



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

KUOPIO-JUKOLA 2014

Väliaikaisen sähköistyksen suunnittelu

TEKIJÄ/T: Mika Karjalainen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Mika S Karjalainen	
Työn nimi Kuopio-Jukola 2014 Väliaikaisen sähköistyksen suunnittelu	
Päiväys 15.10.2014	Sivumäärä/Liitteet 30/22
Ohjaaja(t) lehtori Heikki Laininen, yliopettaja Juhani Rouvali	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Kuopio-Jukola 2014 toimikunta	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän työn tarkoituksena oli tutustua väliaikaisen sähköistyksen määräyksiin ja tehdä näiden pohjalta sähkösuunnitelma Kuopio-Jukola 2014 -tapahtumaan.</p> <p>Työssä selvitettiin aluksi tapahtuman luonne ja millainen oli sen sähköverkon tarve. Lisäksi tutustuttiin sähkösuunnitelmassa tarvittaviin säädöksiin ja ohjeisiin. Itse sähkösuunnitelman ensimmäinen vaihe oli tiedon keräys. Aluksi kerättiin tapahtumaan osallistuvilta tahoilta lista tehotarpeista. Tehojen lisäksi tapahtumasta piti saada asemakaavakuva, jossa eri kuluttajien sijainti oli merkittynä. Näiden tietojen lisäksi tapahtuman järjestäjät halusivat jakeluverkon tehtäväksi AMKA-johdoilla. Lisäksi varavoimaverkko täytyi suunnitella mahdollisen sähkökatkon varalle. Tietoon tuli myös, että edellisistä tapahtumista oli tulossa kiertomateriaalia ja tätä tuli käyttää mahdollisuuksien mukaan suunnittelussa. Kiertomateriaaliin kuului mm. ulko- ja sisävalaisimia.</p> <p>Seuraava vaihe oli itse suunnitelman tekeminen. Ensin suunnittelu käydään läpi yleisellä tasolla ja sen jälkeen suunnitelma tehtiin juuri Kuopio-Jukola 2014 -tapahtumaa varten. Tämä alkoi tapahtuman jakeluverkon mitoittamisella ja AMKA-reittien suunnittelulla. Lisäksi mitoitettiin suojaus ja valittiin verkon komponentit. Lopuksi suunniteltiin varavoimaverkko ja alueen valaistus.</p> <p>Työn tuloksena syntyi Kuopio-Jukola 2014 -tapahtumaan sähkösuunnitelma ja tarvittavien komponenttien luettelot. Näiden pohjalta tapahtumaan sähköasennukset tekevä yritys toteutti tapahtuman ja järjestäjä hankki tarvittavat komponentit.</p>	
Avainsanat : väliaikainen sähkösuunnitelma, tapahtuman sähkösuunnittelu, AMKA-verkko	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Mika Karjalainen			
Title of Thesis Electrical Planning for the Competition Kuopio-Jukola 2014			
Date	15 October, 2014	Pages/Appendices	30/22
Supervisor(s) Mr Heikki Laininen, Senior Lecturer and Mr Juhani Rouvali, Principal Lecturer			
Client Organisation /Partners Kuopio-Jukola 2014 toimikunta			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this final year project was to study regulations for planning electrification in temporary installations and use that information when planning a temporary electrical distribution network for the sports event Kuopio - Jukola 2014.</p> <p>The work was started by investigating how to make an electrical plan for a distribution network. Then the necessary information about the event Kuopio-Jukola 2014 was collected from the users that participate in the event. The main task was to calculate and plan the electrical distribution network and plan lighting for the area as well and select the components for the distribution network. An emergency power net was also made to be available in case of a power cut. There was also material that circulates from event to event which was to be used when possible.</p> <p>As a result of this project there was an electrification plan for the event Kuopio – Jukola and lists of the required components. The contractor could use the plan when making electrical distribution network as well as the commissioner when purchasing the required material</p>			
Keywords temporary electrical planning, electrical planning for an event, airline network			
public			

ESIPUHE

Tahtoisin kiittää Kuopio-Jukola 2014 -tapahtuman järjestäjiä mielenkiintoisesta aiheesta. Haluan kiittää lehtori Heikki Lainista ja yliopettaja Juhani Rouvalia työhön liittyvästä ohjauksesta. Kiitän myös herroja Seppo Ruuskanen ja Reijo Leivonen työhön liittyvistä neuvoista.

