SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - **AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO**
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

KUOPION JÄTEKESKUKSEN SÄHKÖPIIRUSTUSTEN PÄIVITYS

TEKIJÄ: Kaj Salento

SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Tiivistelmä

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä Kaj Salento	
Työn nimi Kuopion jätekeskuksen sähköpiirustusten päivitys	
Päiväys 25.10.2016	Sivumäärä/Liitteet 51/5
Ohjaaja Lehtori Heikki Laininen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Sähköasennus Sähkömestarit Oy	

Tiivistelmä

Opinnäytetyön aiheena oli päivittää Kuopion jätekeskuksella toimivan Jätekukko Oy:n alueen sähköpiirustukset tarpeellisilta osin ja tehdä kuntotutkimus ulkoalueiden sähkölaitteistoista ja samalla tarkastella nykyisen sähköverkon mitoitusta.

Sähkökuvat päivitettiin tutustumalla olemassa oleviin sähköpiirustuksiin, tekemällä aistinvaraista tarkastelua itsenäisesti sekä opastetusti alueella ja haastattelemalla huollosta vastaavaa henkilöstöä. Sähkökuvat päivitettiin CADS Planner electric – ohjelmalla. Kuntotutkimuksessa kiinnitettiin huomiota ulkoalueiden sähkölaitteistojen kuntoon ja kalustohallin pääkeskus lämpökuvattiin FLIR TG165 -lämpökameralla. Pistorasiakeskusten vikavirtasuojien toiminta tarkastettiin Amrpobe 0100- Plus -asennustesterillä. Sähköverkon mitoitusta tarkasteltiin laskennan avulla ja huomiota kiinnitettiin jännitteenalenemiin ja oikosulkusuojauksen toimivuuteen.

Päivitetty asemapiirustus, kalustohallin keskuksien keskuskaaviot ja muut työn aikana päivitetyt sähköpiirustukset ja kuntotutkimuksen aikana havaitut puutteet esiteltiin ja luovutettiin alueen käyttöhenkilökunnalle ja alueen huollosta vastaavalle Sähköasennus Sähkömestarit Oy:lle korjaustoimenpiteitä varten. Esittelyn aikana opastettiin myös asemapiirustuksen tulkintaa ja sen hyödyntämistä vikatilanteiden nopeammassa selvitystyössä Jätekukko O:n henkilökunnalle. Työn lopputulokset helpottavat tulevaisuudessa alueella tehtäviä huolto- ja kunnossapitotöitä ja kuntotutkimuksessa ilmitulleet puutteet korjaamalla parannetaan alueen sähkötyöturvallisuutta.

Avainsanat
pienjänniteverkko, kuntotutkimus, lämpökuvaus

SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

THESIS
Abstract

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author Kaj Salento			
Title of Thesis Update of Electrical Drawings of the Waste Disposal Center in Kuopio			
Date	28 October, 2016	Pages/Appendices	51/5
Supervisor(s) Mr. Heikki Laininen, Senior Lecturer			
Client Organisation /Partners Sähköasennus Sähkömestarit Ltd			

Abstract

The aim of this final project was to update the existing electrical documentation of the waste disposal center in Kuopio in the area where waste management company Jätekukko Ltd operates. During the survey process also a condition inspection was made for the electrical equipment placed in outdoor areas. By calculating voltage reductions and short-circuit currents (in the electrical network) it was also studied whether the design of the existing electrical network meets the requirements set by currently valid standards.

Updating of the present electrical documentation was mostly done by sensory analysis and interviewing people responsible for the maintenance of the electrical network. Electrical documentation was updated using CADS Planner Electric software program. The condition survey was also made by sensory analysis. Verifying electrical measurements and imaging that was done by using a FLIR TG165 thermal camera. The observed flaws were documented and suggestions for corrections were made if required

Updated electrical drawings and flaws documented during the conditioning survey were forwarded and presented to the client organisation and project management staff of Jätekukko. During the meeting the staff was also given instructions on how to utilize the drawings in case of faults in the electrical network to reduce downtime. Updated electrical drawing documentation will help and clarify future maintenance operations conducted in the area and by correcting the observed defects in the electrical equipment. This will improve the general electrical safety in the area.

Keywords
low voltage network, condition survey, thermal camera imaging

public

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO 7
2 SÄHKÖSUUNNITTELUSÄÄDÖKSET 8
2.1 Sähköturvallisuus 8
2.1.1 Suojaus sähköiskulta (turvallisuuten liittyvä suojaus) 9
2.1.2 Perussuojaus 9
2.1.3 Vikasuojaus 10
2.1.4 Käytettävän sähkönsyöttöjärjestelmän ominaisuudet 10
2.1.5 Kuormituksen määrä ja laatu 11
2.1.6 Ympäristön vaikutus 11
2.1.7 Johtojen valinta 12
2.1.8 Asennustapa 13
2.1.9 Jakelujärjestelmät 13
2.1.10 Suoja-, ohjaus sekä erotuslaiteet 14
2.1.11 Sähkölaitteiden luoksepäästävyys ja tunnistaminen 14
2.1.12 Maadoitukset ja potentiaalintasaukset 14
2.2 Sähkölaitteiden valinta 15
2.3 Sähköasennusten toteuttaminen 15
2.4 Sähköasennusten dokumentointi 16
2.5 Käyttöpiirustukset ja muut dokumentit 16
3 SÄHKÖJÄRJESTELMIEN KUNNOSSAPITOTARKASTUS 18
3.1 Kunnossapitotarkastuksen sisältö 18
3.2 Tulokset 18
4 SÄHKÖLAITTEISTOJEN LÄMPÖKUVAUS 20
4.1 Säädökset ja pätevyysvaatimukset 20
4.2 Lämpötila ja lämmön siirtyminen 20
4.3 Mittalaitteet 20
4.4 Kuvattava laitteisto 21
4.5 Lämpökuvauksen raportointi 22
5 SÄHKÖINEN MITOITUS JA LASKENTA 23
5.1 Suojalaitteiden valinta 23
5.1.1 Ylikuormitussuojaus 23

5.1.2 Oikosulkusuojaus ... 24
5.1.3 Muuntajan arvot ... 25
5.2 Johdon kuormitettavuus ... 26
5.3 Jännitteenaleneman laskenta ... 27
5.4 Suojalaitteiden selektiivisyys ... 28
6 KUOPION JÄTEKESKUKSEN NYKYTILANTEEN SELVITTÄMINEN ... 30
6.1 Aistinvarainen tarkastelu ... 30
6.2 Dokumentointi ... 30
6.3 Ulkovalaistus ... 31
6.3.1 Kiinteistöä syöttävä muuntajat ... 32
6.3.2 Jännitteenalenemat ... 33
6.3.3 Oikosulkusuojaus ... 36
6.3.4 Selektiivisyys ... 38
7 KUNTOTUTKIMUS ... 39
7.1 Keskukset ... 39
7.2 Kaapelointi ... 40
7.3 Mittaukset ... 41
7.4 Lämpökuvaus ... 41
7.5 Lopputulokset ... 43
8 YHTEENVETO ... 44
LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT ... 45
LIITE 1: NOUSUJOHTOKAAVIO ... 47
LIITE 2: OIKOSULKUVIRRAT ... 48
LIITE 3: JÄNNITTEENALENEMAT ... 49
LIITE 4: OTOS ASEMAPIIRUSTUKSESTA KALUSTOHALLIN KOHDALTA ... 50
LIITE 5: KUOPION ENERGIAN VERKKO-OTE ... 51

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Sähköasennus Sähkömestarit Oy ja se tehdään Heinälammirinteen kaatopaikalla toimivan Jätekukko Oy:n toivomuksesta. Jätekukko Oy on kuntien omistama jätehuoltoon liittyviä palveluja tuottava yritys, joka toimii 17:a eri kunnan alueella ja palvelee yhteensä 220 000:ta asukasta. Jätekukon palveluverkostoon kuuluu, kuljetuspalvelut, paikallisesti palvelet jäteasemat ja Kuopio jätekeskus. Jätekukko toimii Kuopion jätekeskuksen alueella, jonne tämä ja tekee jätehuollon ohella yhteistyötä myös Kuopion Energian kanssa kaatopaikkakaasujen hyödyntämisessä. (JÄTEKUKKO 2016.)

Työn tavoitteena on päivittää tarpeellisilta osin Jätekukon toimialueen asemapiirustus, päivittää muuta sähköteknistä dokumentointia alueesta ja selvittää sähköverkon nykytila. Työ on tarpeellinen, koska alueesta ei ole olemassa ajan tasalla olevaa sähköteknistä dokumentointia ja kohteen määräaikaistarkastus on myöhemmin kesällä 2016. Ajan tasalla olevilla piirustuksilla saadaan myös lyhennettyä käyttökatkoksia mahdollisten vikatilanteiden sattuessa.

Opinnäytetyö voidaan jakaa kahteen osaa: Ensimmäinen osa käsittelee sähkösuunnittelua, siihen liittyviä säännöksiä ja laskentaa. Toinen osa käsittelee sähköverkon nykytilan tutkimista kuntotutkimuksen ja lämpökuvauksen avulla. Päivitetyt sähkötekniset dokumentit, sähköverkon laskentatulokset ja kuntotutkimuksessa havaitut puutteet esitellään ja luovutetaan Jätekukko Oy:n alueen käytöstä vastaavalle henkilöstölle ja alueen sähkölaitteiston huollosta vastaavalle Sähköasennus Sähkömestarit Oy:lle.

2 SÄHKÖSUUNNITTELUSÄÄDÖKSET

Eduskunnan 14.6.1996 säätämän sähköturvallisuuslain 410/96 mukaisesti sitovia määräyksiä antaa kauppa- ja teollisuusministeriö. Ministeriön valvovana viranomaisena toimii TUKES eli Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, joka voi antaa ministeriön päätöksiä täydentäviä teknisiä ja halinnollisia ohjeita. Olennaisia halinnollisia määräyksiä, jotka täydentävät sähköturvallisuuslakia, ovat KTMp 516/96 sähköalan töistä ja KTMp 517/96 sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen (1193/1999) perusteella yksinkertaisin tapa noudattaa sähkölaitteistojen turvallisuusvaatimuksia on seurata sähköturvallisuutta koskevia standardeja. (D1-2012 2012, 8.) ”Standardeilla tarkoitetaan virallisen standardointielimen vahvistamia teknisiä eritelmiä jotka ovat julkisesti saatavilla” (1194/1999, 4 a 29 j)

Sähkö- ja elektroniikka-alan standardoimisjärjestö SESKO ry valmistelee ja julkaisee koosteita sähköasennuksiin liittyvistä vaatimuksista, suosituksista ja ohjeista. Pienjännitesähköasennuksia koskevaan standardisarjaan SFS 6000 perustuva SFS-käsikirja 600-1 Sähköasennukset. Osa 1: ja sitä täydentävä SFS-käsikirja 600-2 Sähköasennukset. Osa 2: Säädökset, sähköturvallisuus, erityisasennukset ja liittyvät standardit liittyvät etenkin tämän työn toteutukseen. (SFS 600-1 2012, 3.)

Standardisarja SFS 6000 koskee pienjännitesähköasennuksia eli sähköasennuksia, joiden nimellisjännite on korkeintaan 1 000 V (AC) tai 1 500V (DC). Se on laadittu pääösin eurooppalaisten harmonisointiasiakirjojen CENELEC HD 60364 Low-voltage electrical installations ja sitä vastaavan kansainvälisen standardisarjan IEC 60364 pohjalta. (SFS 600-1, 2012, 3.)

Standardien lisäksi on myös muita sähköturvallisuustutkintovaatimuksiin sisältyviä ohjejulkaisuja, kuten D1-2012. Laajin sähköasennusalalle laadittu ohjeisto on Sähkötieto ry:n julkaisema ST-kortisto, jonka yhtenä keskeisenä tavoitteena on edistää hyviä suunnittelu- ja toteutustapoja. Sähköalalla on myös lukuisia muita viranomaissäädöksiä ja ohjeita, jotka Seti Oy kokoaa vuosittain julkaisemaansa teokseen Sähköalan säännökset. (D1-2012 2012, 9.)

2.1 Sähköturvallisuus

Keskeisiä sähköturvallisuussäädöksiä ovat päätös sähkölaitteistojen turvallisuudesta (1193/1999) ja päätös sähköalan töistä (516/1996), näissä annetaan standardeille erityisasema (SFS 600-1 2012, 6). Sähköturvallisuussäädösten tavoitteena on suojella ihmisiä, kotieläimiä ja omaisuutta sähköasennusten asennusvaiheen aikana sekä sähköasennusten tavanomaisen jatkokäytön aiheuttamilta vahingoilta ja vahingoilta (SFS 600-1 2012, 30).

Sähköturvallisuuslain (1194/1999) luvun 4 a mukaan turvallisuutta koskevat vaatimukset täyttyvät, kun noudatetaan kulloinkin voimassa olevia standardeja. Sähköturvallisuuslain vaatimuksia on noudatettava kaikissa uudisasennuksissa ja vanhojen asennuksien muutos- ja korjaustöissä. (ST 51.03 2016, 1)

Sähköturvallisuuslaki (410/1996) sisältää säädöksiä sähkölaitteiden ja -laitteistojen pitämisestä turvallisina, sähköalan töihin liittyvistä vaatimuksista, sähkölaitteiden turvallisuuden varmentamisesta, käyttöönotosta ja valvonnasta. Laissa todetaan, että sähkölaitteet ja -laitteistot täytyy suunnitella, rakentaa, valmistaa, korjata ja huoltaa ilman, että

- niistä ei aiheituu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa
- niistä ei sähköisesti tai sähkömagneettisesti aiheudu kohtuutonta häiriötä
- niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti.

Jos sähkölaite tai -laitteisto ei täytä näitä vaatimuksia, sitä ei saa ottaa käyttöön tai saattaa markkinoille.

Sähkölaitteiden korjaus- ja huoltotöitä ja sähkölaitteistoihin liittyviä töitä saa tehdä seuraavilla edellytyksillä:

- Töiden johtajaksi nimetään luonnollinen henkilö, jolla on riittävä kelpoisuus.
- Itsenäisesti töitä suorittavalla ja valvovalla henkilöllä on riittävä kelpoisuus tai ammattitaito.
- Käytössä on töihin soveltuvat tilat ja työvälineet sekä sähköturvallisuutta koskevat säännökset ja määräykset (SFS 600-2 2012, 9).

