirustukseen. Esimerkiksi kaukaisimman pisteen oikosulkuvirran laskentakaava kokonaisuudessaan selkeyttää suunnitelmien tarkastamista.

## 10.7 Suuntauspiirustus

Suuntauspiirustukseen lisätään hahmotelma asennettujen valojen suuntauksesta. Tarkoitus on tehdä valaistussuunnitteluohjelmasta saatavaa suuntaustaulukkoa selventävä piirros. Piirroksen merkitään kaikki suunnitellut valaisimet ja niiden suuntaukset nuolien avulla.

Lisäksi piirroksen merkitään valaistussuunnitteluohjelmalla saatu asteluku, joka kuvastaa valaisimen kallistuskulmaa. Valaisinpylvään numeron mukaan saadaan jokaiselle valaisimelle yksityiskohtaiset suuntauspiirustukset. Kuvassa 10.6 on esitetty yhden valaisimen suuntauspiirros tasopiirustuksen piirrosmerkeillä. Tasopiirustus on hyvä pohja koko valaistusasennuksen suuntauspiirustukselle.



Kuva 10.6. Yksittäisen valaisimen suuntauspiirros. Valaisin on 35 asteen kallistuksessa nuolen suuntaan olevan normaalin suhteen.

## 10.8 Ryhmäkohtaiset kuormitustaulukot

Ryhmien kuormitukset määritetään kohdan 7.5 mukaan. Taulukossa 10.1 on esitetty malli kuormitustaulukoksi. Taulukossa on hyvä näkyä mahdollisimman paljon tietoa. Jos tulevaisuudessa ryhmiin tulee lisäyksiä tai muutoksia, voidaan jo kuormitustaulukon perusteella kartoittaa eri mahdollisuuksia.





## 11 YHTEENVETO

Valaistuksen suunnittelija joutuu ottamaan huomioon monia erityisvaatimuksia suunnitellessaan valaistusta ratapihaympäristöön. On selvää, että yhteen opinnäytetyöhön on mahdollonta kerätä kaikki suunnittelutyössä huomioitavat asiat. Tämä työ onkin saavuttanut tavoitteensa, jos valaistussuunnittelija pääsee hyvään alkuun suunnittelutyössä.

Pienempiin kohteisiin työssä laadittu ohje sopii oikein hyvin. Ohjeen soveltuvuus suurille ratapihoillekin on mahdollista, kunhan otetaan huomioon maadoitusasiat sähköradan ympäristössä kohteen vaatimalla tavalla. Maadoitukset ovat jo itsessään laaja asia rautatiemaailmassa. Siksi maadoitusjärjestelmiä ei käsitelty tarkasti tässä työssä.

Valaistuksen vaatimukset on määritetty todennäköisesti kokemuspohjaisesti. Mittauksien perusteella vaatimukset ovat kuitenkin hyvin asetettuja. Silmämääräisesti valaistus kuvitellaan helposti liian voimakkaaksi. Tarkastelussa on kuitenkin huomioitava vuodenaikojen ja ympäristön vaikutus valaistukseen. Parhaiten valaistuksen riittävyyden toteavat alueella työskentelevät ihmiset.

Työn mitoitusohjeet ja niiden soveltaminen käytäntöön on varmasti parasta antia suunnittelijalle. Joskus on hyvin hankalaa alkaa mitoittaa edes yhtä valaisimen lisäystä vanhoihin ryhmiin. Työn ohjeistukset on pyritty kokoamaan juuri käytännön kannalta mahdollisimman tehokkaaksi.

Tavoitteet saavutettiin mielestäni hyvin. Ohjeen todellinen toiminta nähdään vasta käytännön kohteisiin soveltamisen jälkeen. Tulevaisuudessa ratapihojen valaistusta todennäköisesti uusitaan entistäkin enemmän. On siis todennäköistä, että valaistussuunnitteluohjeelle on tulevaisuudessa paljon käyttöä.

Ratapihojen valaistukset ovat moniin muihin sovelluksiin verrattuna hyvässä kunnossa niiden hyvin suunniteltujen ja toteutettujen huoltotöiden ansiosta. Ratapihoilla on kuitenkin meneillään paljon muuta korjaus- ja lisäystyötä, joten valaistuksen uusiminen samanaikaisesti on järkevää.

Ratapihojen turvalaiteasennuksien yhteydessä myös valaistuksen uudistus- ja lisästyöt ovat kustannusten kannalta edullisempia. Raideliikenne kärsii vähiten yhdenaikaisesti toteutettavista töistä.

Tämä työ antaa suunnittelijalle mahdollisesti uutta näkökulmaa valaistuksesta. Hyvä asia on, jos jotkin ongelmakohdat ratkeavat työssä esiteltyjen asioiden avulla. Silloin työstä saatu ohje on käyttökelpoinen työkalu ja työn tärkein tavoite, eli suunnittelutyön ohjeistaminen, on onnistunut.

## LÄHTEET

1. Suomen Standardisoimisliitto SFS, *SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset*
2. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. *D1 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista*. Espoo. 2007.
3. Ratahallintokeskus (Liikennevirasto). *Rautatiealueen valaistusvaatimukset* [verkkodokumentti, PDF]. 2009. [viitattu 4.11.2009]. Saatavissa: [http://rhk-fi-bin.directo.fi/@Bin/77c4580bfd75eb37a0d457c34b6ba71a/1251903779/application/pdf/2545166/Rautatiealueen%20valaistusvaatimukset\\_4\\_040\\_2009%20web.pdf](http://rhk-fi-bin.directo.fi/@Bin/77c4580bfd75eb37a0d457c34b6ba71a/1251903779/application/pdf/2545166/Rautatiealueen%20valaistusvaatimukset_4_040_2009%20web.pdf)
4. Ratahallintokeskus (Liikennevirasto). *Verkkoselostus 2010* [verkkodokumentti, PDF]. 2009. [viitattu 4.11.2009]. Saatavissa: [http://rhk-fi-bin.directo.fi/@Bin/c062b2f691a2f6624088a01e2b56f2a9/1257371160/application/pdf/2469495/Verkkoselostus\\_2010\\_fin\\_WEB.pdf](http://rhk-fi-bin.directo.fi/@Bin/c062b2f691a2f6624088a01e2b56f2a9/1257371160/application/pdf/2469495/Verkkoselostus_2010_fin_WEB.pdf)
5. ABB. *TTT- käsikirja, luku 21: Valaistustekniikka* [verkkodokumentti, PDF]. 2000. [viitattu 21.12.2009]. Saatavissa: [http://www02.abb.com/global/fiabb/fiabb255.nsf/bf177942f19f4a98c1257148003b7a0a/c46d5509d325d21ac225695b002fb07b/\\$FILE/210\\_00\\_07.pdf](http://www02.abb.com/global/fiabb/fiabb255.nsf/bf177942f19f4a98c1257148003b7a0a/c46d5509d325d21ac225695b002fb07b/$FILE/210_00_07.pdf)
6. Ratahallintokeskus (Liikennevirasto). *Yleisohje johdoista ja kaapeleista Ratahallintokeskuksen alueella* [verkkodokumentti, PDF]. 2004. [viitattu 21.12.2009]. Saatavissa: <http://rhk-fi-bin.directo.fi/@Bin/f666d6bc5bc82701b2572cb581734fac/1261388972/application/pdf/32577/Rhk-b13.pdf>
7. Tiehallinto. *Tievalaistuksen suunnittelu, suunnitteluvaiheen ohjaus* [verkkodokumentti, PDF]. 2006. [viitattu 2.2.2010]. Saatavissa: [http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100034-v-06tievalaist\\_suunn.pdf](http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100034-v-06tievalaist_suunn.pdf)
8. Tiehallinto. *Tievalaistus; suunnittelu, rakentaminen, käyttö ja kunnossapito*. 1983.
9. Ratahallintokeskus (Liikennevirasto). *Laitetilojen ja valaisimien maadoittaminen* [verkkodokumentti, PDF]. 2002. [viitattu 1.2.2010]. Saatavissa: <http://rhk-fi-bin.directo.fi/@Bin/a7ad99c57702814fe0537062a434ead8/1253134544/application/pdf/32603/Rhk-b9.pdf>
10. Ratahallintokeskus (Liikennevirasto). *Ratatekniset piirustusohjeet* [verkkodokumentti, PDF]. 2007. [viitattu 14.2.2010]. Saatavissa: <http://rhk-fi-bin.directo.fi/@Bin/e0621be204c69ba51775d6c56d777853/1266173890/application/pdf/1567137/B%2018%20web.pdf>

11. Ratahallintokeskus (Liikennevirasto). *Rautatiealueelle tulevien kiinteiden laitteiden ja rakenteiden maadoitussuunnittelu* [verkkodokumentti, PDF]. 2009. [viitattu 1.2.2010]. Saatavissa: <http://rhk-fi-bin.directo.fi/@Bin/dfd4fb3a29da09fd19a518044d537d57/1253134796/application/pdf/2697472/B23%20web.pdf>
12. Ratahallintokeskus (Liikennevirasto). *Sähkörataohjeet* [verkkodokumentti, PDF]. 2009. [viitattu 10.2.2010]. Saatavissa: <http://rhk-fi-bin.directo.fi/@Bin/94d9bc92a301fd240e3d6a74a3bee77d/1253135185/application/pdf/2665863/B22%20web.pdf>
13. Ratahallintokeskus (Liikennevirasto). *Radanpidon turvallisuusohjeet (TURO)* [verkkodokumentti, PDF]. 2009. [viitattu 4.2.2010]. Saatavissa: <http://rhk-fi-bin.directo.fi/@Bin/cb745234c3e346811869774ab91a4351/1251953353/application/pdf/2909267/B24%20web.pdf>
14. Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry, Suomen Valoteknillinen seura ry. *Valaistuksen laskenta, mittaukset ja huolto*. Espoo. 1996.