Kuopiossa 15.10.2014

Mika Karjalainen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	KUOPIO-JUKOLA	8
3	SÄHKÖSUUNNITELUA OHJAAVAT SÄÄDÖKSET	9
3.1	Sähköturvallisuuslaki	9
3.2	Pienjännitesähköasennukset	9
3.2.1	Turvallisuuteen liittyvä suojaus	9
3.2.2	Käytettävän sähkönsyöttöjärjestelmän ominaisuudet	11
3.2.3	Kuormitus, turvajärjestelmien sähkösyötöt ja varavoimajärjestelmät	11
3.2.4	Ulkoiset tekijät	11
3.2.5	Johtimien poikkipinnat.....	12
3.2.6	Johtojärjestelmä ja asennustapa	12
3.2.7	Suojalaitteet, ohjauslaitteet ja erotuslaitteet	13
3.2.8	Sähkölaitteiden luokse päästävyys.....	13
3.3	Sähkölaitteiden valinta	13
3.4	Sähköasennuksien toteuttaminen ja tarkastukset	14
3.5	Väliaikaisia sähköasennuksia koskeva säädös.....	15
3.6	UPS-Laitteet	15
3.7	Välisulakkeet	15
3.8	Sulakesuojaus.....	16
3.9	Kaapelien suojaus ulkoisilta tekijöiltä.....	16
4	SÄHKÖSUUNNITTELUUN TARVITTAVAT TIEDOT.....	18
4.1	Kohteen tietoja	18
4.1.1	Kohteen sijainti	18
4.1.2	Kohteen tiedot	18
5	MITOITTAMINEN JA LASKENTA	19
5.1	Suojauksen mitoittaminen	19
5.2	Kaapelin mitoitus	19
5.3	Sähkötekniisten arvojen laskenta	20
5.3.1	Jännitteenalenema	22

5.3.2	Muuntajan jännitteenalenema	22
5.3.3	Jakeluverkon jännitteenalenema	23
5.4	AMKA-verkon ja muuntajan maadoitus	24
6	KUOPIO-JUKOLA 2014 SÄHKÖVERKON MITOITTAMINEN.....	25
6.1	Aloitustiedot	25
6.1.1	Tehotietojen kerääminen	25
6.2	Tehon arviointi	25
6.3	Alueen verkon suunnittelu	25
6.4	Kohteen mitoittaminen	26
6.5	Valittavat laitteet.....	26
6.5.1	Sulakkeiden ja kaapeleiden valinta	27
6.5.2	Keskuksien valinta.....	27
6.5.3	Valaisimien valinta.....	28
6.5.4	Maadoitus.....	28
7	YHTEENVETO.....	29
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	30
	LIITE 1: ARVIOUDUT TEHOT.....	31
	LIITE 2: PÄÄKESKUS.....	34
	LIITE 3: ASEMAKAAVAKUVA	35
	LIITE 4:NOUSUJOHTOKAAVIO	36
	LIITE 5: VARAVOIMAN NOUSUJOHTOKAAVIO.....	37
	LIITE 6: VALAISTUSUUNNITELMA.....	38
	LIITE 7: ESIMERKKI ALAKESKUKSET	39
	LIITE 8: TELTTOJEN VALAISTUKSIEN PERIAATEKUVA.....	46
	LIITE 9: ESIMERKKILASKENTA	47
	LIITE 10. MAADOITUSKAAVIO	52

1 JOHDANTO

Kuopio-Jukola 2014 tapahtumaan tarvitsi rakentaa sähkönjakeluverkko. Tapahtuma järjestettäisiin alueella, jossa aikaisempaa verkkoa ei ole, joten sähköverkko täytyi suunnitella koko tapahtuma-alueelle.

Tapahtuman järjestäjä oli Kuopio-Jukola toimikunta, joka perustettiin, kun tapahtuma varmistui 2008. Järjestäjien tavoitteena oli luoda toimiva tapahtuma, josta osallistujat saisivat unohtumattomia elämyksiä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutustua tapahtuman sähköverkon suunnitteluun ja luoda urakoitsijalle suunnitelma, jonka pohjalta tapahtuman sähköistys ja valaistus voitaisiin toteuttaa.

2 KUOPIO-JUKOLA

Jukolatapahtuma on saanut alkunsa vuonna 1949. Vuotta aiemmin oli perustettu Kaukametsäläiset ry, joiden vastuulle annettiin, Aleksis Kiven seitsemän veljeksien hengessä, Jukolan viestin järjestäminen. Ensimmäinen kilpailu järjestettiin Helsingin lähistöllä. Tällöin kilpailuun osallistui 287 kilpailijaa. Kilpailuja on tästä lähtien järjestetty joka vuosi. (Riihinen, Markku 14.2.2011)

Vuonna 2014 on vuorossa 66. viestikilpailu ja se järjestetään Kuopion Vehmersalmella. Tämä on vasta toinen kerta, kun viesti järjestetään Pohjois-Savossa; ensimmäisellä kertaa kilpailu järjestettiin vuonna 1996 Rautavaaralla. Keskusalueeksi on valittu 110 hehtaarin peltoaukea, jonne täytyi suunnitella toimiva sähkö-, viestintä-, vesi- ja viemärintijärjestelmä. Alueella majoittuminen tapahtui pääosin teltoissa. (Riihinen, Markku 14.2.2011)

Kilpailualue on noin 12 km². Alueen kartoitus on toteutettu laserkeilaamalla helikopterista alue ja saatujen aineistojen pohjalta tehtiin maastokartoitus. Pääratamestarina toimi Juhani Jetsonen, joka suunnitteli miesten, eli Jukolan viestin radat. Venlojen viestin ratamestarina toimii Vesa Tiihonen. (Riihinen, Markku 14.2.2011)