Sähkölaitteistojen valtuutetun tarkastajan pitää täyttää seuraavat ehdot:

- Tarkastaja on riippumaton ja puolueeton.
- Tarkastaja omaa riittävän ammattitaidon ja kokemuksen.
- Tarkastajalla on tarvittavat laitteet, välineet ja järjestelmät.
- Tarkastaja osoittaa luotettavasti toimintansa laadun sähköturvallisuuden osalta.
- Tarkastajalla on kohde huomioon ottaen riittävä vakuutus toiminnasta aiheutuvien vahinkojen korvaamiseksi. (SFS 600-2 2012, 12)

2.1.1 Suojaus sähköiskulta (turvallisuuten liittyvä suojaus)

- Pienjännitesähköasennuksiin liittyviä perus, vika- ja lisäsuojausta käsitellään standardisarjassa SFS 6000. Suojauksella suojaudutaan seuraavilta sähköasennusten vaaroilta:
- sähköiskuvirrat
- liian suuret lämpötilat, jotka voivat aiheuttaa palovammoja, tulipaloja tai muuta vahinkoa
- syttyminen räjähdysvaarallisessa tilassa
- ali- tai ylijännitteet ja sähkömagneettiset häiriöt, jotka voivat aiheuttaa vammoja tai vahinkoja
- tehonsyötön keskeytyminen ja/tai turvajärjestelmien toiminnan keskeytyminen
- valokaaret, jotka voivat aiheuttaa häikäistymistä, ylipainetta ja/tai myrkyllisiä kaasuja
- sähkötoimisten laitteiden mekaaniset liikkeet. (SFS 600-1 2012, 30)

2.1.2 Perussuojaus

Pienjänniteasennuksissa perussuojauksella estetään yleensä ihmisen joutuminen suoraan kosketukseen jännitteisen osan kanssa, kun laite toimii normaalisti. Tämä voidaan tehdä esimerkiksi sijoitta-

malla laite kosketusetäisyyden ulkopuolelle tai riittävällä koteloinnilla. Vikatilanteessa ihmiset ja eläimet on suojattava vaaroilta, joita jännitteisen osan koskettaminen aiheuttaa. Tämä suojaus voidaan tehdä estämällä virran kulku ihmisen tai kotieläimen kautta tai vaihtoehtoisesti rajoittamalla virran arvo vaarattomaan arvoon. (SFS 600-1 2012, 30.)

2.1.3 Vikasuojaus

Vikasuojauksella tarkoitetaan suojausta, jolla estetään ihmistä tai kotieläintä koskettamasta vikatilanteessa jännitteisiä osia niin, että siitä aiheutuisi vaaraa. Suojaus voidaan toteuttaa

- estämällä virran kulku ihmisen tai kotieläimen kautta
- rajoittamalla virranarvo vaarattomaksi
- rajoittamalla virran kestoaika vaarattoman lyhyeksi. (SFS 600-1 2012, 30).

Vikasuojauksen menetelmät voidaan luokitella niihin järjestelmiin, joissa käytetään suojajohdinta ja niihin, joissa ei käytetä. Järjestelmiä, joissa suojajohdin on käytössä, ovat TN-, TT- tai IT-järjestelmät. Sähkönsyöttöjärjestelmistä kerrotaan luvussa 3.1.9. Suojalaitteena näissä käytetään ylivirtasuojalaitteita, vikavirtasuojia tai/sekä eristystilan valvontaa. Järjestelmissä, joissa ei käytetä suojajohdinta, suojausvaihtoehdot ovat suojaeristys, käyttöpaikan eristys, maasta erotettu paikallinen potentiaalintasaus ja sähköinen erotus. (D1-2012 2012, 84.)

Yleisin asennuksissa käytetty suojausmenetelmä on syötön automaattinen poiskytkeminen. Sen tavoitteena on estää ihmistä tai eläintä koskettamasta eristysvian aiheuttamaa vaarallista kosketusjännitettä liian pitkään. Sen toiminta perustuu kahteen ehtoon. Ensinnäkin toimiakseen virtapiirissä tulee olla vikavirtapiiri, joka mahdollistaa vikavirran kulkemisen. Vikavirtapiirin rakenne riippuu käytössä olevasta maadoitusjärjestelmästä (TN, TT tai IT). Vaatimuksena on, että kaikki jännitteelle alttiit osat on yhdistetty maadoitusjärjestelmään. Toinen vaatimus on vikavirran ja kosketusjännitteen poiskytkeminen sopivalla suojalaitteella. Poiskytkentäaikaan vaikuttaa eri tekijöitä, kuten kosketusjänniteen suuruus. Sallittu kosketusjännite ja sen kesto perustuu tutkimuksiin sähkövirran vaikutuksista ihmiseen. (D1-2012 2012, 84–85.)

2.1.4 Käytettävän sähkönsyöttöjärjestelmän ominaisuudet

Suunniteltaessa kohteen sähköasennuksia SFS 6000-sarjan mukaisesti täytyy tietää käytössä olevan sähkönsyöttöjärjestelmän ominaisuudet. Sähkönsyöttöjärjestelmän perustiedot voidaan selvittää jakeluverkon haltijalta tai muulla tavalla. Ne sisällytetään kohteen sähköjärjestelmän dokumentointiin. Näin voidaan todentaa kohteen asennuksien olevan standardien mukaisia. Kohdetta suunniteltaessa tulisi selvittää seuraavat sähkönsyöttöjärjestelmän ominaisuudet:

- käytössä oleva virtalaji eli vaihtosähkö (AC) vai tasasähkö (DC)
- johtimet ja niiden lukumäärä
  - vaihtovirralla: äärijohtimet, nollajohdin ja suojamaadoitusjohdin
  - tasavirralla: äärijohtimet, keskipistejohdin ja suojamaadoitusjohdin
- jänniteen arvo ja jännitteen toleranssit

- mahdolliset jännitekatkokset, jännitteen vaihtelut ja jännitekuopat
- taajuuden arvo ja taajuuden toleransit
- suurin sallittu virran arvo
- maasulkupiirin silmukkaimpedanssi liittymispisteestä syöttöön päin
- prospektiivinen oikosulkuvirta eli oikosulkuvirran arvo, jos se tapahtuisi keskuksen virtapiirissä mahdollisimman pienellä impedanssin arvolla
- sähkönsyöttöjärjestelmään rakenteellisesti kuuluvat suojausjärjestelyt (tähtipisteen maadoittaminen tai keskipisteen maadoittaminen)
- jakeluverkon haltijan asettamat erityisvaatimukset. (SFS 600-1 2012, 32.)

Käytössä olevat standardijänniteet ja – taajuudet on esitetty standardissa SFS-EN 60038 (SFS 600-1 2012, 32).

2.1.5 Kuormituksen määrä ja laatu

Suunniteltaessa kohteen valaistusta, lämmitystä, tehonkäyttöä, ohjausta, merkinantoa, televiestintää yms. tarvittavien virtapiirien lukumäärä ja laji voidaan määrittää selvittämällä kohteesta seuraavat tiedot:

- kulutuspisteiden sijainti
- virtapiirien odotettavissa oleva kuormitus
- päivittäiset ja vuotuiset tehontarpeen vaihtelut
- mahdolliset erityisolosuhteet esimerkiksi harmonist yliaallot
- ohjauksen, merkinannon, televiestinnän tai muiden järjestelmien asettamat vaatimukset
- tehontarpeen mahdollinen kasvu tulevaisuudessa. (SFS 600-1 2012, 33.)

2.1.6 Ympäristön vaikutus

Sähkölaitteita valittaessa tulee ottaa huomioon asennuspaikan laitevalintaan vaikuttavat ulkoiset tekijät. Ulkoisia tekijöitä ovat esimerksi kosteus, pöly, laitteesen kohdistuva mekaaninen rasitus tai käyttöhenlökunnan pätevyys. Tarvittaessa sähkölaite voidaan varustaa lisäsuojauksella, mikä ei kuitenkaan saa vaikuttaa sen toimintaan. Sähkölaitteiden valintaan vaikuttavia ulkoisia tekijöitä ja niiden asettamia vaatimuksia on esitelty standardisarjassa SFS 6000-5-51. Ulkoisia tekijöitä ei huomioida laitevalinnoissa, vain laitteiden toiminnan varmistamiseksi. Noudattamalla SFS 6000 - standardisarjan vaatimuksia taataan laitteiden suojauksen luotettavuus. (SFS 600-1 2012, 197.) Kuvassa 1 on esitetty esimerkki kaapelin suojaamisesta ulkoiselta rasitukselta suojakourun avulla.

KUVA 1. Kaapelin suojaaminen ulkoisilta rasituksilta (Salento 2016.)

2.1.7 Johtojen valinta

Kaapelin johtimien poikkipintojen määritettäessä täytyy ottaa huomioon seuraavat asiat sekä normaalissa käytössä että vikatilanteissa:

- kuormitettavuus
- suurin sallittu lämpötila
- sallittu jännitteenalenema
- oikosulku- ja maasulkuvirtojen mahdollisesti aiheuttamat mekaaniset rasitukset
- johtimiin kohdistuvat mekaaniset rasitukset
- johtimien sallittu impedanssi, jolla varmistetaan suojauksen toimiminen
- asennustapa. (SFS 600-1 2012, 33.)

Lisäksi kaapelien ja johtimien tulee täyttää seuraavat vaatimukset:

- Kaapelien tulee täyttää standardien asettamat vaatimukset.
- Kaapelien nimellisjännitteen täytyy sopia käytössä olevan järjestelmään
- Johtimien värien on oltava standardien mukaisia
- Kaapelin on kestettävä ulkoisten tekijöiden vaikutukset asennuspaikassa. (D1-2012 2012, 186)

Valitun kaapelin tai johtimen kannattaa myös olla kokonaistaloudellisesti optimaalinen. Kustannuksiin voidaan vaikuttaa valitsemalla normaalisti valmistettavia suosituimmuuslajeja. Tällä tavoin taataan lyhyet toimitus- ja varastointikulut ja varmistetaan kaapelin saatavuus myös tulevaisuudessa. Kustannuksiin vaikuttavat myös kunnossapito- ja häviökustannukset. (JOHDON MITOITUS JA SUOJAUS 2010, 9.)

2.1.8 Asennustapa

Kohteen johtojärjestelmää ja asennustapaa suunnitellessa tulee ottaa huomioon seuraavat asiat: asennuspaikan ominaisuudet

- kaapelien kiinnityspaikan eli seinien tai rakennusten ominaisuudet
- ihmisten ja kotieläinten mahdollisuus koskettaa kaapeleita
- käytettevä jännite
- oikosulku – ja maasulkuvirtojen mahdollisesti aiheuttamat sähkömagneettiset rasitukset
- sähkömagneettiset häiriöt
- muut rasitukset, jotka mahdollisesti voivat kohdistua johtojärjestelmään asennustyön tai käytön aikana. (SFS 600-1 2012, 34.)

2.1.9 Jakelujärjestelmät

Suomessa yleisesti käytössä olevia sähkön jakejärjestelmiä ovat TN-S-, TN-C-, TN-C-S-, ja IT-järjestelmät. Etelä-Euroopassa yleistä TT-järjestelmää ei Suomessa käytetä. Ne voidaan erottaa toisistaan maadoitustavan perusteella tai jännitteisten johtimien ja maadoitusjohtimien tyyppien ja lukumäärän perusteella. TN-järjestelmissä yksi virtapiriin piste on aina maadoitettu siten, että kaikki sähkölaitteistojen ja –laitteiden jännitteelle altiit osat on kytketty tähän pisteeseen suojajohtimen avulla. Maadoitettu piste on yleisesti kolmivaihejärjestelmän tähtipiste. (D1-2012 2012, 62–63.)

TN-S-järjestelmässä on käytössä erillinen nollajohdin suojajohtimen lisäksi, näin ollen kolmivaihejärjestelmässä on johtimia yleensä käytössä viisi kappaletta (3L+N+PE). Poikkeustapauksissa, kuten teollisuuden moottorikäytöissä, voi nollajohdin olla tarpeeton ja johtimia on neljä (3L+PE). TN-S-järjestelmä on käytössä kaikissa uudiskohteissa liittymiskohdan jälkeen. TN-C-järjestelmää puolestaan on käytössä enää vain vanhoissa kohteissa ja syöttävän verkon puolella eli ennen liittymiskohtaa. TN-C-järjestelmässä on käytössä erillisen nolla- ja maadoitusjohtimen sijasta yhteinen PEN-johdin, joka toimii sekä suoja- että nollajohtimena virtapiirissä. Järjestelmän käyttö asettaa lisäksi vaatimuksia johtimien poikkipinnoille. Vanhoissa kohteissa, joissa TN-C-järjestelmä on käytössä, ei PEN-johdinta ole yleensä erotettu nollajohtimesta merkinnöin. (D1-2012 2012, 63, 64.)

TN-C-S-järjestelmä on kahden TN-järjestelmän yhdistelmä. Tässä järjestelmässä TN-C on käytössä syöttävän verkon puolella ja TN-S liittymiskohdan jälkeen. Kun PEN-johdin on erotettu liittymiskohdassa PE- ja N-johtimeksi, niitä ei saa enää yhdistää uudelleen PEN-johtimeksi. (D1-2012 2012, 64.)

IT-järjestelmässä eli maasta erotetussa järjestelmässä mitään virtapiirin pistettä ei ole kytketty suoraan maahan. Järjestelmässä jänniteelle alttiit sähkölaitteistojen ja – laitteiden osat on kytketty erillisiin maadoituselektrodeihin tai suojajohtimen avulla yhteiseen elektrodiin, joka voi olla esimerkiksi syöttävän verkon maadoituselektrodi. Vaikka järjestelmä on maasta erotettu, voidaan se kytkeä maahan impedanssin välityksellä, jonka suuruus määräytyy käyttökohteen mukaisesti. Vastuksen avulla voidaan toteuttaa maasulkuvalvonta. IT-järjestelmä on käytössä esimerkiksi sairaaloiden leik-

kaussaleissa, koska niissä halutaan estää maasulun aiheuttamat käyttökeskeytykset. (D1-2012 2012, 66.)

2.1.10 Suoja-, ohjaus sekä erotuslaiteet

Suojalaitteet on valittava niin, että ne toimivat vikatilanteissa tarpeeksi alhaisilla virroilla ja jännitteillä riittävän nopeasti ilman, että käyttäjälle muodostuu vaaraa, kun otetaan huomioon virtapiirin ominaisuudet ja vaaratekijöiden esiintymismahdollisuudet. Standardeissa määritetyn sähköturvallisuuden saavuttamiseksi, suojalaitteiden ominaisuudet on määriteltävä toiminnan perusteella. Suojalaitteet suojaavat seuraavilta ilmiöiltä:

- ylivirta (ylikuormitusvirta, oikosulkuvirta)
- maasulkuvirta
- ylijännite
- alijännite ja jännitteettömyys. (SFS 600-1 2012. 34.)

Vaaratilanteen esiintyessä sähkön syöttö täytyy pystyä kytkemään välittömästi pois. Tämän mahdollistamiseksi ohjauslaitteet on asennettava ja merkittävä siten, että ne ovat helposti havaittavissa ja käytettävissä. Ohjauslaitteiden lisäksi sähköasennuksissa tulee olla myös riittävästi erotuslaitteita, jotta virtapiirin osa tai yksittäiset laittet voidaan helposti tehdä jänniteettömiksi. Erotuslaitteiden riittävä määrä helpottaa huoltoa, testaus ja vikatilanteissa vian etsintää, korjausta ja vian erottamista korjausta varten. (SFS 600-1 2012, 34.)