EROTUSMUUNTAJATON SYÖTÖ (ISOT RATAPIHAT TMV)

PAIKESKUS 10K

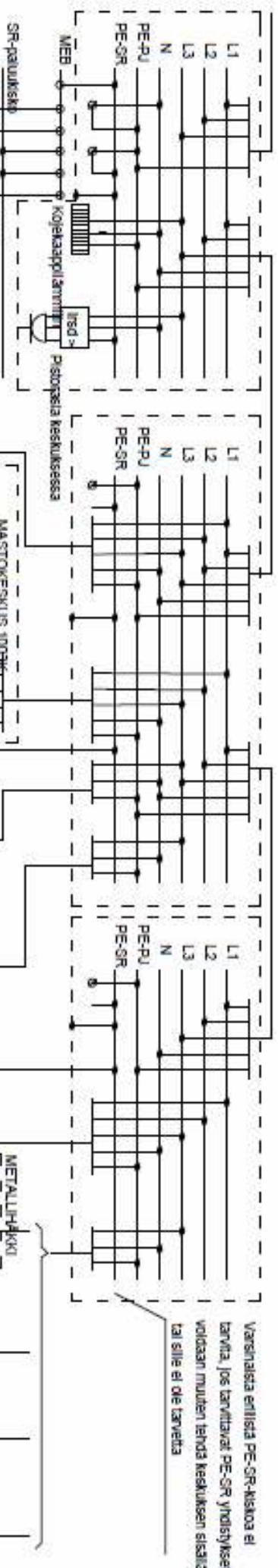
NOUSUKESKUS 1001K

NOUSUKESKUS 1002K

LIITTYMSUOHTO

NOUSUOHTO

NOUSUOHTO



VALOHEITINMASTO SIAITSEE SÄHKÖRADAN VAARALLAISYDEN ULKOPUOLELLA

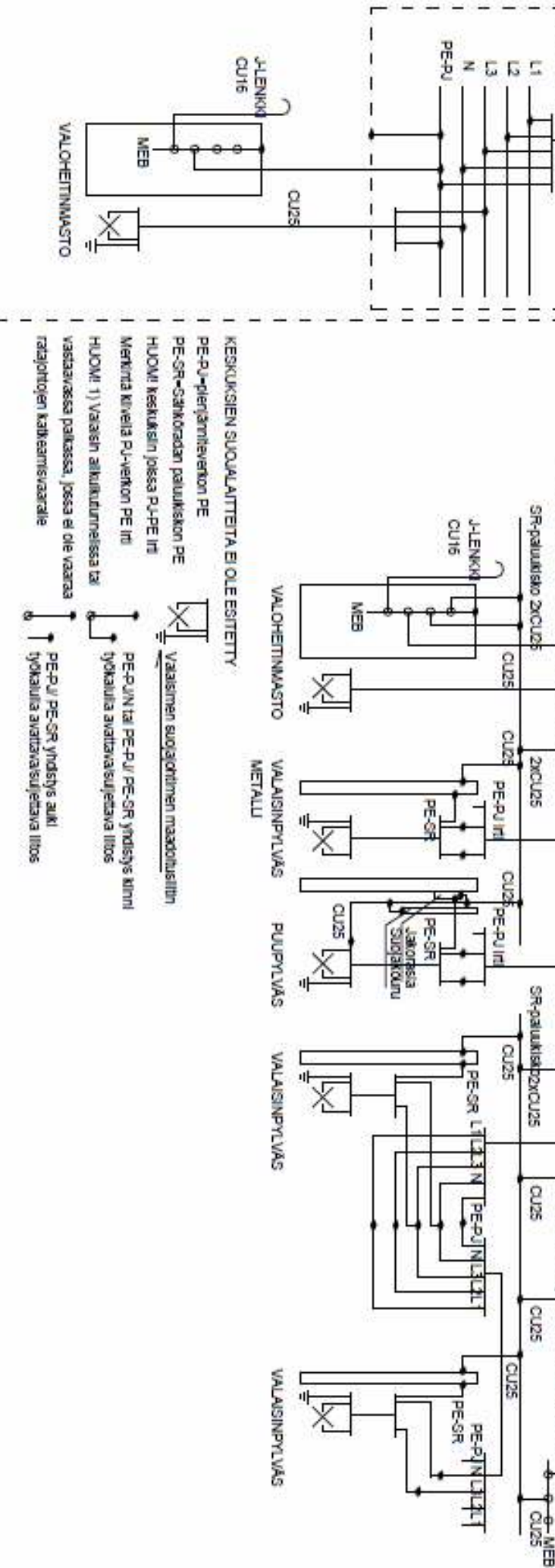
MASTOKESKUS 1001K

MASTOKESKUS 1002K

MASTOKESKUS 1003K

MASTOKESKUS 1004K

MASTOKESKUS 1005K



KESKUKSIEN SUOJALAITTEITA EI OLE ESITETTY

PE-PJ=pienjännitevon PE

PE-SR=Sähköradan palokiskon PE

HUOMI keskusin jossa P-J-PE int

Merkintä kirvelle P-J-veikon PE int

HUOMI 1) Varsien alkukäytännössä tai

varstavassa paikassa, jossa ei ole varaa

ratjohtojen katkeamisvaaralle

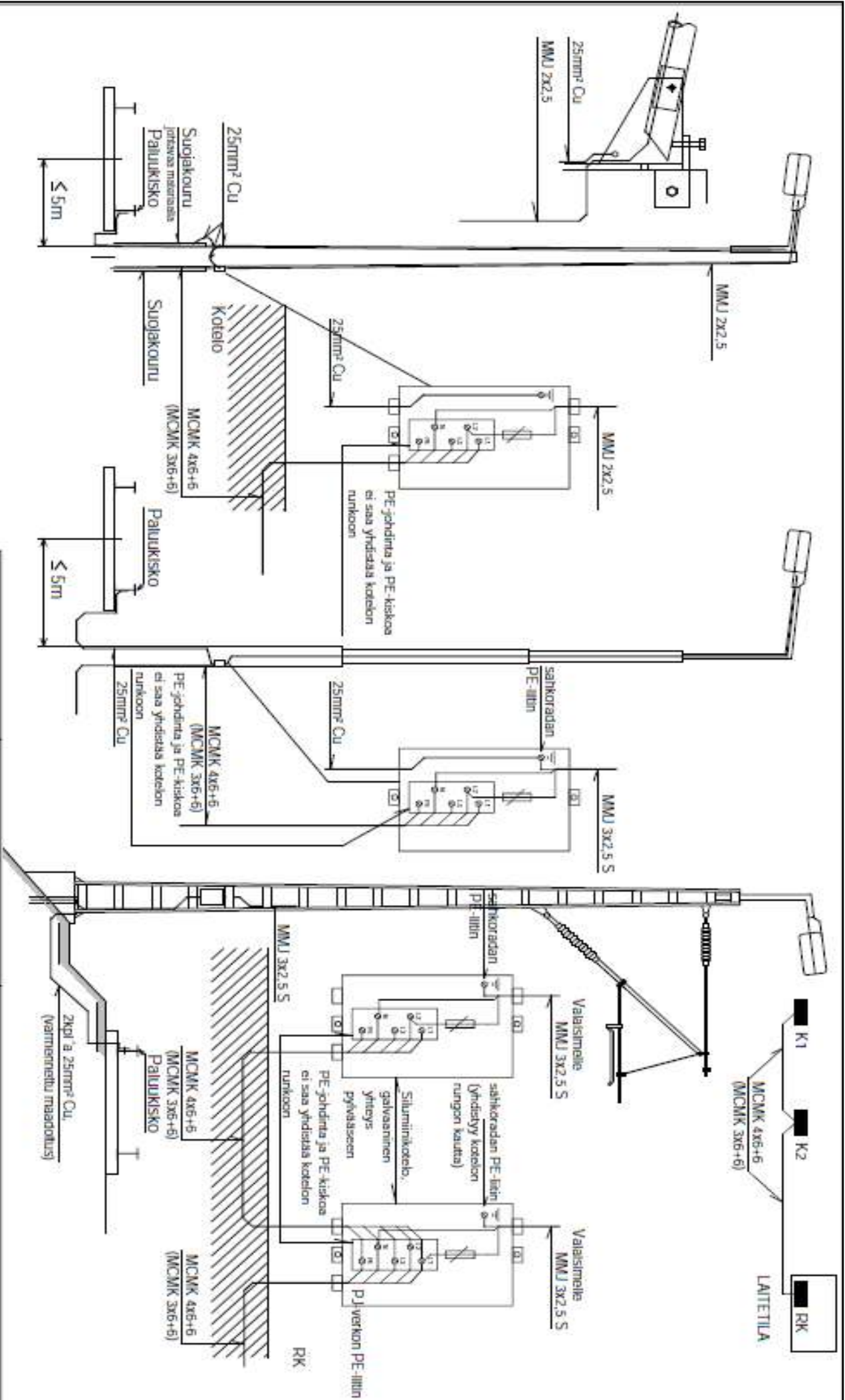
Varsinaista erillistä PE-SR-kskoa ei tarvita, jos tarvittavat PE-SR yhdistykset voidaan muuten tehdä keskuksen sisällä tai sille ei ole tarvetta