Jukola on yksi maailman suurimmista suunnistustapahtumista. Kuopio-Jukola 2014 - tapahtumaan odotetaan 13 000–16 000 kilpailijaa ja 15 000–20000 katsojaa. Tapahtumaan osallistuu kilpailijoita yli 20 eri maasta, huippu-urheilijoista aina tavallisiin kuntourheilijoihin. Osallistujien ja katsojien lisäksi tapahtumaan odotetaan 1 600 talkoolaista. (Riihinen, Markku 14.2.2011)

Muiden osallistujien lisäksi alueella työskentelee myös 150–200 toimittajaa ja kuvaajaa, joista arviolta noin 40 tulee ulkomailta. Lisäksi tapahtumassa on TV- ja radiotuotannon henkilöstöä. Kilpailun aikana noin 90 henkilöä työskentelee viestintä- ja mediatoimessa. Kuvassa 1 on tapahtuman logo. (Riihinen, Markku 14.2.2011)



KUVA 1. Kuopio-Jukola 2014 -tapahtuman logo (Mira Martikainen 2011.)

3 SÄHKÖSUUNNITTELUA OHJAAVAT SÄÄDÖKSET

Kuopio-Jukola 2014 –tapahtuman sähkösuunnittelu alkoi yleiseltä pohjalta. Tekeminen aloitettiin käymällä läpi sähkösuunnitelman tekemisen kulku ja siihen liittyvät säädökset. Tässä vaiheessa tutustuttiin myös sähköasennuksia koskeviin säädöksiin.

Sähköalaan liittyvässä lainsäädännössä asia on esitetty hyvin pääpiirteittäin ja tästä saa vaan mukaan lähinnä raamit, joiden sisällä täytyy toimia. Tämän jälkeen vuoroon tulivat tarkemmat säädökset, joista saatiin tarkempaa tietoa suunnitteluun.

3.1 Sähköturvallisuuslaki

Sähköturvallisuuslaki N:o 410/1996 käsittelee yleisiä säännöksiä, joiden avulla pyritään estämään sähkölaitteistojen ja asennuksien aiheuttamia vahinkoja. Tarkemmin sähkölaitteistojen turvallisuutta käsittelee kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteiden turvallisuudesta N:o 1694/1993 ja siihen tehdyt muutokset N:o 922/1994, N:o 1216/1995, N:o 216/1996, N:o 650/1996 ja N:o 29/2003. Näiden pohjalta saadaan sähköturvallisuuteen pohjatiedot, joiden avulla sähköjärjestelmän toteuttaminen on turvallista.

3.2 Pienjännitesähköasennukset

SFS-käsikirja 600-1 sisältää standardin SFS 6000 pienjänniteasennukset. Käsikirjasta löytyy yleistä tietoa pienjännitesähköasennuksien teosta. Kirjan kohdassa 132 esitellään suunnitelmassa huomioon otettavia asioita.

3.2.1 Turvallisuuteen liittyvä suojaus

Turvallisuus on tärkeä asia ja ensimmäisenä käydäänkin läpi suojauksen toteuttaminen. Suojauksen pitäisi toimia niin, ettei ihmisille, eläimille tai omaisuudelle aiheudu vaaraa. Näitä käydään läpi SFS käsikirja 600-1 osiossa 131.

Vaaratekijöinä voivat olla:

- sähköiskuvirrat
- liian korkeat lämpötilat
- syttyminen räjähdysvaarallisissa tiloissa
- alijännitteet, ylijännitteet ja sähkömagneettiset häiriöt
- tehonsyötön keskeytyminen ja/tai turvajärjestelmien toiminnan keskeytyminen
- valokaaret ja niistä mahdollisesti aiheutuva häikäistyminen, ylipaine ja myrkylliset kaasut
- sähkötoimisten laitteiden mekaaniset liikkeet. (SFS 6000-1, 131.)

Suojauksen toteuttaminen aloitetaan yleisellä suojauksella. Tällä halutaan suojata ihmisiä ja eläimiä vaaroilta, jotka syntyvät koskettaessa jännitteistä osaa. Suojauksen toteuttaminen onnistuu estämällä virran kulku ihmisten tai eläimien kautta tai rajoittamalla kautta kulkeva virta vaarattomaan arvoon. (SFS 6000-1, 131.)

Vikasuojauksella varaudutaan mahdollisiin vikatilanteisiin. Idea ja suojausperiaatteet ovat muuten samat kuin yleisessä suojauksessa, mutta suojaus onnistuu myös rajoittamalla kehon kautta johtuvan virran kesto vaarattoman lyhyeksi. (SFS 6000-1, 131.)

Suojauksen kannalta on tärkeä valita oikeanlaiset laitteet ja johtimet. Lämpötilat vaihtelevat suuresti asennuspaikan mukaan, ja lämmön vaikutukset täytyy huomioida tuotteita valittaessa. Tarkoitus on, että laitteet kestävät korkean lämpötilan tai valokaaren aiheuttaman palovaaran. Lisäksi normaalissa käytössä sähkölaitteet eivät voi aiheuttaa palovammojen vaaraa. (SFS 6000-1, 131.)