2.1.11 Sähkölaitteiden luoksepäästävyys ja tunnistaminen

Kaikki sähkölaitteistot ja – järjestelmät on suunniteltava ja asennettava siten, että:

- jää tarpeeksi tilaa asentamista ja myöhemmin tapahtuvaa laitteen tai järjestelmän vaihtamista varten.
- laitteisiin päästään tarvittaessa käsiksi käyttöä, testausta, tarkastusta, huoltoa ja korjausta varten (SFS 600-1 2012, 34).

Sähkölaitteet varustetaan pysyvillä merkinnöillä käyttö- ja huoltotoimenpiteitä varten. Tunnukset vovat olla esimerkiksi kirjaimia tai numeroita tai näiden yhdistelmiä. Ne helpottat ja nopeuttavat laitteiden virtapiirien löytämistä tai päinvastoin laitteiden löytämistä virtapiireistä.

2.1.12 Maadoitukset ja potentiaalintasaukset

Maadoitusten ja potentiaalintasauksien tarkoituksena on sähkölaitteiston vikatilanteissa rajoittaa kosketus- ja askeljännitteitä. Jännitteiden nousu voi aiheutua viosta rakennuksen omissa sähköasennuksissa tai sitä syöttävässä järjestelmässä. Rakennuksen maadoitukset muodostuvat maadoituselektrodin ohella potentiaalintasausjärjestelmästä. Sähköturvallisuuteen liittyen maadoitusten tarkoitus on:

- estää vaarallisten jänniteiden siirtyminen järjestelmästä toiseen
- estää vaarallisten vuotovirtojen, kipinöiden ja valokaarien synty

- luoda toimintaedellytyksen maasulku- ja vikasuojaukselle. (D1-2012 2012, 275.)

Asiakkaan sähköliittymän maadoitukset toteutetaan standardin SFS-6000 mukaisesti. Sähköturvallisuuden lisäksi maadoituksilla on merkitystä myös häiriösuojauksessa, joka perustuu TN-S-järjestelmän käyttöön. Hyvää häiriösuojausta vaativissa kohteissa, sitä voidaan parantaa lisämaadoituksilla ja potentiaalintasauksilla. (Lakervi ja Partanen 2008, 199. D1-2012 2012, 275.)

2.2 Sähkölaitteiden valinta

Sähkölaitteiden tulee täyttää sekä sähkölaitteiden turvallisuudesta annetun kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen (1694/1993) että sähkölaitteiden ja –laitteistojen sähkömagneettisesti yhteensopivuudesta annetun valtioneuvoston asetuksen (1466/2007) vaatimukset. Jos sähkölaite on Euroopassa yhdenmukaisestettujen EN- tai HD-standardien turvallisuusvaatimusten mukainen, täyttää se myös turvallisuusvaatimukset. Jos yhdenmukaistettuja standardeja ei ole olemassa, katsotaan laitteen täyttävän turvallisuusvaatimukset, jos se on IEC:n tai CEE:n standardien mukainen. Sähkölaiteiden turvallisuusvaatimuksista on lisää SFS-6000-1 kappaleessa 133. (SFS 600-1 2012, 35.) Kohteeseen valitun sähkölaitteen tulee sopia ominaisuuksiltaan käyttökohteen arvoihin ja ulkoisten tekijöiden vaikutuksiin, mille laite on suunniteltu. Sähkölaitteita valittaessa tulee huomioida seuraavat asiat:

- Sähkölaitteen nimellisjännitteen tulee olla yhteensopiva kohteen kanssa. Laitteen tulee myös kestää mahdolliset ylijännitteet.
- Sähkölaitteen tulee kestää suurin jatkuva virta, joka voi normaalikäytössä tai vikatilanteissa kulkea laitteen kautta.
- Sähkölaitteen taajuuden tulee olla yhteensopiva kohteen kanssa.
- Sähkölaitteen tulee teho-ominaisuuksiltaan kestää kohteen sille asettamat kuormitusvaatimukset.
- Sähkölaitteen tulee sopia asennusolosuhteisiin (ks 3.1.6). (SFS 600-1 2012, 36.)

Sähkölaite on valittava myös siten, että se ei vahingoita muita laitteita tai tuota häiriöitä sitä syöttävään verkkoon. Seuraavilla tekijöillä on merkitystä määritettäessä laitteen haittavaikutuksia:

- tehokerroin
- kytkentävirta
- epäsymmetrinen kuorma
- harmoniset yliaallot
- sähkölaitteen normaalissa käytössä aiheuttamat lyhytaikaiset ylijännitteet. (SFS 600-1 2012, 36.)

2.3 Sähköasennusten toteuttaminen

Sähköasennuksien tulee olla voimassa olevien sähköstandardien tai hyväksyttyjen ohjejulkaisujen mukaisia (luku 3). Niitä saavat toteuttaa vain riittävän ammattitaitoiset ja pätevät henkilöt ja asennuksissa saa käyttää vain sopivia materiaaleja. Sähkötöiden tekijöiden pätevyysvaatimukset on mää-

ritelty kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä sähköalan töistä (516/1996). Sähkölaitteet on lisäksi asennettava aina noudattaen valmistajan antamia ohjeita. (SFS 600-1 2012, 36.)

2.4 Sähköasennusten dokumentointi

Sähköasennusten dokumentoinnissa käytettävien kaavioiden, piirustuksien ja taulukoiden pitää olla standardien SFS-EN 61082 ja SFS-EN 81346 mukaan laadittuja ja lisäksi piirrosmerkkien pitää olla standardisarjan SFS-IEC 60617 mukaisia tai yksiselitteisiä. Sähköpiirustuksista ja -kuvista tulee käydä ilmi ainakin seuraavat tiedot:

- virtapiirien laji ja rakenne (kulutuspisteiden sijainti, johtimien lukumäärä ja koko, johtolaji, johtojen tyypit)
- suoja-, kytkin- ja erotuslaitteiden ominaisuudet ja niiden sijainti pitää olla tunnistettavissa. (SFS 600-1 2012, 193.)

Tiedot tulee olla asennuksien jokaisesta virtapiiristä, yhtä lailla on tärkeää, että tiedot päivitetään muutoksien jälkeen. Siinä määrin kuin on tarpeen, tulee dokumenttien sisältää kussakin asennuksessa seuraavat yksityiskohdat:

- johtimien tyypit ja poikkipinnat
- virtapiirien pituudet, joita tarvitaan suojausta tai jännitteenalenemaa koskiva laskelmia varten
- suojalaitteiden lajit ja tyypit
- suojalaitteiden mitoitusvirrat tai asettelut
- prospektiiviset oikosulkuvirrat ja suojalaitteiden katkaisukyvyt. (SFS 600-1 2012, 193.)

2.5 Käyttöpiirustukset ja muut dokumentit

Edellä mainittuja tietoja tarvitaan jo suunnitteluvaiheessa ja suunnitteludokumentteihin sisällytetäänkin laskelmat, joilla osoitetaan, että suojausvaatimukset täyttyvät. Kohteen käytön ja kunnospidon dokumentointi muodostuu normaalisti seuraavasti:

- pääjohtokaavio tai vastaava esitys, josta käy ilmi sähkönjakelujärjestelmän rakenne ja seuraavat tiedot:
  - liittymisjohto ja jakelujärjestelmät
  - jakokeskukset tunnuksineen ja mitoitusarvoineen (mitoitusvirta, oikosul kukestoisuus)
  - suunnitellut erotuskohdat
  - pääjohdot suojalaitteineen, mitoitettavine asennustapoinen, poikkipintoineen ja pituuksineen
  - potentiaalitasaus- ja maadoituspaikat.
- keskusten pääkaaviot virtapiiritunnuksineen
  - keskusten perustiedot (nimellisvirta, oikosulkukestoisuus)
  - suojalaitteiden tyypit, koot ja tarvittaessa asetteluarvot
  - viittaukset virtapiirien piirikaavioista.
- maadoituskaavio
  - tiedot maadoitusten ja potentiaalitasausten johdoista ja liitäntäpaikoista.
- virtapiirikohtaiset piirikaaviot

  - sähköistä toimintaa kuvaava piirikaavio
  - tarvittaessa johdotuksen tiedot ja toiminnan selostus.
- valmistajan tai urakoitsijan antamat asennus-, käyttö- ja huolto-ohjeet
  - pienissä kohteissa arkistoitava laiteohjeet
  - suuremmissa toteutuksissa ja suurjännitelaitteistoissa vaaditaan käyttö- ja huolto-ohjelma
  - tiedot tulee liittää kohteen huoltokirjaan.
- toimintakuvaukset ja toimintaselostukset
- tasopiirustukset tai vastaavat
- kohteen käyttöönotto- ja mahdollisesti varmennus- sekä määräaikaistarkastuksien pöytäkirjat
- tapauskohtaiset lisädokumentit tarvittaessa
  - erityislaitteistot SFS. (D1-2012 2012, 514,515.)

Muita sähkölaitteiston käyttöä, huoltoa ja varsinkin tulevia muutos- ja laajennustöitä helpottavia tietoja ovat laitteiston oikosulku- ja vikasuojausta sekä palo-osastointia koskevat tiedot (D1-2012 2012, 183).

3 SÄHKÖJÄRJESTELMIEN KUNNOSSAPITOTARKASTUS

KTM päätöksen 517/1996 perusteella sähkölaitteiston haltijalla on vastuu siitä, että laitteiston kuntoa ja turvallisuutta tarkaillaan ja että mahdolliset puutteet ja viat korjataan. Kunnossapitotarkastus on kuitenkin vapaaehtoinen, toisin kuin esimerkiksi lakisääteiset määräaikaistarkastukset. Sähkölaitteiston kunnossapitotarkastuksella varmistetaan laitteiston kunnossapito ja turvallinen käyttö. Sen suorittaminen voi olla aiheellista, jos sähkölaitteiston kunto epäilyttää tai sähkölaitteiston toiminnassa on ollut ongelmia. Tarkastuksen suorittajan tulee olla sähköalan ammattihenkilö ja hänen tulee pystyä havaitsemaan puutteet sähköturvallisuudessa eri-ikäisistä sähkölaitteistoista. Sen järjestämisestä huolehtii laitteiston haltija ja se suoritetaan kohteen sähköasennuksien olosuhteet huomioon ottaen säännöllisin väliajoin. (D1-2012 2012, 353.)

3.1 Kunnossapitotarkastuksen sisältö

Kunnossapitotarkastuksella varmistetaan, että sähkölaitteiston käyttö on turvallista ja että se ei aiheuta palon tai sähköiskun vaaraa. Tarkastus tehdään purkamatta sähköasennusta tai tarvittaessa purkamalla osittain, jos esimerkiksi kosketussuojaus on lämpökuvauksen tiellä. Ennen tarkastusta on hyvä selvittää laitteistosta seuraavat asiat:

- Milloin sähköasennukset on tehty?
- Onko asennuksiin tehty muutostöitä?
- Onko kohteessa tehty rakennustöitä, joilla olisi vaikutusta sähkölaitteistoihin?
- Onko sähkölaitteiston käytössä havaittu ongelmia? (D1- 2012 2012, 353.)

Tarkastus kohdistuu kohteesta riippuen ainakin seuraaviien sähkölaitteiston osiin:

- liittymän ja pääkeskuksen tarkastus
- maadoitukset ja potentiaalitasaukset
- ryhmäkeskusten tarkastus
- ryhmäjohtojen ja sähkölaitteiden tarkastus. (D1- 2012 2012, 353.)

Edellä mainittujen tarkastuskohteiden lisäksi suoritetaan tarvittaessa eristysvastusmittaus ja annetaan ohjeita lisätarkastuksiin, jos se katsotaan aiheelliseksi. Tarkastuksen edetessä tehdään muistiinpanoja ja kameraa, jotta ongelmakohdat voidaan dokumentoida huolellisesti. Puutteet sähköturvallisuudessa kirjataan ylös ja samalla tarkastetaan sähködokumenttien oikeellisuus. Käytettävien työvälineiden ja mittareiden tulee olla jännitetöihin soveltuvia ja tarvittaessa on käytettävä tarpeellisia suojavälineita. ST-kortti 97.01 sisältää kunnossapitotarkastuspöytäkirjan ja ohjeita tarkastuksen suorittamiseksi. (ST-kortti 97.01, LIITE 1)

3.2 Tulokset

Kunnossapitotarkastuksesta laaditaan pöytäkirja, joka sisältää yksityiskohdat kohteena olleista sähköasennuksista ja tarkastukseen liittyneistä rajoituksista. Mallina voidaan käyttää ST-kortissa 97.01 annettua pöytäkirjaa. Pöytäkirjaan tulee kirjata suoritetut tarkastukset ja testaustulokset. Siihen kir-

jataan kaikki viat, vahingot, havoinnot laitteiden huonosta kunnosta ja poikkeamat standardin mukaisista tarkastusmenettelyistä. Lisäksi pöytäkirjaan voidaan lisätä suosituksia mahdollisista parannuksista tai korjauksista. (SFS 600-1 2012, 362.)

Laadittu tarkastuspöytäkirja luovutetaan kohteen haltijalle tai edustajalle tarkastuksen jälkeen mahdollisimman nopeasti. Vakavat puutteet sähkölaitteiston käyttöturvallisuudessa ilmoitetaan tarvittaessa kirjallisesti haltijalle välittömästä tarkastuksen jälkeen. (SFS 600-1 2012, 362.)

4 SÄHKÖLAITTEISTOJEN LÄMPÖKUVAUS

Huomattava osa rakennusten tulipaloista saa alkunsa viallisista sähköasennuksista tai sähkölaitteista. Lämpökuvaus on hyvä apukeino sähkölaitteistojen kunnossapidossa, kun yritetään ennalta ehkäistä paloriskejä tai vikatilanteita. (ST-kortti 53.62 2014, 1.)

4.1 Säädökset ja pätevyysvaatimukset

Henkilö- ja yritysarviointi Seti Oy järjestetää Suomessa pätevyyskokeita lämpökuvaajille ja pitää myös rekisteriä auktorisoiduista kuvaajista. Sähkölaitteistojen lämpökuvauksen pätevyysluokkia on kaksi LK 1 ja LK 2. Luokan LK 1 -pätevyyden omaavan henkilön tulee ollaa sähköalan ammattilainen, ja hän saa suorittaa kuvauksia itsenäisesti. LK 2 -luokan pätevyyden omaava ei ole sähköalan ammattilainen, minkä vuoksi hän ei saa suorittaa kuvauksia itsenäisesti. Pätevyyden saamiseksi tulee suorittaa SETI Oy:n kirjallinen koe ja osoittaa lämpökameran käytön osaaminen. Pätevyystodistus on voimassa 5 vuotta, ja lisäksi henkilön täytyy suorittaa 2 lämpökuvausta vuodessa ammattitaitonsa ylläpitämiseksi.(ST-kortti 53.62 2014, 1.)

4.2 Lämpötila ja lämmön siirtyminen

Lämpökuvausta suorittavan henkilön tulee hallita seuraava lämpökuvaukseen liittyvä teoria ja käytännön asiat:

- termodynamiikka ja säteily
- infrapunamittaustekniikat
- lämpökuvauslaitteiston yleinen toiminta
- yleiskuva lämpökuvauksen sovelluksista
- virran mittaus
- työraportointi. (ST-kortti 53.62 2014, 3.)