VALAISIMEN SUOJAMAADOITUS

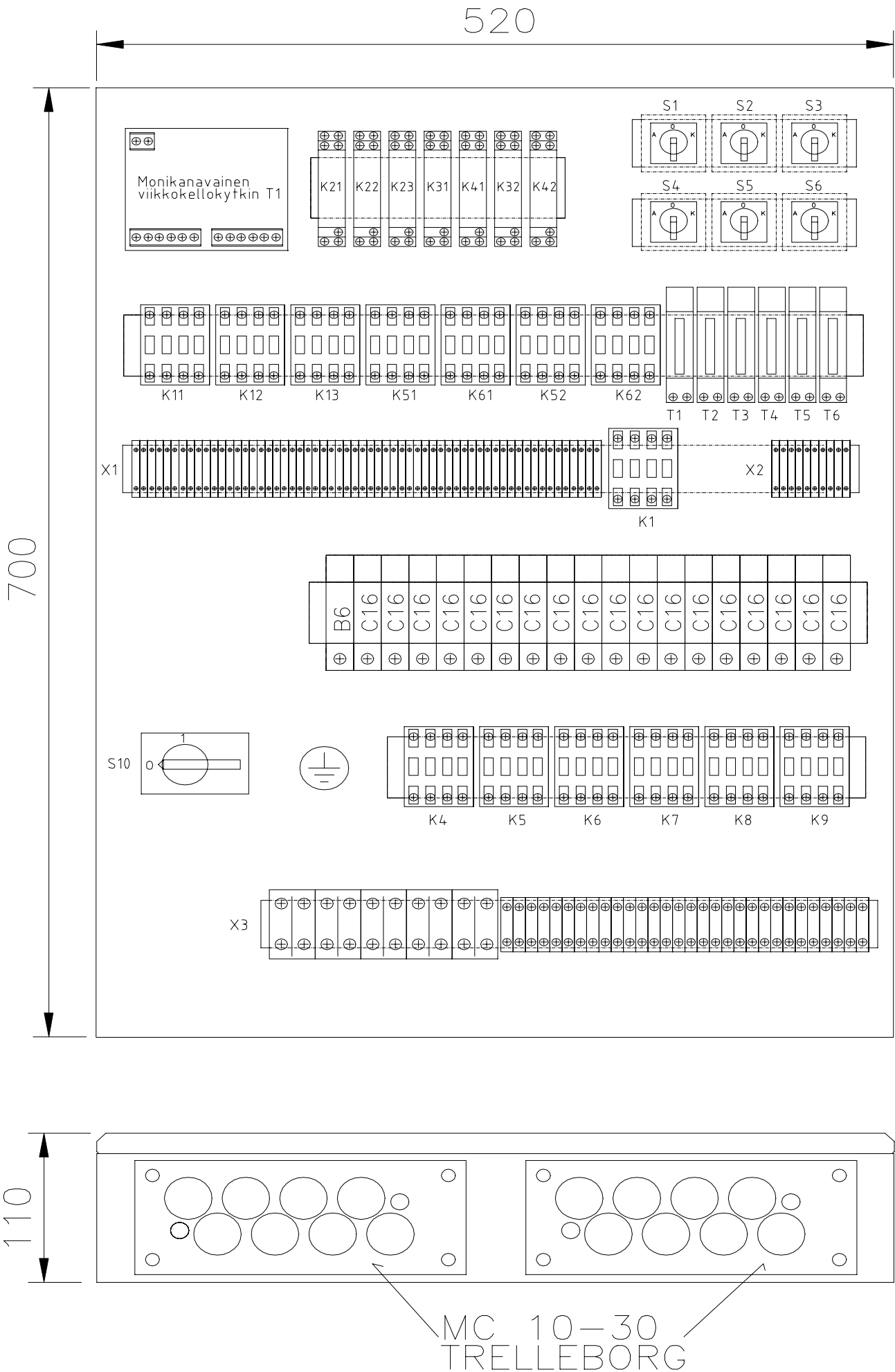
PE-PJ tai PE-PJ / PE-SR yhdistys kiinni työkalulla avattavasuojeltava liitos

PE-PJ / PE-SR yhdistys suki työkalulla avattavasuojeltava liitos

PE-PJ / PE-SR yhdistys suki työkalulla avattavasuojeltava liitos



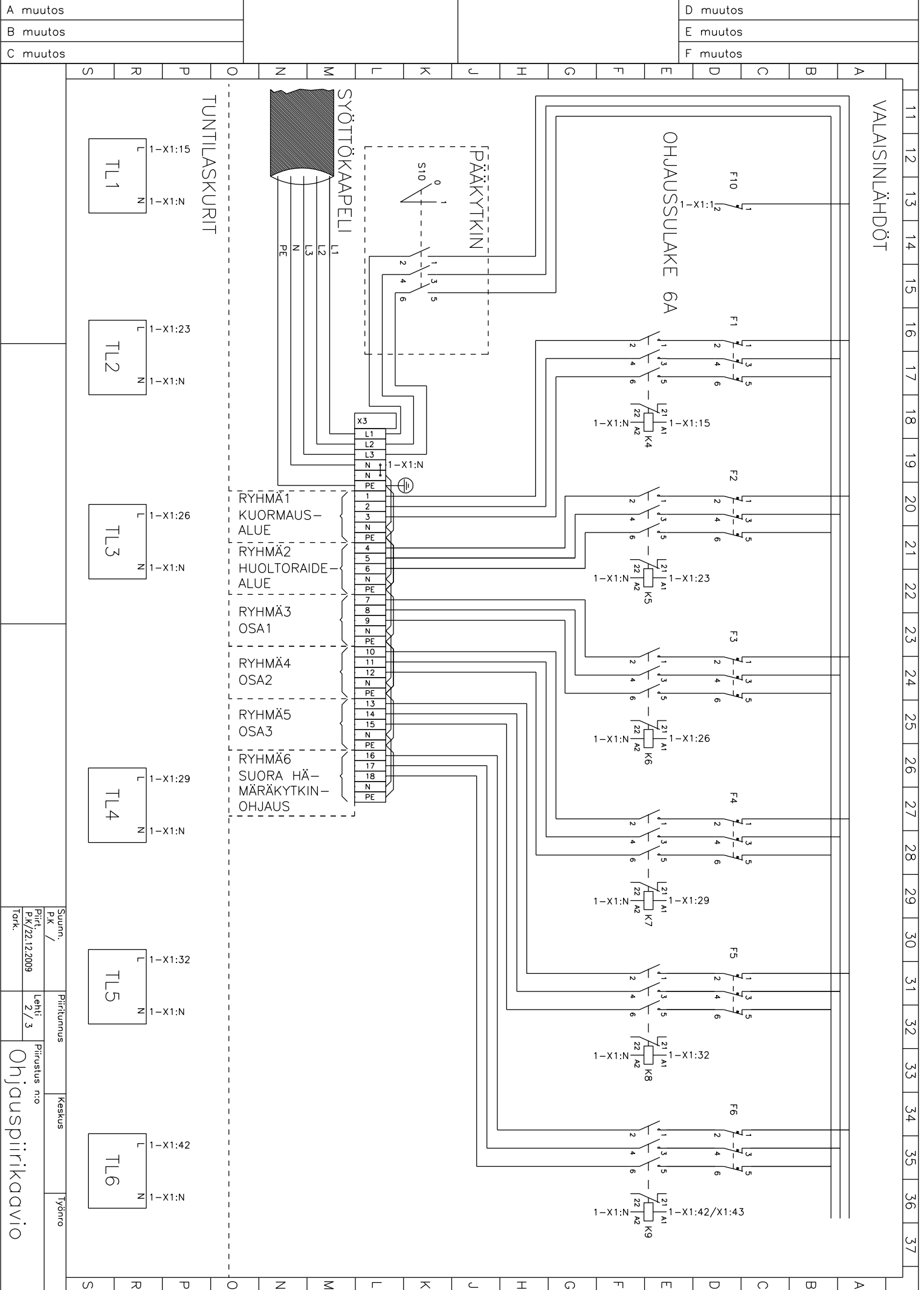
				<p>VALP/VT.V.DRW</p>	
Proj.:	Suunn.	Maan.:	PHIT:	PMK:	
HTV:	Matti K.	HTV:	Matti K.	15.10.2007	
	Tippo		Korssi		
<p>Valaisimen suojaus ja sähköradan paluukiskoon</p>			<p>PHIT: NO 0400 990E00021</p>		











A muutos
B muutos
C muutos

D muutos
E muutos
F muutos

Suunn. P.K. /	Piirittynyt	Keskus	Työno
Piiritt. P.K./22.12.2009	Lehti: 2 / 3	Piirustus n:o	
Tark.			
Ohjauspiirikaavio			







## Projekti 1

Yhteyshenkilö:  
Tilausnumero:  
Toiminimi:  
Asiakasnumero:

Päivämäärä: 18.12.2009  
Tekijä: Petri Koponen

Opiskelija

Tekijä Petri Koponen  
Puhelin -  
Faksi  
Sähköpostiosoite petri.koponen@student.savonia-amk.fi

---

## Sisällysluettelo

---

### Projekti 1

Projektin etusivu	1
Sisällysluettelo	2
Luettelo valaisimista	3
<b>Philips CON TEMPO3 RVP351 1xSON-T250W CON S</b>	
Valaisintietoarkki	4
<b>Philips CON TEMPO3 RVP351 1xSON-T400W CON S</b>	
Valaisintietoarkki	5
<b>Ulkotilanne 1</b>	
Suunnittelutiedot	6
Luettelo valaisimista	7
Pohjapiirros	8
Valaisimet (pohjakuva)	9
Valaisimet (koordinaattien luettelo)	10
Kolmiulotteinen kuvanmuodostus	13
<b>Ulkopinnat</b>	
<b>Pohjapintaelementti 1</b>	
<b>Pinta 1</b>	
Isolux-käyrät (E)	14

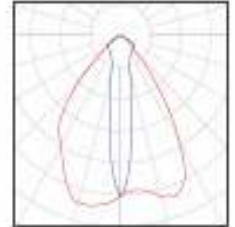
Opiskelija

Tekijä Petri Koponen  
Puhelin -  
Faksi -  
Sähköpostiosoite petri.koponen@student.savonia-ammk.fi

---

## Projekti 1 / Luettelo valaisimista

81 Kappale Philips CON TEMPO3 RVP351 1xSON-T400W  
CON S  
Tavaranumero:  
Valaisimien valovirta: 48000 lm  
Valaisimien teho: 430.0 W  
Valaisinten luokittelu CIE: 100  
Elektronikkakomponenttien valovirtakoodi: 71  
95 100 100 73  
Varustus: 1 x SON-T400W (Korjaustekijä 1.000).