Ylivirrat voivat aiheuttaa liian korkeita lämpötiloja tai sähkömagneettista räsitusta. Näistä aiheutuvien vaaratilanteiden estämiseksi tulee suojaus toteuttaa estämällä ylivirran suuruus tai rajoittamalla sen kesto aika turvalliseen arvoon. Vikavirtojen suojauksessa on huomioitava laitteiden tai johtimien mekaaninen suojaus, jotta vikavirtojen aiheuttamat sähkömagneettiset räsitukset eivät voi aiheuttaa vaaraa. (SFS 6000-1, 131.)

Myös jännitehäiriötä ja sähkömagneettisia vaikutuksia vastaan täytyy varautua. Niitä voivat aiheuttaa eri virtapiirien jännitteellä syötettyjen osien väliset viat, ilmaston tai kytkentäylijännitteiden aiheuttama ylijännite, alijännitteestä tai jännitteen palaamisesta aiheutuvat vahingot ja ennakoitavissa olevat sähkömagneettiset häiriöt. (SFS 6000-1, 131.)

Tarvittaessa on huomioitava myös syötön keskeytyksen aiheuttamat ongelmat. Jos syötön keskeytys voi aiheuttaa vaaratilanteita tai vaurioita, täytyy tämä ottaa huomioon asennuksissa tai asennetuissa laitteissa. (SFS 6000-1, 131.)

3.2.2 Käytettävän sähkönsyöttöjärjestelmän ominaisuudet

Sähkönsyöttöjärjestelmästä täytyy tietää yleisiä asiota, jotta suunnittelu voidaan aloittaa. Nämä saadaan tietoon verkonhaltijalta tai, jos kyseessä on verkosta erillinen järjestelmä, tulee nämä käydä asiakkaan kanssa läpi. Tarvittavia tietoja käydään läpi SFS 600-1 kappaleessa 132.

Sähkönsyöttöjärjestelmästä tarvittavia tietoja ovat:

- virtalaji (vaihtosähkö AC vai tasasähkö DC)
- jännite ja jännitteen toleranssit
- jännitekatkokset, jännitteenvaihtelut ja jännitekuopat
- taajuus ja taajuuden toleranssit
- suurin sallittu virta
- maasulkupiirin silmukkaimpedanssi liittymispisteestä syöttöön päin
- prospektiivinen oikosulkuvirta
- sähkönsyöttöjärjestelmään rakenteellisesti kuuluvat suojajärjestelyt
- jakeluverkon haltijan asettamat erityisvaatimukset. (SFS 6000-1, 132.)

3.2.3 Kuormitus, turvajärjestelmien sähkösyötöt ja varavoimajärjestelmät

Myös kuormituksen määrä ja laatu tulee kartoittaa. Tarvittavien virtapiirien lukumäärä ja laji määritetään seuraavien tekijöiden avulla:

- kulutuspisteiden sijainti
- eri virtapiirien odotettavissa oleva kuormitus
- tehontarpeen vaihtelut
- mahdolliset erityisolosuhteet (harmoniset yliaallot)
- ohjauksen, merkinannon, televiestinnän yms. asettamat vaatimukset
- ennakoitava tehontarve tulevaisuudessa.

Myös turvajärjestelmien ja varavoimajärjestelmien tehon laji ja ominaisuudet on oltava tiedossa. Lisäksi näiden syöttöjärjestelmien syöttämät piirit on tiedettävä. (SFS 6000-1, 132.)

3.2.4 Ulkoiset tekijät

Sähköverkon suunnitteluun ja siihen tarvittavien komponenttien valintaan vaikuttavat ulkoiset tekijät. Näistä löytyy SFS 600-1 standarikäsi kirjan kappaleessa 6000-5-51. Tarkemmin määrittelyt löytyvät taulukosta 51A.

Ulkoiset tekijät voidaan jakaa kolmeen ryhmään. Ensimmäisenä suunnittelussa tulee ottaa huomioon ympäristön olosuhteet. Olosuhteisiin vaikuttaa mm. ilman kosteus ja ilmaston lämpötila. Esimerkiksi kosteat tilat vaativat enemmän sähköverkolta tai sen laitteilta. (SFS 6000-5-51, tauluko 51A.)

Toinen huomioitava asia on käyttö. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon minkälaiset pätevyudet on tulevilla käyttäjillä. Käyttökohteesta tulee tietää, mitä samassa tilassa varastoidaan tai käsitellään. Esimerkiksi palavat tai räjähdysvaaralliset tilat vaativat omanlaisensa sähkölaitteet ja sähköverkon. (SFS 6000-5-51, tauluko 51A.)

Kolmas huomioon otettava asia on ympäristön rakenne. Ulkona maassa kulkeva kaapeli ja ulkotilassa sijaitseva komponentti vaativat tietynlaisen kestävyuden. Rakennuksissa tai rakenteissa käytettävä materiaali täytyy myös ottaa huomioon. (SFS 6000-5-51, tauluko 51A.)