4.3 Mittalaitteet

Lämpökuvauksessa käytettävän mittalaitteiston täytyy soveltua sähkölaitteiden kuvaamiseen ja sisältää seuraavat ominaisuudet ja valmiudet:

- vähintään yhden pisteen lämpötila näytettävissä näyttöruudulta
- lämpötila-arvojen täytyy olla luettavissa kuva-alueelta jälkikäteen tietokoneohjelmiston avulla.
- kuva-aineiston säilyttäminen sähköisessä muodossa
- mittaustarkkuus ±2 Celsius-asteen tarkkuudella 100℃:seen asti ja yli 100℃ lämpötilassa ±2 %:n tarkkuudella
- mahdollisuus emissiivisyyden ja taustasäteilyn korjaamisen jälkikäteen
- pikselimäärä vähintään 160 x 120
- lämpötilaerojen mittaus 0,1℃ välein. (ST-kortti 53.62 2014, 3.)

4.4 Kuvattava laitteisto

Kuvattavan laitteiston tulee kuvaushetkellä olla normaalissa kuormitustilassa, koska sähkökomponenttien lämpötilat ovat suoraan sidoksissa kuormitusvirtaan neliöllisesti, eli kuormitusvirran tuplaantuessa komponentin lämpötila nelinkertaistuu. Kuvattavien kohteiden kuormitusvirrat mitataan ja raportoidaan. Lisäksi laitteiston tulee olla kuormitettuna vähintään puoli tuntia ennen kuvauksien aloittamista. Tarvittaessa tulee poistaa muun muassa kytkentäkoteloiden kannet tai muut kuvausesteet ja huomioida poikkeukselliset kuvausolosuhteet, joita ovat sisä- ja ulkoilman lämpötila, tuuli ja säätila. (ST-kortti 53.62 2014, 1.)

Lämpötilan mittaus tulisi suorittaa laitteistossa kohdista, joilla on suuri emissiivisyyskerroin (>0,6), jotta saadaan tarkempi mittaustulos. Hyviä mittauskohteita ovat muun muassa muovit ja teipit ja huonoja kiiltävät metallipinnat. Taulukossa 1 on esitetty eri aineiden emissiokertoimia.

TAULUKKO 1. Eri aineiden emissiokertoimia (ST 53.62 2014, 6.)

Ihmisen iho	0,98
Vesi	0,98
Sähköteippi	0,95
Maali	0,9
Paperi	0,9
Posliini, lasitettu	0,92
Posliini, kiiltävä valkoinen	0,70-0,75
Kupari (hapettunut)	0,68
Kupari (kiilloitettu)	0,02
Alumiini (kiilloitettu)	0,05
Alumiini , voimakkaasti hapettunut	0,20-0,30
Alumiini, karkeistettu	0,18
Volframi, hehkulanka	0,39

Kuvattaessa on huomioitava, että kohonnut lämpötila ei aina kerro mitatun pisteen virhetoiminnasta, koska vika voi sijaita myös laitetta syöttävissä komponenteissa tai lämpeneminen voi olla osa normaalia toimintaa. Tämän vuoksi virran mittaus pihtimittarilla on tärkeä, jotta oikea toimintalämpötila saadaan selvitettyä. Mahdollisen lämpötilapoikkeaman aiheuttamia syitä voivat olla

- löystyneet liitokset
  - yleisimpiä syitä, koska löystynyt liitos nostaa liitoksen resistanssia, joka johtaa johtimen lämpenemiseen.
- hapettuneet liitokset
  - Voi johtua ympäristötekijöistä tai vääristä liitosmateriaaleista.
- ylikuormitus tai komponenttien alimitoitus
- epäsymmetrinen kuormitus
- harmoniset yliaallot
- liian pienet johdinpoikkipinnat
- eristysviat
- riittämätön jäähdytys

- kompensointilaitteisto pois kytketty osittain tai kokonaan. (ST-kortti 53.62 2014, 11.)

Mitatun lämpötilan avulla saadaan selville lämpenemä eli komponentin lämpötilan nousu suhteessa ympäristön lämpötilaan. Selvitettyä lämpenemää verrataan komponentille sallittuun lämpenemään. Esimerkiksi PVC-eristeisten kaapeleiden sallittu lämpenemä kuormitettuna on 70°C, vastaavasti PEX-eristeisten kaapelien sallittu lämpenemä on 90℃. Lisää pienjännitelaitteille ja – komponenteille sallittuja lämpenemiä on esitetty ST-kortissa 53.62 (2014).

4.5 Lämpökuvauksen raportointi

Lämpökuvaraportissa on dokumentoitu kaikki tehdyt mittaukset, saadut tulokset, yleistiedot kohteesta ja kuvauksen tekijästä. Havaituista poikkeamista liitetään lämpökuva raporttiin ja samalla analysoidaan poikkeaman aiheuttaja ja annetaan sen korjausehdotus. Malliesimerkki sähkölaitteiston lämpökuvausraportista on esitetty ST-kortissa 53.62 (2014).

5 SÄHKÖINEN MITOITUS JA LASKENTA

Sähköasennuksen suunnittelussa ja mitoituksessa lähtötietoina tulee tietää kohteen eri kulutuspisteiden nimellistehot, sijainnit, johtojen pituudet ja asennusreitit. Kun lähtötiedot ovat selvillä, voidaan aloittaa sähkötekninen suunnittelu, jonka perustana on, että sähköasennus on turvallinen, vastaa käytön tarpeita ja on kokonaistaloudellinen. (Pienjännitesähkölaitteiston Mitoitus 2015, 3.)

5.1 Suojalaitteiden valinta

Kaikki virtapiirit on varustettava oikosulkusuojalla ja ylikuormitussuojalla, minkä tarkoituksena on katkaista ylikuormitusvirta, ennen kuin virtapiirin komponentit tai ympäristö vahingoittuvat kohonneen lämpötilan seurauksena. Tavallisesti sama suojalaite toimii niin ylikuormitussuojana kuin oikosulkusuojana.

5.1.1 Ylikuormitussuojaus

Ylikuormitussuojauksen mitoitus alkaa kuormitusvirran määrittämisellä, jonka selvittämiseksi täytyy tietää kulutuspisteen kuormituksen määrä ja sen laatu (Johdon Mitoitus ja Suojaus 2010, 27). Kuormitusvirta voidaan laskea kaavalla 1 (AMK-KUSTANNUSTEKNIIKKA OY TAMMERTEKNIIKKA 2012, 126).

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * cos\varphi} \tag{1}$$

jossa

P = kuormituspisteen teho (W)

U = pääjännite (V)

$cos\varphi$ = kuormituksen tehokerroin.

Johtimen ylikuormitussuojausta valittaessa tulee suojalaitteen täyttää ominaisuuksiltaan SFS 6000:n mukaan seuraava ehto:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \tag{2}$$

jossa

I_B = virtapiirin mitoitusvirta

I_n = suojalaitteen nimellisvirta

I_z = johtimen jatkuva kuormitettavuus. (Johdon Mitoitus ja Suojaus 2010, 27.)

Kaavan 2 mukaisesti ylikuormitussuojan nimellisvirran tulee olla vähintään yhtä suuri kuin arvioidun kuormitusvirran ja virtapiirin johtimen kuormitettavuuden tulee olla vähintään yhtä suurin kuin suojalaitteen nimellisvirran.

Johdonsuojakatkaisijoita käytettäessä ylikuormitussuojan mitoitus on yksinkertaista, jos suojalaitteet ovat standardin SFS-EN 60898 mukaisia, koska niiden terminen toimintavirta on 1,45 kertaa suojalaitteen nimellisvirta. Tavallisia B-, C- ja D-tyypin johdonsuojakatkaisijoita käytettäessä voidaan ylikuormitussuoja valita siis suoraan kaavan 2 perusteella. Kun suojaus toteutetaan sulakkeilla, täytyy mitoitus tehdä kaavan 3 perusteella, koska sulakkeilla on korkeampi sulamisrajavirta eli virta, jolla sulake toimii yleensä tunnissa. (D1-2012 2012, 133.)

$$k * I_n \leq 1{,}45 * I_z \tag{3}$$

jossa

k = sulakkeen ylemmän sulamisrajavirran ja sulakkeen nimellisvirran suhde

I_n = suojalaitteen nimellisvirta

I_z = johtimen jatkuva kuormitettavuus. (D1-2012 2012, 133.)

Taulukossa 2 on esitetty eri *k*:n arvoja, kun käytetään gG-tyypin sulakkeita.

TAULUKKO 2. Eri *k*:n arvoja gG-tyypin sulakkeilla (D1-2012 2012, 133.)

k	
2,1	$I_n \leq 4\ A$
1,9	$4\ A < I_n < 16A$
1,6	$I_n \leq 16A$

5.1.2 Oikosulkusuojaus

Oikosulkusuojausta mitoitettaessa on tunnettava yksivaiheisen oikosulkuvirran arvo kiinteistön pääkeskuksessa. Oikosulkuvirran arvo kannattaa pyytää verkon haltijalta, mutta se voidaan myös laskea. Yksivaiheisessa oikosulkutilanteessa syötön automaattisen poiskytkennän täytyy toimia SFS 6000 -standardin mukaan jakeluverkossa alle 5 s:ssa ja kuluttajan liittymispisteen jälkeen eli ryhmäjohtotasolta vaaditaan 0,4 s laukaisuaikaa. (SA2:08 2008, 21.)

Oikosulkusuojauksen täytyy pystyä katkaisemaan suurin piirissä esiintyvä oikosulkuvirta ja poiskytkennän on lisäksi tapahduttava, ennen kuin virtapiirin komponentit vaurioituvat. Oikosulku- ja ylivirtasuojaus toteutetaan tavallisesti yhteisellä suojalaitteella, jolloin riittää, että tarkistetaan ylikuormitussuojaksi valitun sulakkeen katkaisukyky ja poiskytkentäaika (D1-2012 2012, 145.)
Yksivaiheinen oikosulkuvirta voidaan laskea kiinteistön pääkeskuksessa kaavalla 4. Muuntajan arvot on laskettu luvussa 6.1.3.

$$I_{k1} = \frac{0{,}95 * 3U_V}{\sqrt{(2R_m + R_{m0} + 3L(R_v + R_0))^2 + (2X_m + X_{m0} + L(2X_v + X_{v0} + 3X_0))^2}} \tag{4}$$

jossa

U_v =verkon vaihejännite (V) ja 0,95 jännitekerroin

R_m =muuntajan oikosulkuresistanssi (Ω)

X_m = muuntajan oikosulkureaktanssi (Ω)

R_{m0} = muuntajan nollaresistanssi (Ω)

X_{m0} = muuntajannollareaktanssi (Ω)

R_v = vaihejohtimen resistanssi (Ω)

X_v = vaihejohtimen myötäreaktanssi (Ω/km)

X_{v0} = vaihejohtimen nollareaktanssi (Ω/km)

R_0 = nollajohtimen resistanssi (Ω/km)

X_0 = nollajohtimen reaktanssi (Ω/km)

L = johdon pituus (km)

Johtojen resistanssit lasketaan + 40°C lämpötilassa. (SA2:08 2008, 21.)

Yksinkertaisempi tapa selvitettäessä yksivaiheisen oikosulkuvirran arvoja on käyttää verkon haltijalta saatua arvoa kiinteistön pääkeskuksessa ja selvittää sen avulla syöttävän verkon impedanssi kaavalla 5. Tämän jälkeen samalla kaavalla voidaan laskea yksivaiheisen oikosulkuvirran arvot eri verkon osissa.

$$I_k = \frac{c*U}{\sqrt{3}*Z} \tag{5}$$

jossa

I_k = on pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta (A)

c = jännitekerroin 0,95, joka huomioit jännitteenaleneman

U = pääjännite (V)

Z = virtapiirin kokonaisimpedanssi vikapaikasta katsottuna (Ω). (D1-2012 2012, 95.)

Tässä yksinkertaistetussa menetelmässä virheen suuruus on kuitenkin korkeintaan noin 10 %. Virhe tapahtuu kuitenkin turvalliseen suuntaan eli laskettu oikosulkuvirta on pienempi kuin todellinen. Jos tutkitaan suojalaitteiden katkaisukykyä, virhe pitää ottaa huomioon. (D1-2012 2012, 95.)

5.1.3 Muuntajan arvot

Muuntajan perustiedot voidaan selvittää verkon haltijalta. Tarvittavat arvot muuntajan kaavaan 4, voidaan laskea kaavoilla 6-13, kun tiedetään seuraavat muuntajan perustiedot:

- kuormitushäviöt P_k
- tyhjäkäyntiteho P_0
- nollaimpedanssi z_0
- käytössä oleva jänniteporras. (Hietalahti 2011, 28–29.)

Muuntajan oikosulkuresistanssi (%)

$$r_k = \frac{P_k}{S_n} \tag{6}$$

Muuntajan oikosulkureaktanssi (%)

$$x_k = \sqrt{z_k^2 - r_k^2} \tag{7}$$

Muuntajan oikosulkuresistanssi (Ω)

$$R_m = r_k * \frac{U_n^2}{S_n} \quad (8)$$

Muuntajan oikosulkureaktanssi (Ω)

$$X_m = x_k * \frac{U_n^2}{S_n} \quad (9)$$

Muuntajan nollaresistanssi (%)

$$r_0 = \frac{P_0}{S_n} \quad (10)$$

Muuntajan nollareaktanssi (%)

$$x_0 = \sqrt{z_0^2 - r_0^2} \quad (11)$$

Muuntajan nollaresistanssi (Ω)

$$R_{m0} = r_0 * \frac{U_n^2}{S_n} \quad (12)$$

Muuntajan nollareaktanssi (Ω)

$$X_{m0} = x_0 * \frac{U_n^2}{S_n} \quad (13)$$

5.2 Johdon kuormitettavuus

Johdon mitoituksessa poikkipinnan määrittää ensijaisesti kuormitusvirta ja sen aiheuttama lämpeneminen. Kuormitettavuus määräytyy johdolle suurimman sallitun lämpötilan mukaan, koska ylilämpötila voi johtaa tulipaloon sekä lyhentää johdon käyttöikää. Sen kuormitettavuuteen vaikuttavat seuraavat asiat:

- johdinmateriaali
- eristemateriaali
- ympäristön lämpötila
- asennustapa
- muiden virtapiirien läheisyys. (D1-2012 2012, 216.)

Erilaisista eristysmateriaaleista valmistetuille johtimille sallitut käyttölämpötilat on esitetty taulukossa 3.