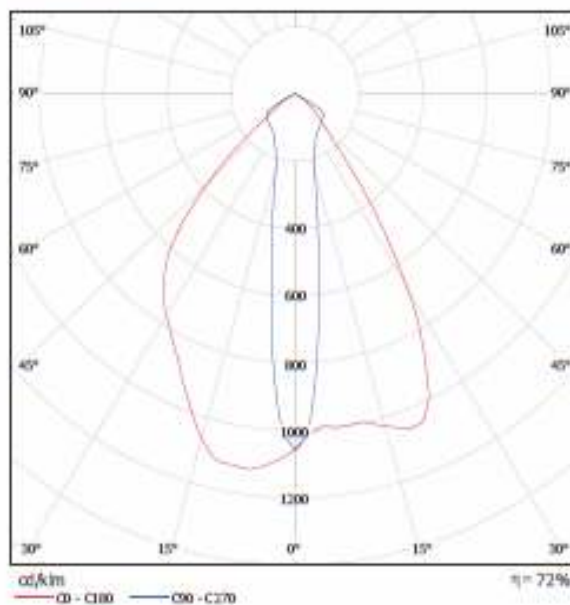


Opiskelija

Tekijä Petri Koponen  
 Puhelin -  
 Faksi -  
 Sähköpostiosoite petri.koponen@student.savonia-ami.fi

## Philips CON TEMPO3 RVP351 1xSON-T250W CON S / Valaisintietoarkki

Valaistu alue 1:



Valaisinten luokittelu CIE: 100  
 Elektronikkakomponenttien valovirtakoodi: 71 95  
 100 100 73

Puuttuvien symmetriaominaisuuksien takia ei tälle valaisimelle voida näyttää UGR-taulukkoa.

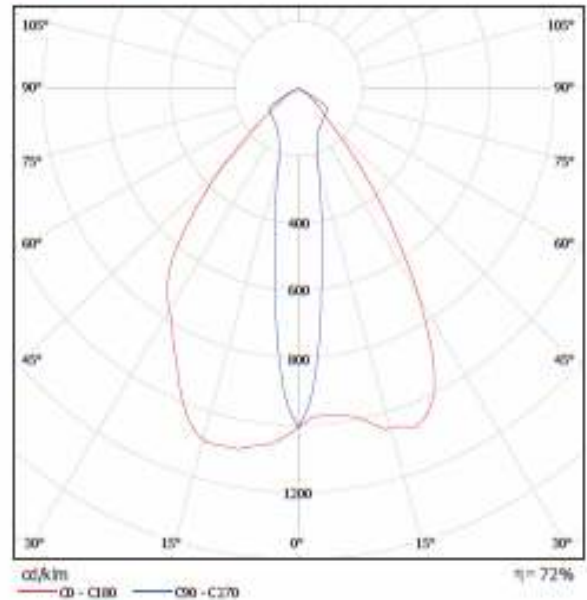


Opiskelija

Tekijä Petri Koponen  
 Puhelin -  
 Faksi  
 Sähköpostiosoite petri.koponen@student.savonia-ami.fi

## Philips CON TEMPO3 RVP351 1xSON-T400W CON S / Valaisintietoarkki

Valaistu alue 1:



Valaisinten luokittelu CIE: 100  
 Elektronikkakomponenttien valovirtakoodi: 71 95  
 100 100 73

Puuttuvien symmetriaominaisuuksien takia ei tälle valaisimelle voida näyttää UGR-taulukkoa.

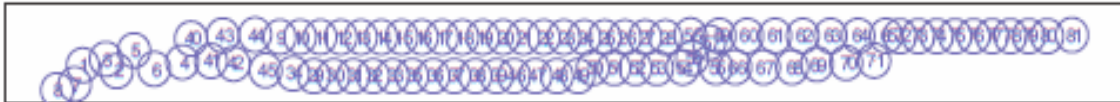
Opiskelija

Tekijä Petri Koponen  
 Puhelin -  
 Faksi -  
 Sähköpostiosoite petri.koponen@student.savonia-ami.fi

### Ulkotilanne 1 / Valaisimet (koordinaattien luettelo)

#### Philips CON TEMPO3 RVP351 1xSON-T400W CON S

48000 lm, 430.0 W, 1 x 1 x SON-T400W (Korjaustekijä 1.000).

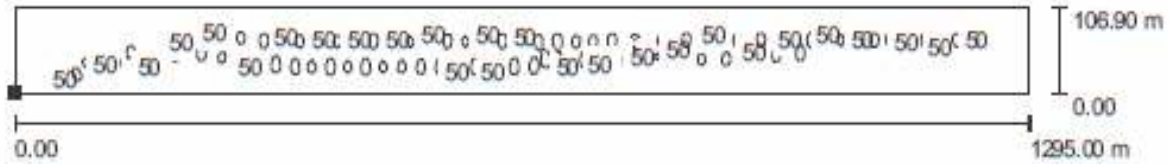


Numero	Sijainti [m]			Pyörähdys [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	59.900	30.100	15.000	0.0	-25.0	-45.0
2	99.192	23.732	15.000	0.0	-25.0	100.9
3	86.622	36.700	15.000	0.0	-25.0	-85.3
4	175.100	33.400	15.000	0.0	-25.0	128.6
5	119.200	46.000	15.000	0.0	-25.0	-107.2
6	142.500	26.100	15.000	0.0	-22.0	82.4
7	50.900	9.600	15.000	0.0	-25.0	112.2
8	30.200	3.100	15.000	0.0	-15.0	127.7
9	287.562	60.535	15.000	0.0	25.0	90.0
10	311.001	60.522	15.000	0.0	25.0	90.0
11	334.441	60.510	15.000	0.0	25.0	90.0
12	357.880	60.497	15.000	0.0	25.0	90.0
13	381.319	60.484	15.000	0.0	25.0	90.0
14	404.758	60.472	15.000	0.0	25.0	90.0
15	428.198	60.459	15.000	0.0	25.0	90.0
16	451.637	60.446	15.000	0.0	25.0	90.0
17	475.076	60.434	15.000	0.0	25.0	90.0
18	498.515	60.421	15.000	0.0	25.0	90.0
19	521.955	60.408	15.000	0.0	25.0	90.0
20	545.394	60.396	15.000	0.0	25.0	90.0
21	568.833	60.383	15.000	0.0	25.0	90.0
22	592.272	60.370	15.000	0.0	25.0	90.0
23	615.712	60.357	15.000	0.0	25.0	90.0
24	639.151	60.345	15.000	0.0	25.0	90.0
25	662.590	60.332	15.000	0.0	25.0	90.0
26	686.029	60.319	15.000	0.0	25.0	90.0
27	709.469	60.307	15.000	0.0	25.0	90.0
28	732.908	60.294	15.000	0.0	25.0	90.0

Opiskelija

Tekijä Petri Koponen  
 Puhelin -  
 Faksi -  
 Sähköpostiosoite petri.koponen@student.savonia-ami.fi

### Ulkotilanne 1 / Pohjapintaelementti 1 / Pinta 1 / Isolux-käyrät (E)



Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 9259

Pinnan sijainti ulkotilanteessa:  
 Merkitty piste:  
 (-29.600 m, -9.850 m, 0.000 m)



Rasteri: 259 x 21 Pisteet

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
15	0.00	201	0.000	0.000

## Petri Koponen

Opiskelija

Päivämäärä:

18-12-2009

Asiakas:

Praxion Oy

Suunnittelija:

Petri Koponen

Tässä raportissa esitetyt nimellisarvot on saatu tarkkuuslaskelmilla, jotka pohjautuvat tarkasti sijoitetuihin, kiinteässä suhteessa toisiinsa ja tarkastettavaan alueeseen oleviin valaisimiin. Käytännössä nämä arvot voivat vaihdella johtuen valaisinten, niiden sijoittelun, heijastusominaisuuksien ja sähkösyötön toleransseista.