3.2.5 Johtimien poikkipinnat

Johtimien poikkipintojen määrittäminen onnistuu seuraavien alla mainittujen tekijöiden avulla. Näiden tekijöiden avulla saadaan sähköasennukset turvallisiksi, mutta taloudellisista syistä saatetaan tarvita suurempia pinta-aloja kuin suojauksellisista syistä. (SFS 6000-5-52)

Johtimien poikkipinnan valintaan vaikuttaa:

- 1 suurin sallittu lämpötila
- 2 suurin jännitteenalenema
- 3 oikosulku- ja maasulkuvirtojen todennäköisesti aiheuttamat mekaaniset rasitukset
- 4 johtimiin kohdistuvat muut mekaaniset rasitukset
- 5 vikavirtojen suojausten toiminnan kannalta suurin sallittu impedanssi
- 6 asennustapa. (SFS 6000-5-52)

3.2.6 Johtojärjestelmä ja asennustapa

Johtojärjestelmän ja asennustavan valinnassa täytyy huomioida, että nämä vastaavat kyseessä olevan paikan tarvetta.

Johtojärjestelmää tai asennustapaa valittaessa on huomioitava:

- asennustapojen ominaisuudet
 - johtojen asennusalueena toimivien materiaalien ominaisuudet
 - ihmisten ja kotieläinten mahdollisuus koskettaa johtoja
 - jännite
 - oikosulku- ja maasulkuvirtojen todennäköisesti aiheuttamat sähkömagneettiset rasitukset
 - sähkömagneettiset häiriöt
 - muut rasitukset, jotka voivat kohdistua johtojärjestelmään asennuksen tai käytön aikana.
- (SFS 6000-5-52)

3.2.7 Suojalaitteet, ohjauslaitteet ja erotuslaitteet

Suojalaitteita valitaan suojaamaan haitallisilta ilmiöiltä. Esimerkiksi ylivirta, maasulkuvirta, ylijännite ja alijännite tai jännitteettömyys ovat verkolle haitallisia ja niiden aiheuttamia vahinkoja pyritään estämään suojalaitteilla. Suojalaitteiden tulee toimia sellaisilla virroilla, jännitteillä ja sellaisessa ajassa, että ne ottavat huomioon virtapiirin ominaisuudet ja vaaratekijöiden mahdollisuudet.

Hätätilanteita varten on tarpeen, että virtapiiristä voidaan katkaista sähkönsyöttö välittömästi. Katkaisulaitteen tulee olla asennettu niin, että se on havaittavissa helposti ja käytettävissä nopeasti ja tehokkaasti.

Erotuslaitetta voidaan tarvita esimerkiksi, kun laitetta huolletaan, testataan, vikaa etsitään tai suoritetaan korjausta. Tällöin täytyy laitteet saada kytkettyä tai erotettua verkosta. Erotuslaitteita tulee myös olla riittävästi, jotta laitteiden virrattomaksi saanti onnistuu helposti.

3.2.8 Sähkölaitteiden luokse päästävyys

Sähkölaitteiden sijainnin suunnittelussa täytyy ottaa huomioon, että tilaa jää tarpeeksi asentamista tai jälkeempään tapahtuvaa yksittäisen laitteen vaihtoa varten. Laitteiden luokse tulee myös päästä suorittaa käyttöä, testausta, tarkastusta, huoltoa tai korjausta.

3.3 Sähkölaitteiden valinta

Sähkölaitteiden valinnassa on noudatettava kauppa- ja teollisuusministeriön päätöstä (1694/1993) ja valtioneuvoksen asetusta (1466/2007). Näitä esitellään SFS 6000-1 kappaleessa 133. (SFS 6000-1, 133.)

Sähkölaitteet on valittava siten, että niiden ominaisuudet sopivat kyseessä olevaan kohteeseen. Näihin ominaisuuksiin kuuluu esimerkiksi jännite, virta, taajuus, kuormitusaste, asennusolosuhteet ja lisäksi on huomioitava mahdollisten haittavaikutuksien ehkäisy. (SFS 6000-1, 133.)

Laitte valittiin niin, että se kestää virran ja jännitteen suurimmat jatkuvat arvot. Näiden normaaliarvojen lisäksi täytyy myös varautua mahdollisiin ylijännitteisiin tai poikkeustilanteissa esiintyviin virtoihin. Jos taajuus vaikuttaa sähkölaitteen ominaisuuksiin, täytyy koneen halutun taajuuden vastata verkosta saatavaa arvoa. (SFS 6000-1, 133.)

Laitteen täytyy olla mitoitettu niin, että se kestää halutun kuormitusasteen aiheuttaman rasituksen. Valinnassa täytyy ottaa huomioon suunnitellut käyttökohteet ja teho-ominaisuudet ja sen täytyy soveltua kyseiseen kohteeseen. (SFS 6000-1, 133.)

Sijoituspaikan mukaan täytyy laitteen valinnassa ottaa huomioon millaisia olosuhteita sen täytyy kestää. Laitteen täytyy olla suunniteltu käyttöpaikan olosuhteisiin, tai sillä tulee olla riittävän hyvä lisäsuojaus. (SFS 6000-1, 133.)