TAULUKKO 3. Eristysaineiden suurimmat sallitut käyttölämpötilat (SFS 6000, taulukko 52-4)

Eristyksen laji	Lämpötilan raja-arvo (˚C)
Polyvinyylikloridi (PVC)	70 (johtimessa)
Silloitettu polyeteeni (PEX) ja eteenipropeenikumi (EPR)	90 (johtimessa)
Mineraali (PVC:llä päällystetty tai paljas ja kosketeltavissa)	70 (vaipassa)
Mineraali(paljas, ei kosketeltavissa eikä kosketuksissa palaviin materiaaleihin)	105 (vaipassa)

Standardissa SFS 6000-5-523 esitetyt kuormitettavuustaulukot perustuvat kansallisiin käytäntöihin. Taulukoissa esitetyt kuormitettavuusarvot on laskettu vastaamaan Suomessa käytettyjä ilman ja maan lämpötiloja sekä maan lämpöresistiivisyyden arvoja. Ne on laskettu erikseen yksi- ja kolmivaihevirtapiireille, PVC- ja PEX-eristeiseille johtimille ja lisäksi asennustavat on jaettu kuormitettavuuden perusteella yhdeksään eri ryhmään. (D1-2012 2012, 216.)

Kuormitustaulukoiden lisäksi johdon kuormitettavuutta määritettäessä tulee huomioida mahdolliset korjauskertoimet, jotka pohjautuvat johdon asennusolosuhteisiin ja voivat näin vaikuttaa johdon kuormitettavuuteen. Mahdollisia kuormitusta heikentäviä kertoimia ovat ympäristön lämpötilä, maan lämpötila, muiden johtimien läheisyys ja maan lämpöresistiivisyyden arvot. Johdon kuormitettevuus määräytyy asennusreitin mukaan, jonka varrella johtimella on pienin kuormitettavuus. (D1-2012 2012, 223.)

5.3 Jännitteenaleneman laskenta

Johdon jännitteenalenemaan vaikuttaa johdon ominaisuuksien eli resistanssin ja reaktanssin lisäksi, myös sen kuormitusvirran suuruus ja tyyppi. Induktiivinen kuormitusvirta kasvattaa jännitteenalenemaa, kun taas kapasitiivinen voi jopa nostaa johdon jännitettä. Kapasitiiviset kuormat ovat kuitenkin hyvin harvinaisia pienjänniteverkossa. Kohteen jännitteenalenema liittymispisteen ja kuormituslaitteen välillä ei saisi SFS-6000 – standardin mukaan olla suurempi kuin taulukossa 4 esitetyt arvot. (SFS 601-1 2012, 262.)

TAULUKKO 4. Jännitteenalenema (SFS 600-1 2012, 262.)

Asennukset tyyppi	Valaistus %	Muu käyttö %
A – Pienjänniteasennus, joka on syötetty suoraan jakeluverkosta	3	5
B – Pienjänniteasennus, joka on syötetty yksityisestä teholähteestä[a]	6	8
[a] Suositellaan, että ryhmäjohtojen jännitteenalenema ei ylitä asennustyypille A annettuja arvoja		

Johdon jännitteenalenema yksivaiheisella vaihtojännitteellä voidaan laskea kaavalla 14 ja vastaavasti kolmivaiheisella vaihtojännitteellä kaavalla 15, kun tiedetään tarpeelliset perustiedot. Kaavoissa käytetään plusmerkkiä induktiivisellä kuormituksella ja miinusmerkkiä kapasitiivisella.

$$\Delta U = I * 2 * l * (r\ cos\varphi \pm x\ sin\varphi) \quad (14)$$

jossa

ΔU = jännitteen alenema volteissa (V)

I = kuormitusvirta (A)

l = johdon pituus (m)

r = ominaisresistanssi (Ω/m)

x = ominaisreaktanssi (Ω/m)

φ = jännitteen ja virran välinen vaihekulma. (D1-2012 2012, 233.)

$$\Delta U = I * l * \sqrt{3}(r\ cos\varphi \pm x\ sin\varphi) \quad (15)$$

jossa

ΔU = jännitteen alenema volteissa (V)

I = kuormitusvirta (A)

l = johdon pituus (m)

r = ominaisresistanssi (Ω/m)

x = ominaisreaktanssi (Ω/m)

φ = jännitteen ja virran välinen vaihekulma. (D1-2012 2012, 233.)

Johdon suhteellinen jännitteenalenema, joka ei saa ylittää taulukossa 4 esitettyjä suosituksia, voidaan laskea kaavalla 16.

$$\Delta u = 100\ \% \frac{\Delta U}{U_N} \quad (16)$$

jossa

Δu = suhteellinen jännitteenalenema (V)

ΔU = jännitteen alenema volteissa (V)

U_N = nimellisjännite (V). (D1-2012 2012, 234.)

5.4 Suojalaitteiden selektiivisyys

Suojalaitteiden selektiivisyydellä pyritään siihen, että ylikuormitus tai oikosulkutilanteissa suojalaite toimii vain sen varsinaisella suojausalueella. Hyvin toteutetulla selektiivisellä suojauksella, esimerkiksi ryhmäjohtotasolla tapahtunut vika saadaan rajattua ryhmäkeskukseen ilman, että ryhmäkeskuksen nousujohdon suojalaitteen poiskytkentä toimii. Suojalaitteiden valinta täydellisen selektiivisyyden perusteella ei kuitenkaan aina ole tarpeen, koska se voi johtaa kohtuuttomaan ylimitoitukseen. (Johdon Mitoitus ja Suojaus 2010, 103.)

Suojalaitteiden selektiivinen toiminta voidaan tarkistaa vertailemalla niiden ominaiskäyriä, joista nähdään suojalaitteen toiminta-aika eri virran arvoilla. Jälkimmäisen suojalaitteen ominaiskäyrän tulee olla edellisen suojalaitteen ominaiskäyrän alapuolella. Selektiivisyys saavutetaan, jos ominaiskäyrät eivät leikkaa toisiaan. Yleensä valmistajat ilmoittavat tarvittavat porrastuksen suojalaitten välillä. (Johdon Mitoitus ja Suojaus 2010, 103.) Hyvä nyrkkisääntö selektiivisyyden tarkastelussa on, että peräkkäisten sulakkeiden välillä tulisi olla vähintään yksi sulakekoko (ST-kortti 53.13 2008, 4).

6 KUOPION JÄTEKESKUKSEN NYKYTILANTEEN SELVITTÄMINEN

Työ aloitettiin käymällä kohteessa ja kiertämällä alue, jotta alueesta saatiin yleiskuva. Tämä oli tärkeää, koska alueesta ei ollut olemassa asemapiirrosta, vaan vain yksittäisiä sähkökuvia, jotka liittyivät alueella vuosien aikana tehtyihin laajennuksiin ja muutostöihin. Paikkaansa pitävä dokumentointi aluesähköistä helpottaa tulevaisuudessa sähkösuunnittelua ja alueella tehtäviä tarkastus- ja huoltotoimenpiteitä. Lisäksi asemapiirroksen tarkoitus on auttaa henkilökuntaa mahdollisissa vika- ja onnettomuustilanteissa.

6.1 Aistinvarainen tarkastelu

Kun vanhoista kuvista oli piirretty alueen alustava asemapiirustus, oli ajankohtaista mennä itse paikalle kartoittamaan alueen sähköistystä. Aluetta kierrettäessä tarkistettiin ja kirjattiin johtimien poikkipinta-alat, asennusreitit ja valaisimien sijainnit ja tyypit, keskusten sijainnit ja merkinnät. Alueella oli runsaasti valaisinpylväisiin asennettuja pistorasiakeskuksia, joita ei alun perin ollut piirretty kuviin. Alueella oli nimeämättömiä keskuksia ja muutamia samannimisiä keskuksia.

Keskuskaavioiden paikkansapitävyyttä tarkasteltiin ja kirjattiin muutokset liittyen keskuksiin PK, RK 1 ja RK 3, joista lähti paljon nousu- ja ryhmäjohtoja kentällä sijaitseviin keskuksiin ja valaisimiin.

6.2 Dokumentointi

Kohteesta ei ollut olemassa ajan tasalla olevaa asemapiirrosta tai nousujohtokaaviota, joilla saisi helposti yleiskuvan alueen sähköistyksestä. Ennen paikalla tapahtuvaa tarkempaa sähköverkon tutkimista oli hyödyllisempää laatia olemassa olevista yksittäisistä sähköisistä ja paperilla olevista kuvista asemapiirustus, jota käytettäisiin pohjana itse paikalla tapahtuvassa selvittelyssä.

Alueesta oli olemassa sekalaisia kansioita sähkökuvia, joista osa oli sähköisessä ja osa paperisessa muodossa aina 90-luvun alusta alkaen, jonka jälkeen kohteessa on tehty lukuisia muutos- ja laajennustöitä. Toimiston ja kalustohallin tasokuvat olivat viime vuosina tehtyjen laajennustöiden jälkeen paikkansa pitäviä, mutta vanhoihin keskuskuviin tehtyjä muutoksia ei ollut merkitty keskuksiin. Muutoksien dokumentointi keskuskaavioihin oli puuttellisesti etenkin PK, RK1 ja RK 2 keskuksien osalta.

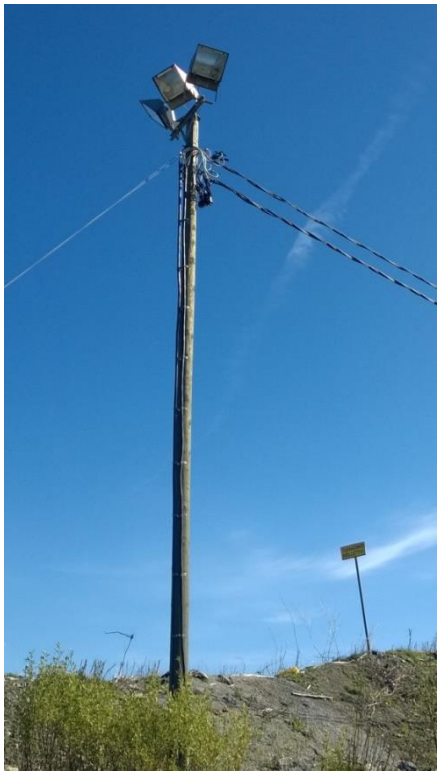
Hyödyllisin olemassa oleva asemapiirustus alueesta oli vuodelta 2013, jolloin kohteessa tehtiin aluevalaistuksen muutostöitä. Tähän asemapiirustukseen oli piirretty osa alueella sijaitsevista valaisimista, keskuksista ja kaapeloinnista. Kuvaan merkityt valaisintyypit eivät kuitenkaan enää pitäneet paikkaansa ja kuvassa oli puutteita rakennusten välisessä maakaapeloinnissa ja ilmastusaltaiden sähköistyksessä. Kuvasta tuli kuitenkin käyttökelpoinen pohjakuva alueesta piirrettävälle asemapiirrokselle, vaikka arkkitehtipohja ei ollutkaan aivan ajan tasalla uusien ja väliaikaisten rakennusten kaapelointien tai rakennusten sijainnin osalta.

Verkkoyhtiönä toimivalta Kuopion Energialta saadun verkko-otteen liitteen 5 perusteella pystyttiin asemakuvaan piirtämään muuntajien väliset kaapeloinnit, valokuitujen reitit ja liittymisjohtojen sijainnit. Vanhoista kuvista saatiin selville kalustohallin ja sosiaalirakennuksen väliset maakaapelit ja muita keskuksia ja kaapelointeja. Paikalla tapahtuneen kartoittamisen ja vanhojen sähkökuvien tutkimisen perusteella alueesta piirrettiin asemapiirros ja nousujohtokaavio. Keskuskaaviot PK, RK 1 ja RK 3 päivitettiin ja samalla ne piirrettiin puhtaaksi, koska niitä ei aikaisemmin ollut sähköisessä muodossa. Otos piirretystä asemapiirustuksesta kalustohallin kohdalta on esitetty liitteessä 4.

6.3 Ulkovalaistus

Alueen aluevalaistus on toteutettu jätteiden vastaanotto- ja varastontointialueilla valaisinpylväisiin asennetuilla 400 W suurpainenatriumvalaisimilla ja 100 W ja 160 W LED-valonheittimillä. Portin luona ja rekkavaaka-asemalla valaisimina on valaisinpylväitä, joissa on 100 W suurpainenatrium- tai LED-polttimot. Alueen valaistus on tarkoitus toteuttaa lopulta kokonaisuudessaan LED-valaimisilla sitä mukaan, kun suurpainenatriumvalaisimet korvataan niiden rikkoontuessa. Tällä hetkellä noin puolet valaisimista on vaihdetta LED:eiksi.

Valaisimien kaapelointi on toteutettu pääosin ilmajohtojen avulla, mutta myös maakaapeleita on käytetty jonkin verran. Valonheittimet on kiinnitetty pylväisiin asennetuille metalliorsille ja niitä on pylvästä kohden yhdestä neljään. Jokainen valaisin on suojattu 10 A pylväsvarokkeella, joka on sijoitettu pylvään latvaan tai alaosaan, jos kaapelointi on suoritettu maakapelilla, pylvään juureen asennetun metallikotelon sisälle. Tyypillinen esimerkki kohteen valaisinasennuksesta on esitetty kuvassa 2.



KUVA 2. Valaistuksen toteutus alueella (Salento 2016.)

6.3.1 Kiinteistöä syöttävä muuntajat

Alueella on kokonaisuudessaan kolme muuntajaa, mutta tässä opinnäytetyössä keskitytään vain puistomuuntamoon, joka sijaitsee sisääntuloportin vieressä ja syöttää kalustohallissa sijaitsevaa pääkeskusta. Muuntajien sijainti ja niiden välinen kaapelointi on esitetty liitteessä 5. Toinen puistomuuntaja syöttää murskauslaitosta ja sijaitsee sen vieressä ja kolmas alueen alalaidassa ja syöttää alueella toimivia yksityisyrittäjiä. Kalustohallia syöttävä muuntaja on kuvassa 3 esitetty ABB:n valmistama CTF-tyypin öljyeristeinen hermeettinen muuntaja. Sen tiedot saatiin selville ottamalla yhteyttä alueen verkkoyhtiöön eli Kuopion Energiaan.

KUVA 3. Puistomuuntaja (Salento 2016.)

Laskentaa varten täytyy tietää muuntajan näennäisteho S_n, kuormitushäviöt P_k, tyhjäkäyntihäviöt P_0 ja oikosulkuimpendassi z_k, jotka saatiin verkkoyhtiöltä. Nollaimpedanssi z_0 saatiin AAB:n Teknisiä tietoja ja taulukoita -käsikirjasta. Muuntajan arvot ovat:

$$S_n = 500\ kVA$$
$$P_k = 5304\ W$$
$$P_0 = 691\ W$$
$$z_k = 4{,}43\ \%$$
$$z_0 = 5{,}2\ \%$$

Muuntajan arvot on laskettu käyttäen luvun 6.1.3 kaavoja 6–13.