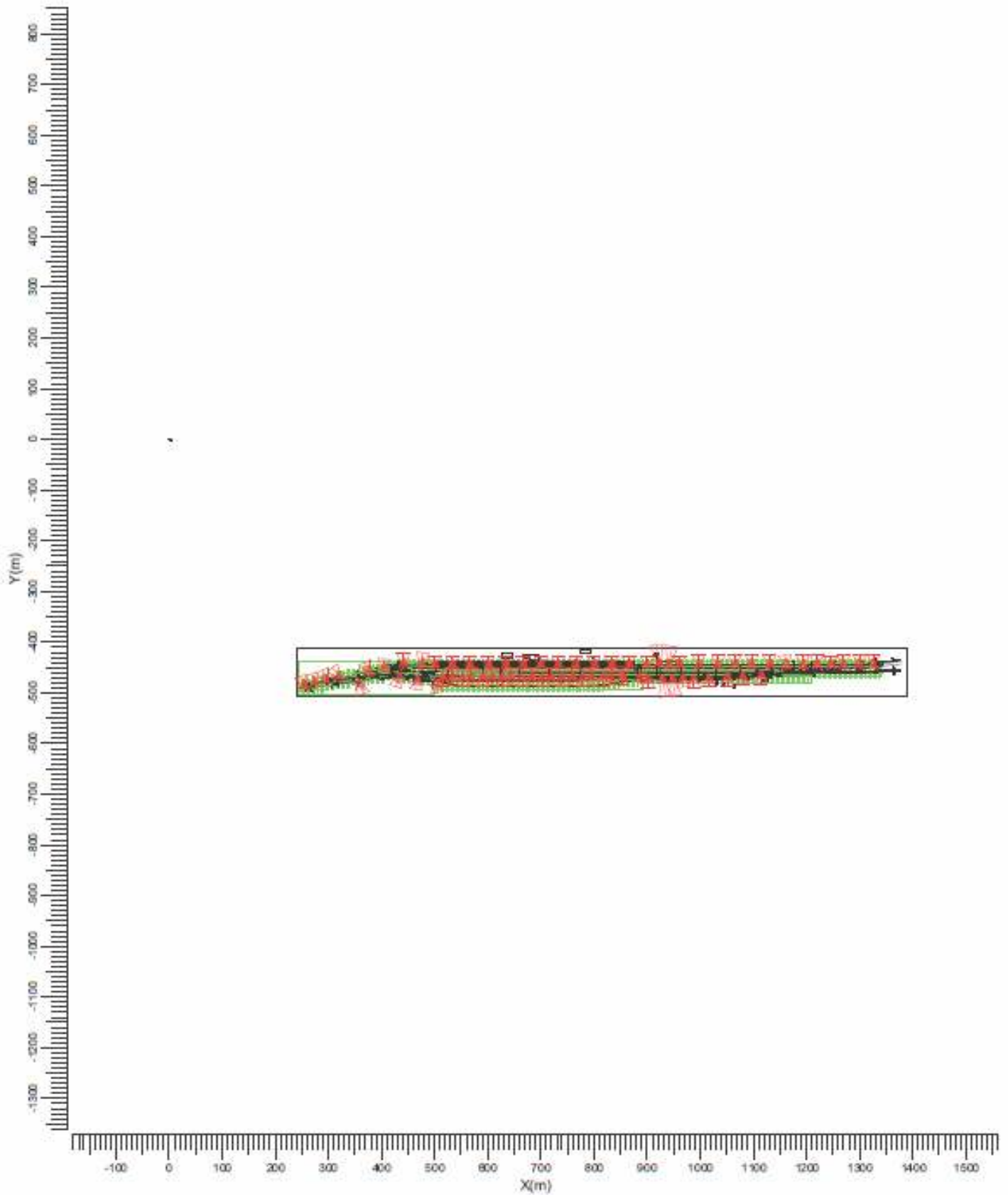
---

## Sisällysluettelo

---

<b>1.</b>	<b>Projektin kuvaus</b>	<b>3</b>
1.1	3-D Projektikuva	3
1.2	Projektikuva ylhäältä	4
1.3	Projektikuva edestä	5
<b>2.</b>	<b>Yhteenveto</b>	<b>6</b>
2.1	Yleistä tietoa	6
2.2	Projektivalaisimet	6
2.3	Laskentatulokset	6
<b>3.</b>	<b>Laskentatulokset</b>	<b>7</b>
3.1	Vapaa pisteverkko: Tekstitalukko	7
3.2	Vapaa pisteverkko: Tasa-arvokäyrä	11
3.3	Vapaa pisteverkko1: Tekstitalukko	12
3.4	Vapaa pisteverkko1: Tasa-arvokäyrä	19
3.5	Vapaa pisteverkko2: Tekstitalukko	20
3.6	Vapaa pisteverkko2: Tasa-arvokäyrä	25
3.7	Vapaa pisteverkko3: Tekstitalukko	26
3.8	Vapaa pisteverkko3: Tasa-arvokäyrä	29
<b>4.</b>	<b>Valaisintiedot</b>	<b>30</b>
4.1	Projektivalaisimet	30
<b>5.</b>	<b>Asennustiedot</b>	<b>31</b>
5.1	Selitykset	31
5.2	Valaisinten sijainti ja suuntaus	31

1.2 Projektikuva ylhäältä



A  RVP351 S

Mittakaava  
1:10000

Petri Koponen

Opiskelija

Päivämäärä: 18-12-2009

## 2. Yhteenveto

### 2.1 Yleistä tietoa

Tässä projektissa käytetty yleinen alenemakerroin on 0.80.

### 2.2 Projektivalaisimet

Koodi	kpl	Valaisintyyppi	Lampputyyppi	Teho (W)	Valovirta (lm)
A	70	RVP351 S	1 * SON-T400W	430.0	1 * 48000

Kokonaisteho: 30.10 (kW)

Valaisinten määrä ryhmässä:

Ryhmä	Valaisinkoodi	Teho (kW)
	A	
Rivi	13	5.59
Rivi2	9	3.87
Rivi3	9	3.87
Yksittäiset	39	16.77

### 2.3 Laskentatulokset

Laskennat:

Laskenta	Tyyppi	Yksikkö	Ka	Min/Ka	Min/Max
Vapaa pisteverkko	Pinnan valaistusvoimakkuus	luksi	35.8	0.19	0.06
Vapaa pisteverkko1	Pinnan valaistusvoimakkuus	luksi	37.8	0.26	0.07
Vapaa pisteverkko2	Pinnan valaistusvoimakkuus	luksi	41.8	0.10	0.02
Vapaa pisteverkko3	Pinnan valaistusvoimakkuus	luksi	33.4	0.18	0.05



Petri Koponen

Opiskelija

Päivämäärä: 18-12-2009

### 3. Laskentatulokset

#### 3.1 Vapaa pisteverkko: Tekstitalukko

Pisteverkko : Vapaa pisteverkko Z = -0.00 m  
 Laskelma : Pinnan valaistusvoimakkuus (luksi)

X (m)	245.01	250.01	255.01	260.01	265.01	270.01	275.01	280.01	285.01	290.01	295.01	300.01	305.01
Y (m)													
-436.84													
-441.84													
-446.84													
-451.84													
-456.84													
-461.84													
-466.84													
-471.84										21	24	23	21
-476.84						22	24	24	27	30	36	56	72
-481.84	20	24	25	27	31	39	68	77	71	102	85	43	
-486.84	26	48	76	70	80	114>	79	43	45	33	21	13	
-491.84	88	94	60	44	50	32	20	15	14				
-496.84	28	20	15	14									
-501.84													
Jatkuu >													

Keskiarvo  
35.8

Min/Ka  
0.19

Min/Max  
0.06

Projektin alenemakerroin  
0.80



Petri Koponen

Opiskelija

Päivämäärä: 18-12-2009

## 3.3 Vapaa pisteverkko1: Tekstitalukko

Pisteverkko : Vapaa pisteverkko1 Z = -0.00 m  
 Laskelma : Pinnan valaistusvoimakkuus (luksi)

X (m)	496.61	501.61	506.61	511.61	516.61	521.61	526.61	531.61	536.61	541.61	546.61	551.61	556.61
Y (m)													
-437.83													
-442.83		27	22	18	14	16	21	27	27	20	15	13	17
-447.83		59	53	37	23	28	56	71	72	50	29	20	35
-452.83		102	87	58	41	45	67	74	77	61	45	37	52
-457.83		53	78	103	95	87	49	27	35	54	86	95	89
-462.83		34	46	57	53	41	23	16	19	30	44	51	46
-467.83		56	64	58	38	29	30	29	27	26	26	28	28
-472.83		78	67	45	32	28	26	27	25	25	25	26	28
-477.83		28	24	17	15	17	23	26	25	19	15	11	14
-482.83		23	20	15	17	37	55	61	60	41	25	16	25
-487.83		18	15	10<	14	26	33	36	36	29	20	18	23
-492.83													

Jatkuu &gt;