Sähkölaitte tulee valita niin, että se ei vahingoita muita laitteita tai aiheuta häiriöitä syöttävään verkkoon normaalin käytön aikana. Normaaliin käyttöön lukeutuu myös asentaminen.

Huomioon otettavia arvoja ovat:

- tehokerroin
- kytkentävirta
- epäsymmetrinen kuorma
- harmoniset yliaallot
- asennuksiin kuuluvien laitteiden aiheuttamat lyhytaikaiset ylijännitteet. (SFS 6000-1, 133.)

3.4 Sähköasennuksien toteuttaminen ja tarkastukset

Sähköasennuksen toteuttamisesta ja tarkastuksista kerrotaan standardissa SFS 6000-1 kohdassa 134. Asennuksia toteuttamaan tarvitaan riittävän ammattitaitoisia ja päteviä henkilöitä. Määräyksiä näistä esitellään kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksestä sähköalan töistä (516/1996). Materiaalien tulee olla sopivia ja laitteet täytyy asentaa laitteen valmistajan ohjeiden mukaan.

Sähkölaitteen ominaisuudet eivät saa muuttua asennuksen yhteydessä. Johtimet pitää voida tunnistaa SFS-EN 60445 -standardin mukaan. Jos liittimien tunnistaminen on tarpeen, täytyy noudattaa SFS-EN 60445 -standardia. Johtimien liittäminen toisiinsa ja sähkölaitteisiin on

tehtävä siten, että saadaan aikaan turvallinen ja luotettava liitos. Laitteita asennettaessa täytyy huomioida, että haluttu jäähdytys toteutuu edelleen.

3.5 Väliaikaisia sähköasennuksia koskeva säädös

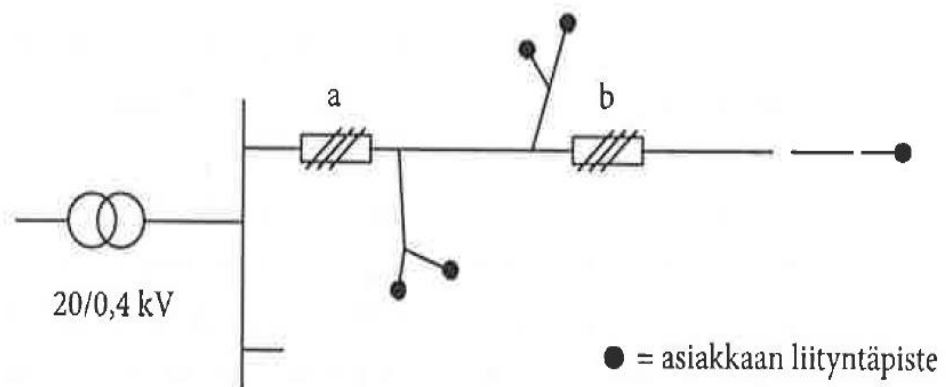
Väliaikaisia sähköasennuksia käsitellään SFS 600-1 käsikirjan kappaleessa 6000-7-740. Kappaleessa on käyty läpi erilaisten väliaikaisten sähköasennusten määräyksiä. Esimerkiksi tivooleiden ja sirkuksien vaatimuksia käydään läpi, koska nämä tarvitsevat paljon sähköä ja nämä ovat aina väliaikaisia kytkentöjä.

3.6 UPS-Laitteet

UPS (Uninterrupted Power System) on järjestelmä, joka takaa häiriöttömän ja katkeamattoman tehonsaannin kohteeseen. Järjestelmä pitää kohteen sähköissä mahdollisten sähkökatkojen aikaan. Järjestelmä toimii akuston avulla. Se estää pienimmänkin sähkökatkoksen. Yleisiä kohteita ovat mm. tietokoneet.

3.7 Välisulakkeet

Välisulaketta käytetään yleensä, kun verkon suojaus ei täytä kaikkia sille annettuja ehtoja. Ennen välisulakkeen valintaa kannattaa kuitenkin miettiä, voisiko ongelman saada korjattua suurentamalla johdinpiikkipintaa tai voisiko verkossa tehdä muita muutoksia. Jos kuitenkin välisulake on paras vaihtoehto, täytyy se mitoittaa nimellisvirraltaan pienemmäksi kuin saman linjan muuntamon sulake. Kuvassa 2 on esitetty esimerkki siitä, mihin kohtaan verkkoa välisulake voidaan laittaa. (Lakervi & Partanen: Sähkönjakelutekniikka 2009)



KUVA 2. Välisulakkeen sijoituskohte (Lakervi & Partanen: Sähkönjakelutekniikka 2009)

3.8 Sulakesuojaus

Sulakesuojausta valittaessa täytyy valita käyttöön soveltuva sulakesuojaus.