Muuntajan oikosulkuresistanssi (%)

$$r_k = \frac{P_k}{S_n} = \frac{5304\ W}{500\ kVA} = 0{,}0106$$

Muuntajan oikosulkureaktanssi (%)

$$x_k = \sqrt{z_k^2 - r_k^2} = \sqrt{0{,}0443^2 - 0{,}0106^2} = 0{,}0430$$

Muuntajan oikosulkuresistanssi (Ω)

$$R_m = r_k * \frac{U_n^2}{S_n} = 0{,}0106 * \frac{(400\ V)^2}{500\ kVA} = 0{,}0034\ \Omega$$

Muuntajan oikosulkureaktanssi (Ω)

$$X_m = x_k * \frac{U_n^2}{S_n} = 0{,}0430 * \frac{(400\ V)^2}{500\ kVA} = 0{,}0138\ \Omega$$

Muuntajan nollaresistanssi (%)

$$r_0 = \frac{P_0}{S_n} = \frac{691\ W}{500\ kVA} = 0{,}001382$$

Muuntajan nollareaktanssi (%)

$$x_0 = \sqrt{z_0^2 - r_0^2} = \sqrt{0{,}052^2 - 0{,}001382^2} = 0{,}05198$$

Muuntajan nollaresistanssi (Ω)

$$R_{m0} = r_0 * \frac{U_n^2}{S_n} = 0{,}001382 * \frac{(400\ V)^2}{500\ kVA} = 0{,}0004422\ \Omega$$

Muuntajan nollareaktanssi (Ω)

$$X_{m0} = x_0 * \frac{U_n^2}{S_n} = 0{,}05198 * \frac{(400\ V)^2}{500\ kVA} = 0{,}01663\ \Omega$$

6.3.2 Jännitteenalenemat

Jännitteenalenemia tarkasteltiin pisimpien johtoreittien eli valaistuksen syöttöjen ja ilmastusaltaan keskuksen syötön kohdalla. Laskentaa varten täytyi määrittää ryhmien pätötehot ja niiden tehokertoimet. Tehokertoimena *cos φ* käytettiin 0,90:tä. Pääkeskuksesta lähtevän ja puujätteen käsittelyalueelle pisteeseen B päättyvän valaisryhmän 7 jännitteenalenema on laskettu. Ryhmän rakenne on esitetty yksinkertaistetusti kuviossa 1 ja pätötehot sen eri pisteiden välillä esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Johtovälien virrat.

Johtoväli	Pätöteho (W)	Virta (A)
PK- Piste A	4320	24,31
Piste A-VK 1	1600	11,55
VK 1-Piste B	3520	5,65
VK 1- Piste C	2080	3,34
Piste A-Piste D	3640	5,84
yhteensä	15160	

Kuormitusvirrat on laskettu eri pisteiden välillä kaavalla 1. Pääkeskuksen ja haarapisteen A välistä kuormitusvirtaa laskettaessa täytyy laskea yhteen kaikki johdon kuormitukset.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * cos\varphi} = \frac{15160\ W}{\sqrt{3} * 400\ V * 0{,}9} = 24{,}31\ A$$

Tehokertoimen *cos φ* 0,90 avulla voidaan laskea *sin* φ:n arvo.

$\mathrm{acos}(0{,}90) = \varphi = 25{,}84°$
$sin\varphi = 0{,}44$

Laskennassa tarvittavat johtimien resistanssit ja reaktanssit on esitetty taulukossa 6. Arvot ovat riittävän tarkkoja likiarvoja laskettaessa, mutta tarkkojen arvojen saamiseksi ne tulisi kysyä kaapelien valmistajilta.

TAULUKKO 6. Tarvittavat johtimien resistanssit ja reaktanssit (Johdon mitoitus ja suojaus 2010.)

Johtimen materiaali	Johtimen poikkipinta A/mm^2	Resistanssi (Ω/km)	Reaktanssi (Ω/km)
Alumiini	35	0,880	0,083
Alumiini	50	0,640	0,083
Alumiini	120	0,250	0,080

Jännitteenalenema pääkeskuksen ja haarapisteen A välillä on laskettu käyttäen kaavaa 15. Johtona on valaistuspylväälle AXCMK 3x120+41 ja pylväältä pisteeseen A AMKA 3x120+95. Johtojen yhteenlaskettu pituus on 282 m.

$$\Delta U = I * l * \sqrt{3}(r\ cos\varphi \pm x\ sin\varphi) =$$
$$24{,}31\ A * 0{,}282\ km * \sqrt{3}\left(0{,}25\frac{\Omega}{km} * 0{,}90 + 0{,}08\frac{\Omega}{km} * 0{,}44\right) = 3{,}09\ V$$

Johtovälin suhteellinen jännitteenalenema saadaan kaavan 16 avulla.

$$\Delta u = 100\ \%\frac{\Delta U}{U_N} = 100\ \% * \frac{3{,}1\ V}{400\ V} = 0{,}77\ \%$$

Pisteen A ja valaistuskeskus 1:n välinen jännitteenalenema ja suhteellinen jännitteenalenema kaavoilla 15 ja 16 laskettuna, kun johtona on AMKA 3x35+50 ja pituutena 122 m:

$$\Delta U = I * l * \sqrt{3}(r\ cos\varphi \pm x\ sin\varphi)$$
$$= 11{,}55\ A * 0{,}122\ km * \sqrt{3}\left(0{,}88\frac{\Omega}{km} * 0{,}90 + 0{,}083\frac{\Omega}{km} * 0{,}44\right) = 2{,}02\ V$$

$$\Delta u = 100\ \%\frac{\Delta U}{U_N} = 100\ \% * \frac{2{,}02\ V}{400\ V} = 0{,}51\ \%$$

Valaistuskeskuksen 1 ja pisteen B välinen jännitteenalenema ja suhteellinen jännitteenalenema on laskettu kaavoilla 15 ja 16, kun pisteiden välillä on johtoina AMKA 3x35+50 pituutena 330 m ja AXMK 4x50 pituutena 54 m:

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

$$5{,}65\ A * 0{,}330\ km * \sqrt{3}\left(0{,}88\frac{\Omega}{km} * 0{,}90 + 0{,}083\frac{\Omega}{km} * 0{,}44\right) = 2{,}65\ V$$

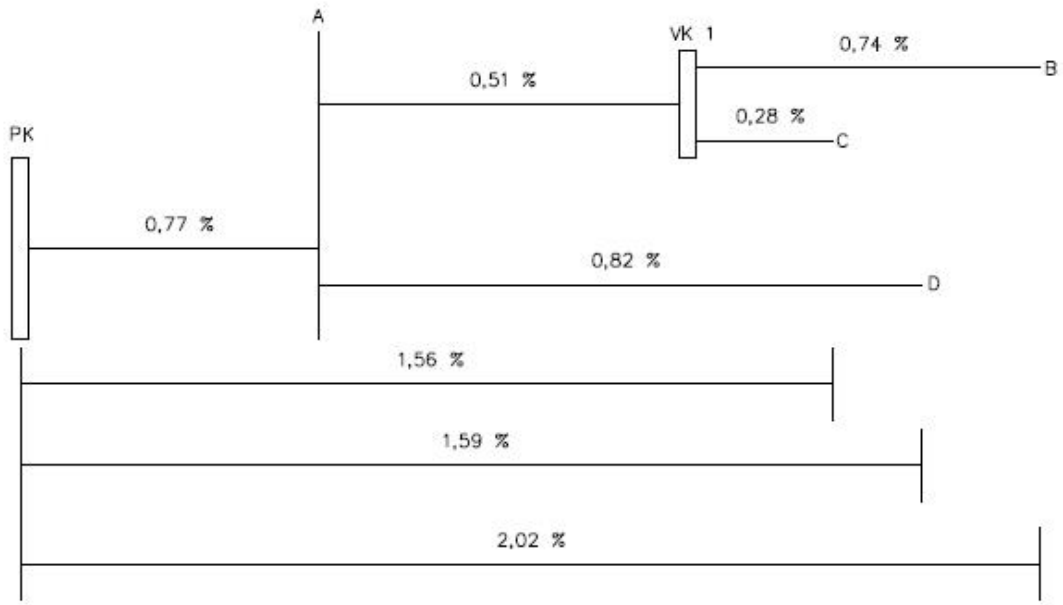
$$5{,}65\ A * 0{,}054\ km * \sqrt{3}\left(0{,}64\frac{\Omega}{km} * 0{,}90 + 0{,}083\frac{\Omega}{km} * 0{,}44\right) = 0{,}32\ V$$

$$\Delta u = 100\ \%\frac{\Delta U}{U_N} = 100\ \% * \frac{2{,}65\ V + 0{,}32\ V}{400\ V} = 0{,}74\ \%$$

Yhteenlaskettu suhteellinen jännitteenalenema pääkeskuksen ja pisteen B välillä.

$$\Delta u = 0{,}77\ \% + 0{,}51\ \% + 0{,}74\ \% = 2{,}02\ \%$$

Pääkeskuksen valaistusryhmä 7 jännitteenalenemat ryhmän pisteissä on esitetty kuviossa 1.



KUVIO 1. Suhteellinen jännitteenalenemat ryhmän pisteissä (Salento 2016.)

Suhteellinen jännitteenalenema pääkeskuksen ja pisteen B välillä on 2,02 % ja täyttää siis SFS 6000 asettamat suositukset. Tuloksesta voidaan päätellä, että koska alueen johtojen pituudet ovat hyvin suuria, mutta kuormitus hyvin vähäistä johtojen poikkipintoihin nähden. Mitoituksen perustana on ollut riittävän suuri oikosulkuvirta johdon loppupäässä, jotta oikosulkusuojaus toimisi riittävän nopeasti. Tämän seurauksena myöskään jännitteenalenema ei tuota ongelmia. Koska suurpainenatrium-valaisimet ovat myös poistumassa käytöstä, valaistusryhmien jännitteenalenemat tulevat alenemaan tulevaisuudessa. Jännitteenalenemat eri valaistusryhmien osissa on esitetty liitteessä 3.

6.3.3 Oikosulkusuojaus

Oikosulkusuojaukset tarkistamista varten täytyy saada selville yksivaiheinen oikosulkuvirta kiinteistön pääkeskuksella. Verkkoyhtiön laskelmien mukaan yksivaiheinen oikosulkuvirta I_{k1} kiinteistön pääkeskuksella kuvassa 4 on 5050 A.

KUVA 4. Kalustohallin pääkeskus (Salento 2016.)

Yksivaiheinen oikosulkuvirta voidaan kuitenkin myös laskea kaavalla 4, kun siihen sijoitetaan aiemmin lasketut muuntajan arvot ja käytetyn liittymisjohdon AXCMK 3x185+57 arvot. Liittymisjohtona on kaksin rinnan kytkettyä kaapelia, joten käytetään pituuskerrointa 1,7 eli laskentapituus on 192,1 m (SA2:08 2008, 25).

$$I_{k1} = \frac{0{,}95*3U_V}{\sqrt{(2R_m+R_{m0}+3L(R_v+R_0))^2+(2X_m+X_{m0}+L(2X_v+X_{v0}+3X_0))^2}}$$

$$= \frac{0{,}95*3*230\ V}{\sqrt{\begin{array}{l}(2*0{,}0034\ \Omega+0{,}0004422\ \Omega+3*0{,}1921\ km\left(0{,}181\ \frac{\Omega}{km}+0{,}345\ \frac{\Omega}{km}\right))^2\\+(2*0{,}0138+0{,}01663\ \Omega+0{,}1921\ km(2*0{,}072\frac{\Omega}{km}+0{,}072\frac{\Omega}{km}+3*0))^2\end{array}}} = 1750\ A$$

Oikosulkusuojauksen tarkistuksessa käytetään kuitenkin verkkoyhtiöltä saatua arvoa 5050 A, koska nollaimpedanssi ja kaapelin arvot ovat taulukkoarvoja. Pääkeskusta edeltävän verkon impendassi Z_V voidaan laskea kaavan 5 mukaisesti.

$$Z_v = \frac{c*U}{\sqrt{3}*I_k} = \frac{0{,}95*400\ V}{\sqrt{3}*5050\ A} = 0{,}0434\ \Omega$$

Syöttävän verkon impedanssi lisätään johtojen impedansseihin laskettaessa verkon yksivaiheisia oikosulkuvirtoja eri pisteissä. Lisäksi tulee huomioida, että koska oikosulku tapahtuu vaiheen ja maan välillä, niin AMKA-johdoilla ja suuremmilla poikkipintaisilla maakaapeleilla PEN- tai maadoitusjohtimen impedanssi eroaa vaihejohtimista. Johtojen impedanssit lasketaan 80 °C johdinlämpötilassa.

TAULUKKO 7. Johtimien impedanssit. (D1-2012 2012, 96.)

johtimen materiaali	johtimen poikkipinta A/mm^2	impedanssi (Ω)
alumiini	35	1,089
alumiini	50	0,800
alumiini	70	0,557
alumiini	95	0,406

Laskettaessa pisteen B yksivaiheista oikosulkuvirtaa syöttävän verkon impedanssi lisätään johtimien impedansseihin. Johtojen pituudet on ilmoitettu nousujohtokaaviossa liite 1 ja käytettyjen johtojen impedanssit taulukossa 7.

$$Z_B = Z_v + Z_{johtimet}$$
$$= Z_v + 0{,}05\ km * (Z_{AL120} + Z_{CU57}) + 0{,}232\ km * \left(Z_{AL120} + Z_{Al95)}\right) +$$
$$0{,}452\ km * (Z_{AL35} + Z_{AL50}) + 0{,}054\ km * (Z_{AL50} + Z_{AL50})$$
$$= 0{,}0434\ \Omega + 0{,}05\ km * \left(0{,}326\ \frac{\Omega}{km} + 0{,}439\ \frac{\Omega}{km}\right)$$
$$+0{,}232\ km * \left(0{,}326\ \frac{\Omega}{km} + 0{,}406\ \frac{\Omega}{km}\right) + 0{,}452\ km * \left(1{,}089\frac{\Omega}{km} + 0{,}800\ \frac{\Omega}{km}\right)$$
$$+0{,}054\ km * \left(0{,}800\ \frac{\Omega}{km} + 0{,}800\ \frac{\Omega}{km}\right) = 1{,}199\ \Omega$$

Yhteenlasketun verkon impedanssin ja johtojen impedanssien avulla voidaan laskea yksivaiheinen oikosulkuvirta pisteessä B kaavan 5 mukaisesti:

$$I_k = \frac{c*U}{\sqrt{3}*Z_B} = \frac{0{,}95*400\ V}{\sqrt{3}*1{,}199\ \Omega} = 183\ A$$

Vaadittu poiskytkentäaika kyseisellä johdolla on 5 s. Oikosulkusuojauksessa on käytetty tällä hetkellä sekä 35 A että 50 A kahvasulakkeita. Oikosulkusuojaus toteutuisi vaihtamalla kaikki 35 A kahvasulakkeisiin, joilla vaadittu poiskytkentäaika toteutuisi 165 A:lla. Kuormituksen puolesta tälle ei ole esteitä, koska taulukon 5 perusteella kuormitusvirta kyseissä johdossa on 24,3 A, joka tulee alene-

maan tulevaisuudessa suurpainenatriumvalaisimien poistuessa käytöstä. Oikosulkusuojauksen laskentatulokset on koottu liitteeseen 2.