Keskiarvo  
37.8

Min/Ka  
0.26

Min/Max  
0.07

Projektin alenemakerroin  
0.80

Petri Koponen

Opiskelija

Päivämäärä: 18-12-2009

## 4. Valaisintiedot

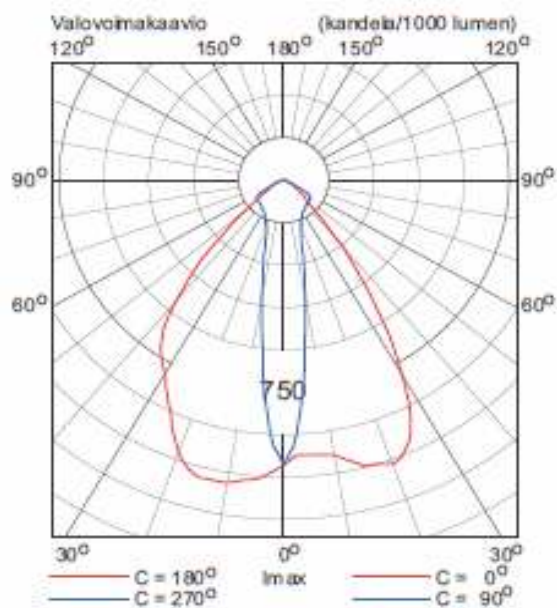
### 4.1 Projektivalaisimet

CON TEMPO3 RVP351 1xSON-T400W S



Käyttöhyötysuhteet

Alapuolinen	: 0.72
Yläpuolinen	: 0.00
Kokonais	: 0.72
Kuristin	: Standardi
Lampun valovirta	: 48000 lm
Valaisimen teho	: 430.0 W
Mittauskoodi	: LVC0602440



## 5. Asennustiedot

### 5.1 Selitykset

#### Projektivalaisimet:

Koodi	kpl	Valaisintyyppi	Lampputyyppi	Valovirta (lm)
A	70	RVP351 S	1 * SON-T400W	1 * 48000

### 5.2 Valaisinten sijainti ja suuntaus

kpl ja koodi	Sijainti			Suuntauskulmat		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Pyör.	Kal90	Kall0
1* A	252.92	-482.19	15.00	-69.6	31.3	0.0
1* A	273.78	-478.09	15.00	-65.5	30.4	0.0
1* A	295.19	-471.80	15.00	-67.5	33.7	0.0
1* A	318.85	-465.33	15.00	-51.8	37.4	0.0
1* A	359.74	-484.37	15.00	113.4	50.1	0.0
1* A	375.54	-455.82	15.00	-70.2	33.4	0.0
1* A	403.95	-449.35	15.00	-91.8	34.0	0.0
1* A	433.62	-470.41	15.00	75.1	39.5	0.0
1* A	441.30	-439.84	15.00	-89.7	37.7	0.0
1* A	468.04	-474.66	15.00	77.4	39.5	0.0
1* A	476.04	-439.98	15.00	-99.0	43.8	0.0
1* A	500.00	-443.00	15.00	-86.3	29.9	0.0
1* A	502.01	-482.79	15.00	96.0	39.2	0.0
1* A	515.00	-469.00	15.00	90.0	35.0	0.0
1* A	532.00	-470.00	15.00	-90.0	45.0	0.0
1* A	533.33	-443.00	15.00	-90.0	27.1	0.0
1* A	552.63	-469.13	15.00	90.0	35.0	0.0
1* A	566.67	-443.00	15.00	-90.0	27.1	0.0
1* A	569.50	-470.00	15.00	-90.0	45.0	0.0
1* A	590.25	-469.26	15.00	90.0	35.0	0.0
1* A	600.00	-443.00	15.00	-90.0	27.1	0.0
1* A	607.00	-470.00	15.00	-90.0	45.0	0.0
1* A	627.87	-469.39	15.00	90.0	35.0	0.0
1* A	633.33	-443.00	15.00	-90.0	27.1	0.0
1* A	644.50	-470.00	15.00	-90.0	45.0	0.0
1* A	665.50	-469.53	15.00	90.0	35.0	0.0
1* A	666.67	-443.00	15.00	-90.0	27.1	0.0
1* A	682.00	-470.00	15.00	-90.0	45.0	0.0
1* A	700.00	-443.00	15.00	-90.0	27.1	0.0
1* A	703.12	-469.66	15.00	90.0	35.0	0.0
1* A	719.50	-470.00	15.00	-90.0	45.0	0.0
1* A	733.33	-443.00	15.00	-90.0	27.1	0.0
1* A	740.75	-469.79	15.00	90.0	35.0	0.0
1* A	757.00	-470.00	15.00	-90.0	45.0	0.0
1* A	766.67	-443.00	15.00	-90.0	27.1	0.0
1* A	778.37	-469.92	15.00	90.0	35.0	0.0
1* A	794.50	-470.00	15.00	-90.0	45.0	0.0
1* A	800.00	-443.00	15.00	-90.0	27.1	0.0
1* A	816.00	-470.05	15.00	90.0	35.0	0.0
1* A	832.00	-470.00	15.00	-90.0	45.0	0.0
1* A	833.33	-443.00	15.00	-90.0	27.1	0.0
1* A	852.28	-466.97	15.00	90.9	36.9	0.0
1* A	853.79	-467.17	15.00	-90.2	38.2	0.0

## Valaisinsijoitusraportti

Projekti Esimerkki  
 Käsitelijä Petri Koponen  
 Huoneen nimi Esimerkki  
 Info

**Asiakas:** Proxion Oy

**Huoneen mitat:**

	max.	min.		
Pituus x (m)	1289,05		Työtaso (m)	0,85
Leveys y (m)	155,05		Käytöksen korkeus (m)	0,8
Korkeus z (m)	15,0			
Asennuskork. z (m)	15,0			

**Heijastus:**

Katto	0,0
Seinät 1-4	0,0 0,0 0,0 0,0
Lattia	0,35

### Valaisintiedot

No	lukum. käyttö	Valaisintyyppi		lukum. valot.	lm	Valolähde	Watt
1	4	Jet 7 400W HIT E40 sym hammered refl	F	1	34000	HIT 400 W	433

### Laskentatulokset

Työtaso:	Emid: 0 Lux	Tasaisuus Emin/Emid: 0,00	Emin/Emax:0,00
asennettu teho yht.		1,73 kW	
Annettu tehokuorma		0,01 W/m <sup>2</sup>	

## Valaisinsijoitusraportti

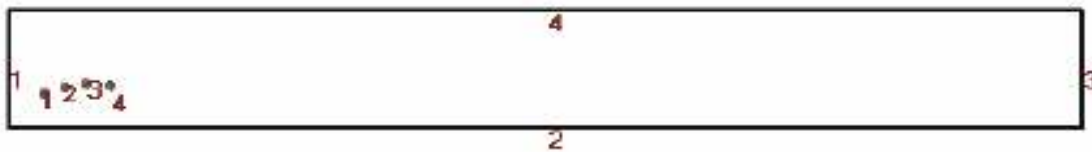
Projekti **Esimerkki**  
 Käsitteijä **Petri Koponen**  
 Huoneen nimi **Esimerkki**  
 Info

### Valaisinpositiot

No	Typpi	Valaisin	Valaisimen keskipiste			Kulmat (°)			Mitoitus
			(m) x	y	z	Käännä	Kallistus	Kääntö	
1	1	Jet 7 400W HIT E40 sym hammered refl	35,71	51,12	15,00	62,4	0	28,2	100,0
2	1	Jet 7 400W HIT E40 sym hammered refl	64,47	59,38	15,00	76,3	0	27,6	100,0
3	1	Jet 7 400W HIT E40 sym hammered refl	90,49	65,63	15,00	88,8	0	27,5	100,0
4	1	Jet 7 400W HIT E40 sym hammered refl	120,40	47,91	15,00	247,5	0	29,3	100,0

### Heljastus

Taso	Helj.arvo
Seinä 1	0,00
Seinä 2	0,00
Seinä 3	0,00
Seinä 4	0,00
Katto	0,00
Lattia	0,35


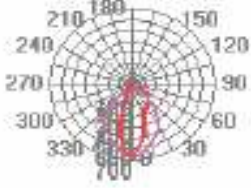




**Valaisinsijoitusraportti**

Projekti	<b>Esimerkki</b>
Käsittelijä	<b>Petri Koponen</b>
Huoneen nimi	<b>Esimerkki</b>
Info	

**Valaisin Info****Jet 7 400W HIT E40 sym hammered refl**

Kuva	Valonjako	Teksti
		<p>Valonheitin moniin kohteisiin Sekä symmetrinen että epäsymmetrinen valonjako</p> <p><b>Erittely</b> Valonheittimen runko ja lasin kehys ovat mustaksi polyesterijauhemaalattua alumiinia. Liitäntäkotelo on mustaa muovia ja heijastin kiiltoeloksoitua alumiinia jota peittää 5 mm karkaistu suojalasi. Kiinnityssanka on mustaksi maalattua sinkittyä terästä. Lampun kanta E40. IP65, luokka I.</p> <p><b>Valonlähde</b> Monimetallilamppu HIT 250 - 400W tai suurpainenaatriumlamppu HS 250 - 400 - 600W.</p> <p><b>Liitäntälaite</b> Valaisin toimitetaan kompensoituna (F) - liitäntälaite tilaus erikseen.</p> <p><b>Asennus</b> Valaisin kiinnitetään mukana toimitettavalla kiinnikkeellä.</p> <p><b>Kytkeytys</b> Ryhmäjohdon liitin 5 x 6 mm<sup>2</sup>.</p>

## Valaisinsijoitusraportti

Projekti **Esimerkki**  
 Käsittelijä **Petri Koponen**  
 Huoneen nimi **Esimerkki**  
 Info