Sulakesuojauksessa käytetään lyhenteitä, joiden pohjalta voidaan valita oikeanlainen sulake oikeaan tarkoitukseen. Sulaketyypin valinta perustuu sulakkeen kokoon ja käyttötarkoitukseen. (ABB, kahvasulakkeet, 2 ... 1600A gG ja aM –tyypit)

Yleisesti verkkoa suojaamassa käytetään gG-sulaketta. Tällainen sulake tarkoittaa, että siinä on samassa ylikuormitus- ja oikosulkusuojaus. Tämä ominaisuus tekee suojauksen toteuttamisesta helpompaa. Sulakkeen kirjain g tarkoittaa, että se soveltuu oikosulku- ja ylikuormitussuojaukseksi ja sen toiminta on taattu koko ylivirta-alueella. Toinen kirjain G tarkoittaa että sulake on ns. nopea sulake ja se soveltuu johtimien suojaukseen. (ABB, kahvasulakkeet, 2 ... 1600A gG ja aM –tyypit)

3.9 Kaapelien suojaus ulkoisilta tekijöiltä

Maassa kulkevien kaapeleiden suojauksessa täytyy miettiä millaiseen maastoon kaapeli tulee. Jos maasto on sellaista, että se voi vaurioittaa kaapelia tai kaapeli osuu kulkukäytävälle tai ajoväylälle, tulee se suojata asianmukaisella tavalla.

Jos maassa kulkevan kaapelin yli joudutaan ajamaan ajoneuvoilla tai sen yli kulkee paljon ihmisiä, tulee kaapeli joko upottaa näiltä kohdilta maahan tai asettaa sille suoja. Suojan kantokyky täytyy suhteuttaa ylikulkevaan kalustoon. Kuvassa 3 on esitetty esimerkkisuojaus, kun kaapelin yli kävellään tai ajetaan mönkijällä.



KUVA 3. Kaapelisuoja (Mika Karjalainen 2013.)

Toisaalta kaapelia voidaan suojata alueilla, joissa ihmisiä kulkee jonkin verran tai epäillään maaston pintamateriaalin voivan vahingoittaa kaapelia. Lisäetuna on, että kaapeli myös näkyy paremmin maastossa. Suojauksen voi tällöin toteuttaa esimerkiksi kuvan 4 tapaan.



KUVA 4. Putkella suojattu kaapeli (Mika Karjalainen 2013.)

4 SÄHKÖSUUNNITTELUUN TARVITTAVAT TIEDOT

Sähkösuunnitelman yksi tärkeimmistä vaiheista on tiedon kerääminen. Tietoa tarvitaan kohteesta, kuten kohteeseen tarvittavasta sähköverkosta. Tietojen pohjalta voidaan miettiä reittejä, mitoittamista ja eri komponenttien sijoittelua.

4.1 Kohteen tietoja

Kohteesta on hyvä saada tietoja mitoittamista ja suunnittelua varten. Mitoitus on hankalaa tehdä omien arvioiden pohjalta, joten tiedot kannattaa kerätä suoraan verkkoa käyttäviltä asiakkailta. Suunnitelman tekemiseen tarvitaan asemakaavakuva alueesta ja kulutuspaikkojen tietoja.

4.1.1 Kohteen sijainti

Kohteen sijainnista on hyvä saada tarvittava määrä tietoja. Tiedoista tulisi käydä ilmi millainen maasto paikan päällä on ja miten paljon paikalla voi tehdä muutoksia sähköverkon takia. Hyvän kuvan alueesta saa, kun käy paikalla. Tämä auttaa myös hahmottamaan mistä sähkönjakelulinjat olisi helpoin rakennuttaa ja samalla saa käsityksen maaperästä, joka vaikuttaa maadoituksen ja sähkönjakelulinjojen suunnitteluun.

Olemassa olevat sähkölinjat tulee käydä ilmi kohteen sijaintitiedoista. Mahdolliset linjat kannattaa ottaa huomioon, kun suunnitellaan mistä saadaan sähkö kohteeseen.

Kohteen asemakaavan pohjalta suunnitellaan sähköverkko ja valaistus. Valaistuksen suunnittelussa täytyy ottaa huomioon myös maantieteellinen asema, jotta valaistus saadaan sopivaksi. Alueilla on eri valaistusaste varsinkin eri vuodenaikoina.

4.1.2 Kohteen tiedot

Hyvän suunnitelman tekemiseen tarvitaan riittävästi tietoa itse kohteesta. Tärkeimpänä suunnittelun kannalta ovat teho ja liittymätiedot. Tehon arvoa tarvitaan, kun valitaan muuntaja. Liittymätiedot ovat tärkeitä johdotuksen ja keskuksien valinnassa.

Teho tulisi saada selville mahdollisimman tarkkaan. Tapahtuman hyvään suunnitteluun olisi hyvä saada lista tarvittavista laitteista ja niiden tehontarpeesta. Näiden tietojen pohjalta voidaan myös arvioida tehon laatua, koska eri laitteet kuluttaa eri verran esimerkiksi loistehoa.

5 MITOITTAMINEN JA LASKENTA

Mitoitus käydään aluksi läpi yleiseltä pohjalta. Mitoituksen alussa tiedossa täytyy olla arvioitu teho ja kulutusasteiden sijainti asemakaavassa. Asemakaavasta tulisi käydä ilmi myös eri pisteiden etäisyydet. Näiden tietojen pohjalta päästään mitoittamaan itse verkkoa ja sen komponentteja.