Liitteen 2 laskentatuloksista nähdään, että tarkasteltujen ryhmien osalta oikosulkusuojaus täyttää nykyiset SFS 6000:n vaatimukset poiskytkentäaikojen osalta muissa ryhmissä paitsi jätevesipumppaamon, JK 12 ja RK 101 tapauksessa. Jätevesipumppaamon oikosulkusuojaus on toteutettu 80 A gG-sulakkeilla, joilla vaadittu toimintavirta 5 s poiskytkentäajalla on 425 A. Laskettu arvo pumppaamolla on kuitenkin vain 372 A, joten vaaditun toiminta-ajan saavuttamiseksi, tulisi sulakkeet vaihtaa 63 A:iin, joilla vaadittu oikosulkuvirta on 320 A.

Laskettu oikosulkuvirta JK 12:lla on 293 A ja ryhmän etusulakkeet 80 A, joilla 5 s poiskytkentäaika saavutetaan 425 A oikosulkuvirralla. Etusulakkeiden pienentäminen ei kyseissä tapauksessa ole kuitenkaan kannattavaa, koska samassa ryhmässä on paljon keskuksia ja kuormitus voi vaihdella paljon ajankohdasta riippuen ja mahdollista kuormitusta on hankala arvioida. Paras ratkaisu olisi lisätä 50 A pylväsvarokkeet, joilla vaadittu oikosulkuvirta on 250 A, valaisinpylvääseen, jolta nousujohtona JK 12:lle käytetty AMKA 3x70+95 haarautuu ilmastusaltaiden suuntaan. RK 101 osalta vaadittu poiskytkentäaika saadaan täytettyä muuttamalla JK 12:ssa sijaitsevat 63 A kahvasulakkeet 35 A sulakkeiksi, joilla vaadittu oikosulkuvirta on 165 A. Ilmastusaltaiden sulakkeiden pienentämiselle ei ole esteitä pisteen kuormituksen puolesta.

6.3.4 Selektiivisyys

Suojauksen selektiivisyyden tarkastelu kohteessa on aiheellista lähinnä pääkeskuksen ryhmän 4 ja RK 3 ryhmän 6 kohdalla. Kyseiset ryhmät kattavat suuren osan alueella olevista ryhmä- ja pistorasiakeskuksista, joten vikatilanteessa vian rajoittaminen on tärkeää. Molemmissa ryhmissä selektiviisyys toteutuu hyvin, jos nyrkkisääntönä käytetään, että peräkkäisten sulakkeiden väliin jätetään yksi sulakekoko. Pääkeskuksen ryhmässä 4 etusulakkeena on 80 A, jonka jälkeen on käytössä 35 A tai 50 A sulakkeita. Ainoastaan JK 12:ssa on käytössä 63 A kahvasulakkeet, joilla sääntö ei toteudu. RK 3:n ryhmässä 3 keskuksella on suojauksessa käytetty 50 A C-tyypin johdonsuojakatkaisijaa ja PRK 4:ssa välisuojana 32 A johdonsuojakatkaisijaa.

7 KUNTOTUTKIMUS

Kuntotutkimus rajattiin koskemaan ulkona olevia sähköjärjestelmiä, jotka sijaitsivat Jätekukko Oy:n toiminta-alueella jätekeskuksella. Tutkimuksessa tarkasteltiin sähkölaitteiden ja – järjestelmien kuntoa ja toimivuutta ja dokumentoitiin mahdolliset havaitut puutteet. Tutkimus suoritettiin aistinvaraisesti ja mittauksin. Havaitut puutteet ja korjausehdotukset kirjattiin ja luovutettiin toimeksiantajalla.

7.1 Keskukset

Kuvassa 5 on esitetty TPK 7, josta puuttui kuvaushetkellä kumitiiviste johdon sisääntuloaukosta, ja kuvassa 6 on kumitiivisteen puuttumisen seuraukset. Sisääntuloaukko tulee tiivistää ja keskus pitää puhdistaa ja kuivata kunnolla ja samalla tarkastaa sähkölaitteiden kunto sen sisällä, vaikka vikavirtasuojat toimivatkin mittausten mukaan kunnolla. Tarvittaessa keskus tulee uusia kokonaan.

KUVA 5. TPK 7 ulkoapäin (Salento 2016.)

KUVA 6. TPK 7 sisältä (Salento 2016.)

Ulkona olevissa keskuksissa oli havaittavissa, että kosteutta oli päässyt jossain vaiheessa joidenkin keskusten sisälle. Vaikka keskukset ovat ulkotiloihin soveltuvia ja osa niistä oli suojatta kotelolla tai katoksella, kannattaisi kaikki keskukset suojata ainakin kuvan 7 kaltaisesti pahimmilta sääoloilta ja kaatopaikan luomilta olosuhteilta.

KUVA 7. Esimerkki työpaikkakeskuksen suojauksesta (Salento 2016.)

7.2 Kaapelointi

Alueella on käytetty väliaikaisena syöttönä RK 16:lle 5x6 H07RN-F-kumikaapelia ilmajohtona (kuva 8), vaikka syöttö on tarkoitettu väliaikaseksi, tulisi kaapeli vahvistaa teräsvaijerilla, jotta rasitus kohdistuisi ilmassa olevan kaapelin sijasta vaijeriin. Parempi vaihtoehto olisi korvata nykyinen kaapeli asianmukaisella ilmajohtimella.

KUVA 8. Ilmajohtona käytetty kumikaapeli (Salento 2016.)

Kumikaapelia on käytetty myös ilmajohtona väliaikaisessa pistorasiakeskuksen syötössä, joka tulee murskaushallista, ja muutamassa murskaushallin lähistöllä olevassa valaisimella. Myös nämä kaapelit tulisi ainakin vahvistaa tarvittaessa teräsvaijereilla tai korvata asianmukaisella kaapelilla, jos ne jäävät pidempi aikaiseen käyttöön.

RK 16:n alapuolella oleva kaapelointi (kuva 9), tulisi suojata paremmin ulkoisilta rasituksilta esimerkiksi metallikourulla tai putkella.

KUVA 9. RK 16 kaapelointi (Salento 2016.)

7.3 Mittaukset

Mittauksissa tarkastettiin alueella olevien pistorasiakeskusten vikavirtasuojien toimivuus. Mittauslaitteena oli Amprobe 0100-Plus -käyttöönottotesteri. Keskusten pistorasiaryhmien vikavirtasuojat mitattiin käyttöönottotesterillä ja voimapistorasioiden vikavirtasuojien toimivuus tarkistettiin vikavirtasuojan omalla testausnapilla, koska testeriin ei ollut saatavilla voimapistorasioihin sopivaa mittauspistoketta. Puutteita vikavirtasuojien toiminnassa havaittiin vain PRK 2:ssa, jossa osa kolmivaiheisista vikavirtasuojista ei pysynyt kytkettynä tai ei lauennut testausnappia painamalla.

7.4 Lämpökuvaus

Kohteessa suoritettiin myös lämpökuvaus osana kuntotutkimusta, jossa kuvattiin ja mitattiin pääkeskuksen nousujohtojen lämpötilat ja kuormitukset. Kuvauksessa käytettiin FLIR TG165 - lämpökameraa ja virtojen mittauksessa käytettiin pihtivirtamittarina EXTECH Instrument 380975. Ennen kuvauksien aloittamista kytkettiin aluevalaistukset ja kalustohallin lämmitykset. Kuvaukset tehtiin avaamalla varoke-erottimien kotelot ja mittaamalla vaiheiden kuormitusvirrat lämpökuvauksen yhteydessä.

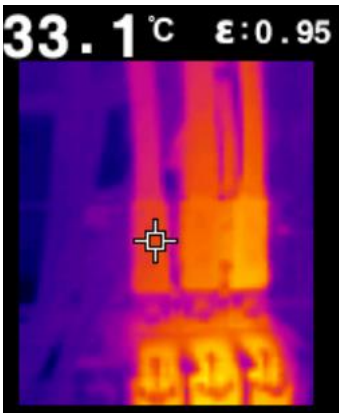
Jätevesipumppaamon lähtöä 3 ei saatu kuvattua ja lisäksi kaikkia vaihevirtoja ei saatu mitattua pihtivirtamittarilla johtimien kulkureittien vuoksi. Mittausten aikana havaittiin kahvasulakkeita, joita ei ollut painettu kunnolla paikalleen, ja asia korjattiin. Lämpökuvauksen aikana mitatut kuormitusvirrat on esitetty taulukossa 8.

TAULUKKO 8. Mitatut kuormitusvirrat

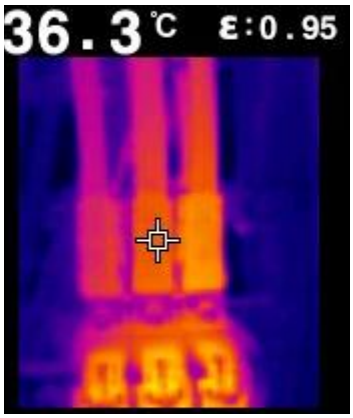
Lähtö	L1 (A)	L2 (A)	L3 (A)
4	10	7,4	9,3
5	15	-	10
6	13,3	3,7	8,8
7	-	-	-
8	63	62,5	64,7
9	28	58	54
RK 4	8,9	-	-

Mitatut kuormitusvirrat olivat lähtöjä 8 ja 9 lukuun ottamatta hyvin pieniä ja alle 20 % maksimikuormituksesta, joten ongelmakohtien lämpötila ei nouse tarpeeksi, jotta ne havaittaisiin lämpökuvauksella. Mittausten perusteella on havaittavissa epäsymmetristä kuormitusta lähdössä 9, joka on RK 1:n nousujohto. Kuormituksen epäsymmetria johtuu luultavasti kalustohallin lämmittiminä toimivien infrapunalämmittien epätasaisesta jakamisesta vaiheiden välille.

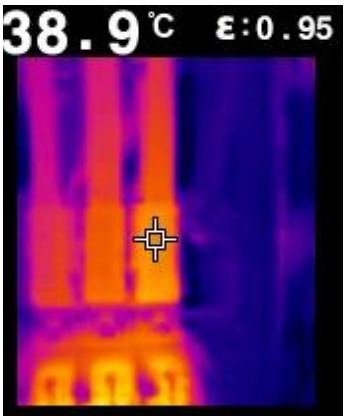
Lämpökuvauksessa havaittiin pieniä lämpötilaeroja lähdön 8 vaiheiden lämpötilöissa, siitä huolimatta että kuormitusvirrat ovat hyvin samansuuruiset. Eri vaiheiden lämpötilat on esitetty kuvissa 10–12. Lämpötilaerot voivat selittyä löysillä liitoksilla, mutta kuvaukset tulisi suorittaa uudestaan parempana ajankohtana, kun kuormitusvirta on suurempi. Jos sama ilmiö on havaittavissa myös suuremmalla kuormitusvirralla uusintakuvauksessa, ongelma pitää korjata.



KUVA 10. Vaihe L1



KUVA 11. Vaihe L2



KUVA . Vaihe L3

7.5 Lopputulokset

Kuntotutkimuksessa havaitut huomiot ja epäkohdat kirjattiin ja luovutettiin alueen sähköverkon huollosta vastaavalle Sähköasennus Sähkömestarit Oy:lle, jonka toimesta havaitut puutteet on tarkoitus korjata kesän aikana. Muutamista puutteista huolimatta alueen sähköasennukset ovat pääosin toimivia, ja toteuttamalla annetut korjausehdotukset niistä tulee myös nykyisten sähköturvallisuusmääräysten mukaisia. Samalla sähkölaitteistojen käyttöikä pidentyy.

Alueella olevien pistorasiakeskusten vikavirtasuojien toiminnassa havaittiin puutteita vain PRK 2:ssa, jossa niiden toiminta tulee korjata. Lämpökuvauksessa ei havaittu merkittäviä ongelmia, mutta se olisi suositeltavaa tehdä uudestaan ajankohtana, jolloin alueella on kuormitusta enemmän eli esimerkiksi talvella. Lämpökuvauksen suorittamisessa on kuitenkin hyötyä vain muutamissa lähdöissä PK 1:ssa, koska valaistusryhmien virrat ovat niin pieniä kaapelien poikkipinta-aloihin verrattuna.

8 YHTEENVETO

Työn tavoitteena ollut asemapiirustuksen päivitys saavutettiin ja samalla päivitettiin myös muun muassa kalustohallin sähkökeskusten keskuskaavioita ja muita sähköpiirustuksia tarpeellisilta osin. Opinnäytetyön aikana pävitetyt ja piirretyt sähkötekniset piirustukset ja kuntotutkimuksen aikana havaitut puutteet esiteltiin ja luovutettiin Jätekukko Oy:lle ja alueen sähkölaitteiston huollosta vastaavalle Sähköasennus Sähkömestarit Oy:lle. Alueen käyttöhenkilökuntaa opastettiin esittelyn yhteydessä asemapiirustuksen ja nousujohtokaavion hyödyntämisestä vikatilanteiden nopeamman selvittämisen saavuttamiseksi.

Sähköisen laskennan perusteella alueen sähköverkko on jännitteenalenemien ja pääosin myös oikosulkusuojauksen osalta nykyisten standardien ja suositusten mukainen. Toteuttamalla ehdotetut muutokset lähinnä PK 1 lähtöjen sulakekokoihin, myös oikosulkusuojaus saataisiin vastaamaan sähköisiä suosituksia ja standardeja.

Kuntotarkastuksessa havaitut puutteet alueella on tarkoitus korjata Sähköasennus Sähkömestarin Oy:n toimesta. Korjaamalla alueen kuntotutkimuksessa havaitut puutteet alueen sähkötyöturvallisuus paranee ja sähkölaitteistojen käyttöikä pitenee. Lämpökuvauksen avulla ei havaittu merkittäviä ongelmia, mutta se olisi kuitenkin suositeltavaa suorittaa uudelleen, kun kohteen sähkönkulutus on suurempi.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

ABB 2000. Teknisiä tietoja ja taulukoita. Vaasa: Ykkös-Offset Oy.

AMK-KUSTANNUS OY TAMMERTEKNIIKKA 2010. Tekniikan kaavasto. Matemaatiikan, fyysiikan, kemian ja lujuusopin peruskaavoja sekä SI-järjestelmä. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy.

D1-2012 KÄSIKIRJA RAKENNUSTEN SÄHKÖASENNUKSISTA 2012. Helsinki: Painokurki Oy.

ENERGIATEOLLISUUS: Verkkosuositus SA_2-08 Pienjänniteverkon ja jakelumuuntajan sähköinen mitoittaminen.

Johdon Mitoitus ja Suojaus 2010. Helsinki: Painokurki Oy.

JÄTEKUKKO 2016. [verkkoaineisto]. [Viitattu 2016-10-20] Saatavissa: http://www.jatekukko.fi/yhtio.html

HIETALAHTI, Lauri 2011. MUUNTAJAT JA SÄHKÖKONEET. Vantaa: Hansaprint Oy.

Pienjännitesähkölaitteiston Mitoitus 2015. Helsinki: Painokurki Oy.

Rakennusten Sähköasennusten Tarkastukset 2012. Tampere: Tammerprint Oy.

SFS-KÄSIKIRJA 600-1 2012. Sähköasennukset. Osa 1: SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset. Helsinki: SFS.