### ISOLUX-käyrä työtaso

Keskim. valaistusvoimakk. Emid= 0 Lux Tasaisuus Emin/Emid: 0,00 Emin/Emax:0,00



### LUX-arvotyytaso

y/x	12,89	38,67	64,45	90,23	116,01	141,80	167,58	193,36	219,14	244,92	270,70	296,48	322,26	348,04	373,82
152,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0							
145,8	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0							
139,5	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0						
133,3	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0							
127,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0							
120,9	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0							
114,7	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0							
108,5	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,1	0,0	0,0							
102,3	0,0	0,0	0,1	0,3	0,4	0,2	0,0								
96,13	0,0	0,0	0,1	0,4	0,6	0,2	0,0								
89,93	0,0	0,0	0,2	0,5	0,9	0,3	0,0								
83,73	0,0	0,0	0,2	0,6	1,4	0,3	0,0								
77,53	0,0	0,0	0,2	1,3	2,5	0,4	0,0								
71,32	0,0	0,0	0,6	3,5	4,5	0,5									
65,12	0,0	0,2	2,7	22	9,8	0,6	0,0								
58,92	0,0	1,4	21	67	31	0,5	0,0								
52,72	0,0	14	63	26	56	0,3	0,0								
46,52	0,1	62	26	9,0	15	0,1	0,0	0,0							
40,31	0,2	33	9,6	5,6	1,9	0,1	0,0	0,0							
34,11	0,3	11	6,1	3,6	1,0	0,1	0,0	0,0							
27,91	0,3	5,0	3,9	2,4	0,8	0,1	0,0	0,0	0,0						
21,71	0,3	2,9	2,6	1,7	0,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0					
15,51	0,2	1,8	1,8	1,2	0,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0					
9,30	0,2	1,2	1,2	0,9	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
3,10	0,2	0,8	0,9	0,7	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				

Esimerkki  
Valaistuksen lisäyksen suunnittelu  
Siilinjärven ratapiha km 489+718

# TEKNINEN SUUNNITELMASELOSTUS

## SIILINJÄRVI

### KM 489+718



Muutos	Selitys	Pvm	Nimi
--------	---------	-----	------

	Nimi	Pvm						
Piirt.		13.02.2010	<b>SIILINJÄRVI</b> <b>VALAISTUS</b> <b>KM 489+718</b> <b>SUUNNITELMASELOSTUS</b>	<b>(PIEKSÄMÄKI)-</b> <b>(KONTIOMÄKI)</b>				
Suunn.		13.02.2010						
Tark.		13.02.2010						
Hyv.		13.02.2010						
Tilaaajan hyv.								
Tilaaaja	Toimittaja		Paikka	Laji	Numero	Muutos	Lehti	Lehtiä
LIIKENNEVIRASTO						-	1	8



Esimerkki  
Valaistuksen lisäyksen suunnittelu  
Siilinjärven ratapiha km 489+718

## Sisällysluettelo

<b>1 HANKKEEN YLEISTIEDOT</b>	<b>3</b>
1.1 RAKENTAMISKOHDE.....	3
1.2 SUUNNITELMIEN TILAAJA .....	3
1.3 VALAISTUSSUUNNITTELU.....	3
1.4 SUUNNITTELUN RAJAT.....	3
<b>2 MÄÄRÄYKSET JA OHJEET</b>	<b>3</b>
2.1 OHJE- PIIRRUSTUKSET .....	4
<b>3 VALAISTUKSEN LISÄYS</b>	<b>5</b>
3.1 LAITTEET JA KOMPONENTIT .....	6
3.2 KAAPELOINTI JA JOHTOTIET .....	6
3.3 MAADOITUKSET .....	7
3.4 VALAISTUSLASKELMAT .....	8
3.5 VALAISIMIEN SUUNTAUKSET .....	8
3.6 RYHMIEN KUORMITUKSET.....	8
<b>4 SUUNNITELMA-ASIAKIRJAT</b>	<b>8</b>

Esimerkki  
Valaistuksen lisäyksen suunnittelu  
Siilinjärven ratapiha km 489+718

## 1 HANKKEEN YLEISTIEDOT

### 1.1 RAKENTAMISKOHDE

Siilinjärven ratapihan kuormausalueen valaistussuunnittelu. Kuormausalueelle sekä seisonta- ja huoltoraidealueelle lisätään valaistusta.

### 1.2 SUUNNITELMIEN TILAAJA

Liikennevirasto, rautatieosasto  
Nimi  
PL 185, 00101 Helsinki  
p.  
E-mail.

### 1.3 VALAISTUSSUUNNITTELU

Proxion Oy  
PL 30 (Kauppakatu 1)  
76101 Pieksämäki

Yhteyshenkilöt: Nimi (projektipäällikkö)  
p.  
E-mail:

Nimi (suunnittelija)  
p.  
e-mail:

### 1.4 SUUNNITTELUN RAJAT

Suunnittelu koskee Siilinjärven ratapihan kuormausalueen sekä seisonta- ja huoltoraidealueen valaistusta. Alueelle suunnitellaan lisävalaistusta ja uusi jakokaappi sekä valaistuskeskus.

## 2 MÄÄRÄYKSET JA OHJEET

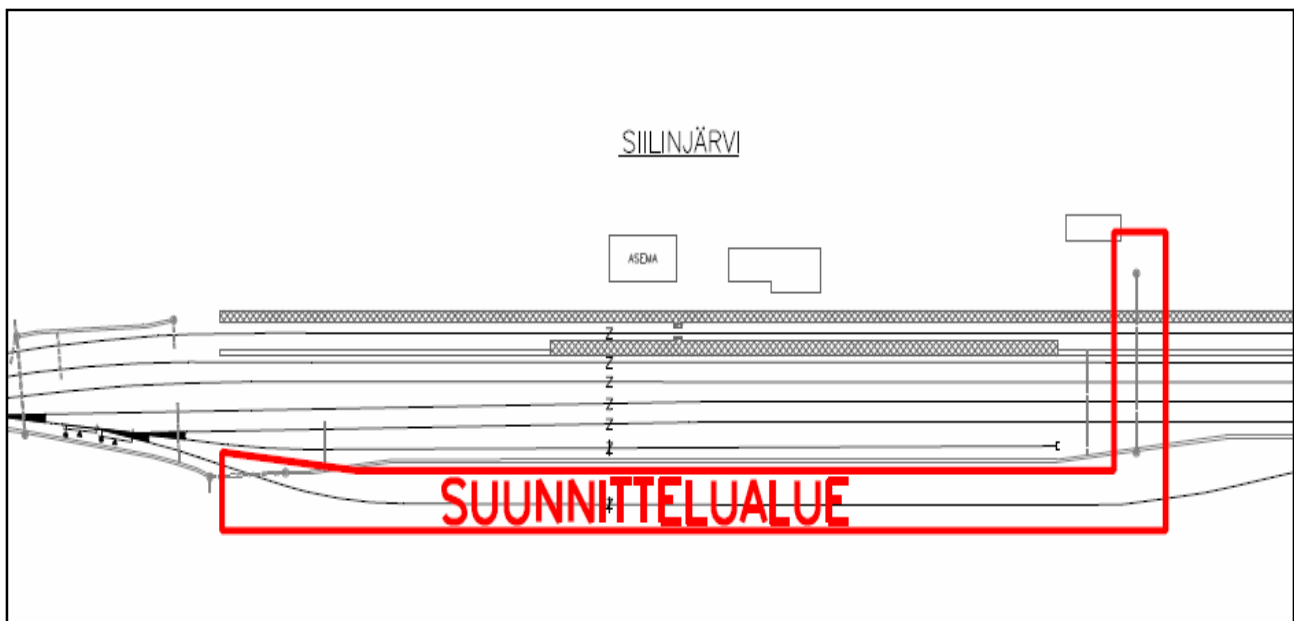
Valaisimien sijoittamisessa sekä maadoittamisessa on huomioitava Rautatieviraston (RVI) määräykset sekä sähköalan säädöksissä ja standardeissa esitetyt vaatimukset ja erityisesti Liikenneviraston (Ratahallintokeskus) ohjeet:

Esimerkki  
Valaistuksen lisäyksen suunnittelu  
Siilinjärven ratapiha km 489+718

- Rautatiealueen valaistusvaatimukset
- julkaisu B13 (Yleisohje johdoista ja kaapeleista Ratahallintokeskuksen alueella)
- julkaisu B9 (Laittilojen ja valaisimien maadoittaminen)
- julkaisu B23 (Rautatiealueelle tulevien kiinteiden laitteiden ja rakenteiden maadoitussuunnittelu)
- julkaisu B22 (Sähkörataohjeet)