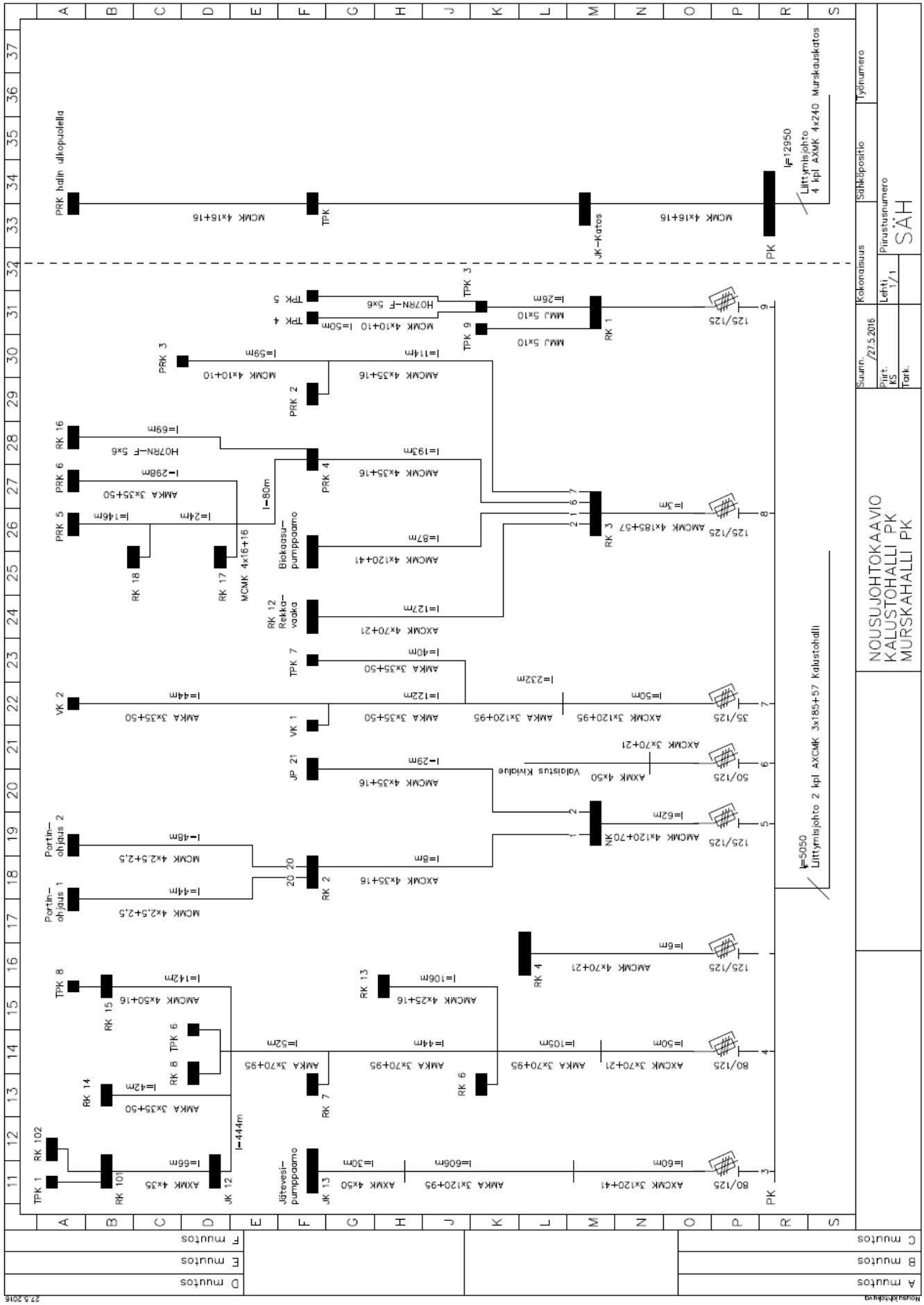
SFS-KÄSIKIRJA 600-2 2012. Sähköasennukset. Osa 2: Säädökset, sähkötyöturvallisuus, erityisasennukset ja liittyvät standardit. Helsinki: SFS.

ST-KORTTI 53.13 2008. Espoo: Sähköinfo Oy

ST-KORTTI 53.62 2014. Espoo: Sähköinfo Oy

ST-KORTTI 97.01 Espoo: Sähköinfo Oy

LIITE 1: NOUSUJOHTOKAAVIO



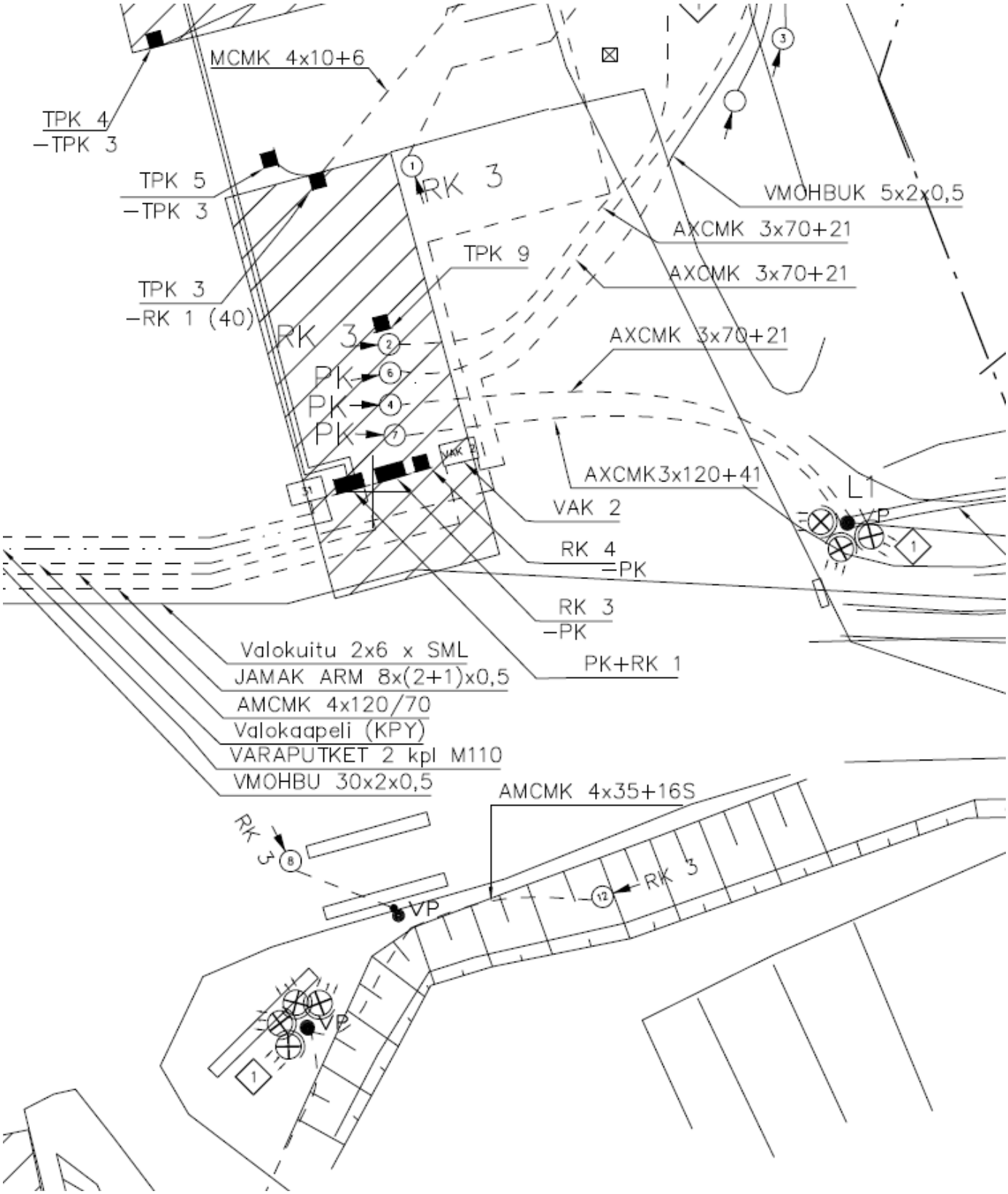
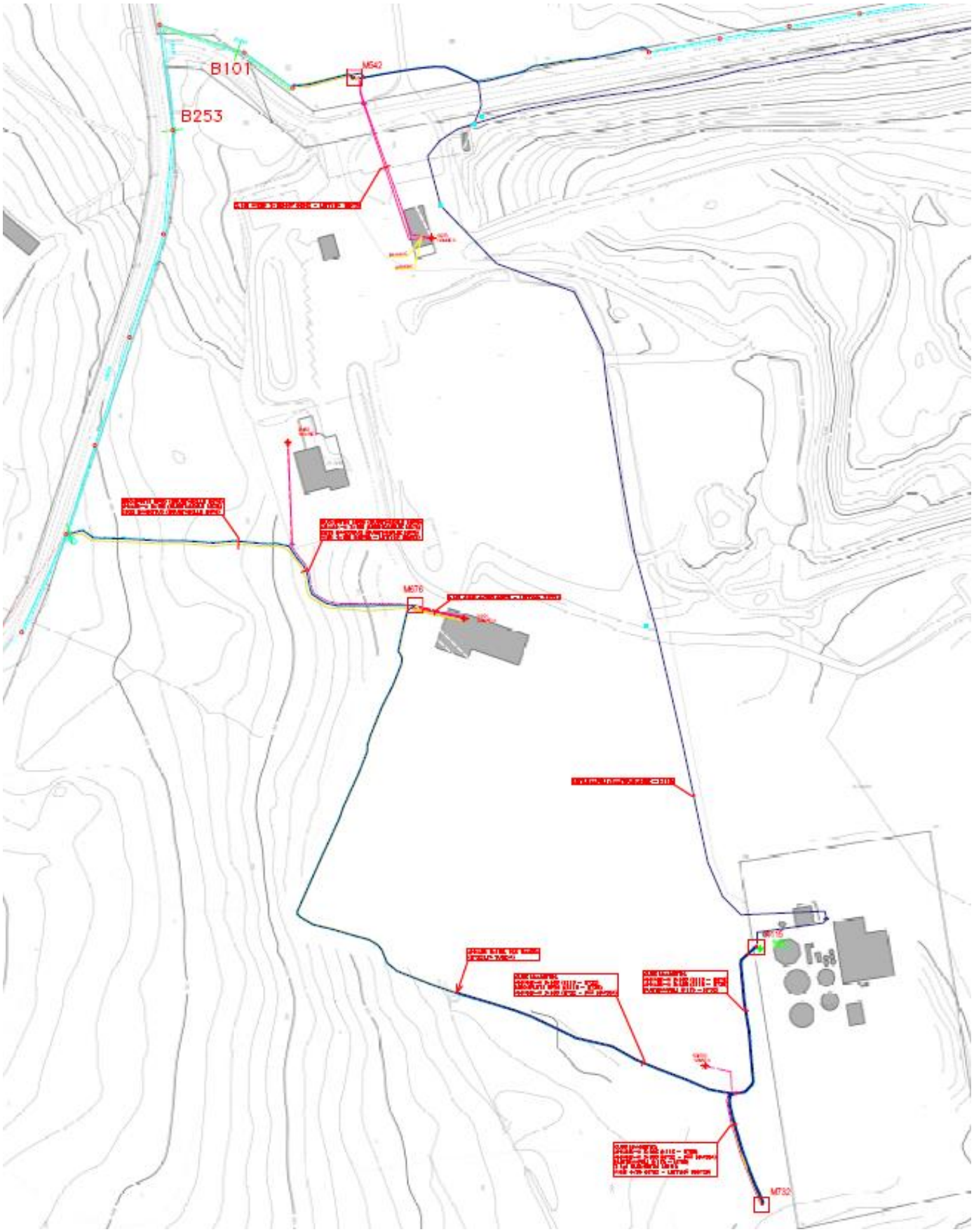
LIITE 2: OIKOSULKUVIRRAT

	ryhmä	pisteen I_k (A)	vaadittu oikosul-kuvirta 5 s pois-kytkentäajalla (A)	vaadittu oikosul-kuvirta 0,4 s pois-kytkentäajalla (A)	Suojauksen toiminta
RK 4	-	4103	715	-	ok
Jätevesipumppaamo	PK(3)	372	425	-	ei täyty
RK 6	PK(4)	962	425	-	ok
RK 13	PK(4)	409	250	-	ok
RK 7	PK(4)	811	425	-	ok
RK 8	PK(4)	684	425	-	ok
RK 14	PK(4)	533	250	-	ok
RK 15	PK(4)	345	250	-	ok
JK 12	PK(4)	293	425		ei täyty
RK 101	PK(4)	271	320	-	ei täyty
NK	PK(5)	2578	715	-	ok
RK 2	NK(1)	2086	425	-	ok
Portinohjaus 1	RK 2(20)	250	-	82	ok
Portinohjaus 2	RK 2(20)	232	-	82	ok
JP 21	NK (2)	1390	320	-	ok
Valaistus kiviaines	PK(6)	421	250	-	ok
Piste A	PK(7)	847	165	-	ok
Piste B	PK(7)	183	165	-	ok
Piste C	PK(7)	219	165	-	ok
Piste D	PK(7)	213	165	-	ok
RK 3	PK(8)	4830	1650	-	ok
Biokaasupumppaamo	RK 3(1)	1780	715	-	ok
RK 12	RK 3(2)	851	580	-	ok
PRK 4	RK 3(6)	415	250	-	ok
RK 16	RK 3(6)	212	250	-	ei täyty
RK 17	RK 3(6)	290	320	-	ei täyty
PRK 6	RK 3(6)	201	320	-	ei täyty
RK 18	RK 3(6)	266	320	-	ei täyty
PRK 5	RK 3(6)	177	320	-	ei täyty
PRK 2	RK 3(7)	662	250	-	ok
PRK 3	RK 3(7)	368	250	-	ok
Valaitus vastaanottoalue	RK 3(12)	385	320	-	ok
Valaistus pientuojat	Rk 3(13)	236	190	-	ok
Valaistus pysäköintialue	RK 3(14)	234	190	-	ok
RK 1	PK(9)	5050	715	-	ok
Valaistus sisääntuloalue	RK 1(11)	353	65	-	ok
TPK 4	RK 1(40)	726	165	-	ok

LIITE 3: JÄNNITTEENALENEMAT

piste	ryhmä	jännitteenalenema (%)
valaistus kiviaines	PK(6)	0,62
piste A	PK(7)	0,77
VK 1	PK(7)	1,28
piste B	PK(7)	2,03
piste C	PK(7)	1,56
piste D	PK(7)	1,59
valaitus vastaanottoalue	RK 3(12)	0,48
valaistus pientuojat	RK 3(13)	0,74
valaistus pysäköintialue	RK 3(14)	0,14
valaistus sisääntuloalue	RK 1(11)	0,09

LIITE 4: OTOS ASEMAPIIRUSTUKSESTA KALUSTOHALLIN KOHDALTA



LIITE 5: KUOPION ENERGIAN VERKKO-OTE