## 2.1 OHJE- PIIRUSTUKSET

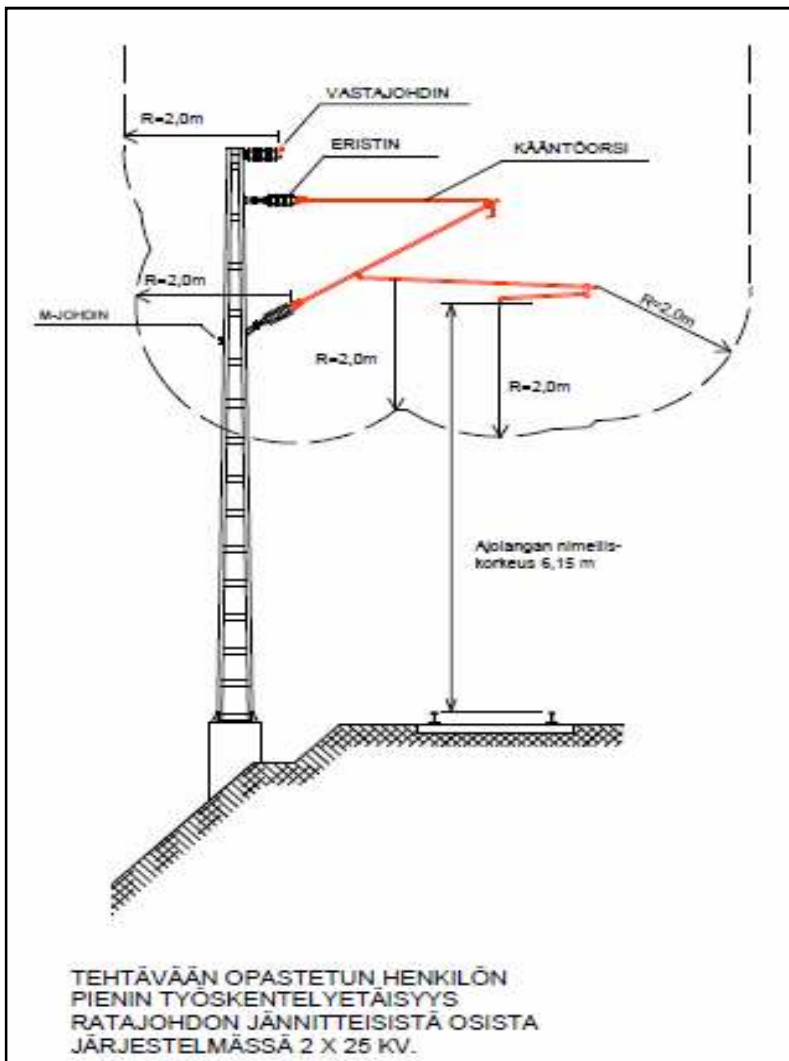
Suunnittelualue rajataan sähköradan vaaraetäisyyden ulkopuolelle. Kuvassa 2 on esitetty suunnittelualueen rajat.



Kuva 2. Valaistuksen suunnittelualue.

Esimerkki  
Valaistuksen lisäyksen suunnittelu  
Siilinjärven ratapiha km 489+718

Työskentelyetäisyydet sähköradan osista tulee julkaisun B22 mukaan olla kuvan 3 mukaiset.



Kuva 3. Valaistuksen suunnittelualue.

### 3 VALAISTUKSEN LISÄYS

Valaistuksen teknisten ratkaisujen tulee olla soveltuvia sähköradan läheisyyteen. Tulevaisuudessa radan muutostöiden yhteydessä on mahdollisesti tarvetta esimerkiksi paluuvirtapiirin liittämiseksi laitteisiin. Kaikissa laitteissa jakokaappia lukuunottamatta on tarkoitukseen kelpaavat liitoksien paikat.

Valaisimet asennetaan puupylväisiin valmistajien antamien ohjeiden mukaan. Jokaisessa pylväässä on yksi lusikkavalaisin 250 W: n suurpainenaatrium- lampulla.

Esimerkki  
Valaistuksen lisäyksen suunnittelu  
Siilinjärven ratapiha km 489+718

### 3.1 LAITTEET JA KOMPONENTIT

- Lusikkavalaisimet (5 kpl)
  - o Suurpainenatriumlamppu (5 kpl)
  - o Cu 25 mm<sup>2</sup> liitännämahdollisuudet
  - o Kiinnitystarvikkeet pylväisiin
  
- Puupylväät (5 kpl)
  - o Liitännäkotelo, jossa 6 A johdonsuojakatkaisija
  
- Jakokaappi
  - o Jalustaan kaapeleiden kiinnitystuet
  - o Valaistuskeskus
  - o Ulkoseinään painonappi valaistuksen käsinohjaukseen
  - o Hämähäkytkin
  
- Kaapelikaivo + kansi
  
- Määräluettelot esitetty suunnitelma- asiakirjoissa

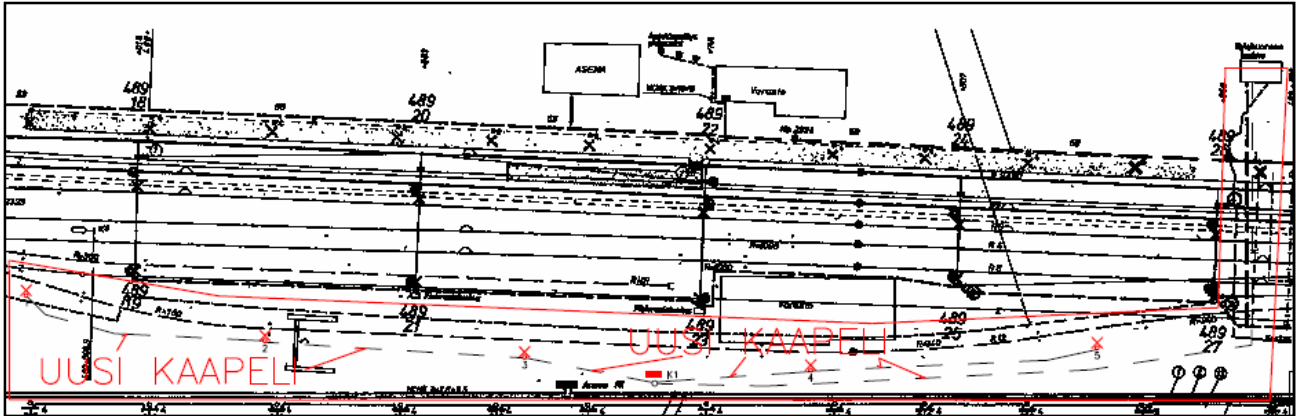
### 3.2 KAAPELOINTI JA JOHTOTIET

Syöttökaapeli AMCMK 4x35/ 16 otetaan relehuoneen keskuksesta vanhaa alitusputkea myöten. Valaisimien väliset kaapeloinnit tehdään MCMK 4x6/ 6 maakaapelilla. Kaapeleihin on laskettu laajennusvara tulevaisuutta ajatellen.

Lisäksi jakokaapin eteen asennetaan kaapelikaivo ja kaivosta suora putki jakokaappiin halkaisijaltaan 110 mm muoviputkella.

Kaapelointi on toteutettava julkaisun B13 (Yleisohje johdoista ja kaapeleista Ratahallintokeskuksen alueella) mukaan. Kaapeloinnin toteutus on esitetty kuvassa 4.

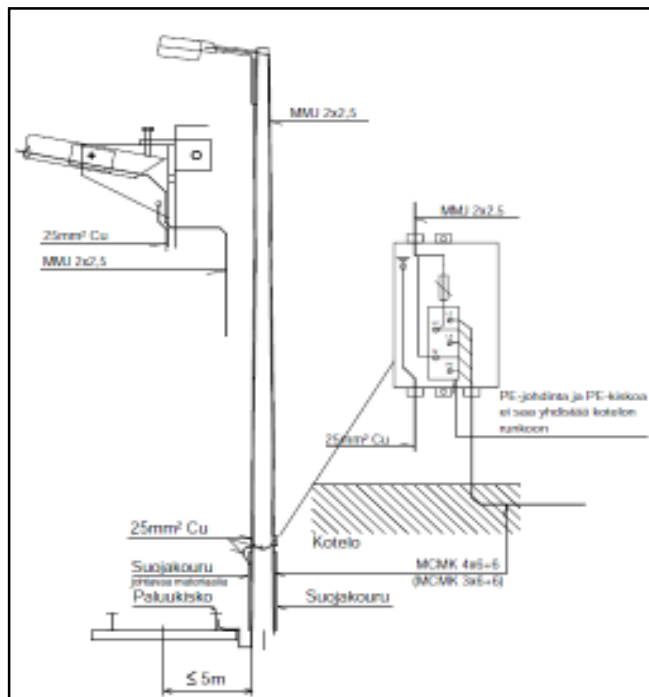
Esimerkki  
Valaistuksen lisäyksen suunnittelu  
Siilinjärven ratapiha km 489+718



Kuva 4. Valaistuksen suunnittelualue sekä lisättävät kaapeloinnit ja laitteet.

### 3.3 MAADOITUKSET

Valaisimet ja jakokaappi sijaitsevat sähköradan maadoitusta edellyttävän alueen ulkopuolella. Julkaisun B23 mukaan sähköradan vaara-alueen (> 5 metriä) ulkopuoliset keskuksat ja valaisimet maadoitetaan PE- PJ- liittimeen (keskuksesta tuleva syöttö). Kuvassa 5 on esitetty julkaisun B9 mukainen puupylvään maadoitustarve.



Kuva 4. Valaistuksen suunnittelualue sekä lisättävät kaapeloinnit ja laitteet.

Esimerkki  
Valaistuksen lisäyksen suunnittelu  
Siilinjärven ratapiha km 489+718

### 3.4 VALAISTUSLASKELMAT

Valaisimien määrä on suunniteltu Dialux 4.7- valaistussuunniteluohjelmalla. Valaistuksen keskimääräiseksi tavoitevalaistusvoimakkuudeksi asetettiin 10 luksia.

### 3.5 VALAISIMIEN SUUNTAUKSET

Valaisimien suuntaukset on esitetty Dialuxin raportissa. Maksimivalovirrat saa kohdistua korkeintaan 75 asteen kulmaan.

### 3.6 RYHMIEN KUORMITUKSET

Kuormitukset on laskettu valaisimien syttymisvirtojen mukaan. Suurin kuormitusvirta esiintyy syöttökaapelissa AMCMK 4x35/ 16 ja on suuruudeltaan 11,5 A.

## 4 SUUNNITELMA-ASIAKIRJAT

- Tekninen suunnitelmaselostus
- Kaapelointi-, sijoitus- ja tasopiirustus
- Valaisinluettelo
- Pylväs- ja mastoluettelo
- Määräluettelo
- Valaistuskalkulat
- Suuntauspiirustus
- Ryhmäkohtaiset kuormitustaulukot