5.1 Suojauksen mitoittaminen

Suojauksen mitoittaminen alkaa kuormitusvirran laskennalla. Täytyy käydä läpi millainen verkko tulee suojauksen perään. Tarkastelun pohjalta voidaan valita jakeluverkolle pääsulakkeet käyttäen esimerkiksi kuvaa 5.

KUVA 5. Sulakekoot

Sulakeen suurin sallittu mitoitusvirta
25
35
50
70
80
100
125
160
200
250
315
400
500

Taulukosta valitaan sulakekooksi kuormitusvirtaa suurempi arvo. Tarvittaessa voidaan valita myös suurempi sulake, jos muut ehdot myös täyttyy.

5.2 Kaapelin mitoitus

Kaapelin mitoituksessa käytetään hyväksi sulakkeen nimellisvirtaa. Kaapeli valitaan esimerkiksi taulukon 1 avulla. Taulukko on tarkoitettu ilmajohtojen mitoittamiseen.

TAULUKKO 1. Kaapeleiden kuormitettavuudet (Energiateollisuus: Verkkosuositus SA_2-08
Pienjänniteverkon ja jakelumuuntajan sähköinen mitoittaminen, 15.)

Johto	Kuormitettavuus ¹⁾ (A)	Oikosulkukestoisuus 1 s (kA)
AMKA 3 x120 + 95	250	7,8/5,9
AMKA 3 x70 + 95	180	4,5/5,9
AMKA 3 x50 + 70	140	3,2/4,3
AMKA 3 x35 + 70 ³⁾ (50)	115	2,3/4,3 (3,0)
AMKA 3 x25 + 35	90	1,6/2,1
AMKA 3 x16 + 25	70	1,0/1,5
AMKA 1 x16 + 25	75	1,0/1,5
Al/Fe 54/9 Raven	280	5,8
Al/Fe 34/6 Sparrow	210	3,7
Al/Fe 21/4 Swan	155	
	Asennustapa ²⁾	
	A	B
	C	
AXMK 25	73	87
AXMK 16	57	66
		94
MCMK, MMJ 16	55	66
MCMK, MMJ 10	41	49
MCMK, MMJ 6	31	36
		43

5.3 Sähköteknisten arvojen laskenta

Kun sulakkeet ja kaapelit on valittu, lasketaan 1-vaiheinen oikosulkuvirta. Vertaamalla tätä arvoa taulukoihin saadaan varmistettua suojauksen toimivuus. 1-vaiheinen oikosulku lasketaan kaavaa 4.3.1 käyttäen.

$$I_{k1} = \frac{0,95 \times 3U_v}{\sqrt{(2R_m + R_{m0} + 3L(R_v + R_0))^2 + (2X_m + X_{m0} + L(2X_v + X_{v0} + 3X_0))^2}} \quad (4.3.1)$$

jossa

U_v on verkon vaihejännite (V) lisäksi 0,95 on IEC 60909 jännitekerroin.

R_m on muuntajan oikosulkuresistanssi (Ω).

X_m on muuntajan oikosulkureaktanssi (Ω).

R_{m0} on muuntajan nolaresistanssi (Ω).

X_{m0} on muuntajan nolareaktanssi (Ω).

R_v on vaihejohtimen resistanssi (Ω/km).

X_v on vaihejohtimen myötäreaktanssi (Ω/km).

X_{v0} on vaihejohtimen nolareaktanssi (Ω/km).

R_0 on nolajohtimen resistanssi (Ω/km).

X_0 on nolajohtimen reaktanssi (Ω/km).

L on johdon pituus (km).

Muuntajan tiedot täytyy saada muuntajan toimittajalta. Toimittaja antaa listan käytössä olevien muuntajien tiedoista, joista valitaan kyseiseen kohteeseen muuntaja. Taulukossa 2 on esitetty käytössä olevan muuntajan tiedot.

TAULUKKO 2. Muuntajan tiedot (Voimatel, Käytettävien muuntajien lista)

teho (kVA)	Muuntosuhde(V/V)	kytkentä	Po (W)	Pk (W)	zk (%)	Z0 (%)	I0 (%)	kokpaino (kg)	öljyä (kg)
600	20500±2x2,5%/410	Dyn11	720	6600	5	5,2	0,7	1650	310
800	20500±2x2,5%/410	Dyn11	1200	8500	5,5	5,7	0,5	2380	400
1000	20500±2x2,5%/410	Dyn11	1450	10200	5,5	5,7	0,5	2780	600

Laskentatietoja on esitetty tarkemmin liitteessä 9.

Laskettuja 1 -vaiheisia oikosulkuarvoja verrattiin kahteen arvoon. Näissä lasketun arvon tulee olla suurempi, jotta suojaus varmasti toimii oikein. Laskettuja 1-vaiheisia oikosulkuvirran arvoja verrattiin sulakkeiden nimellisarvoihin. Standardin SFS 6000-8-801 mukaan oikosulkuvirtaa verrataan taulukossa 3 esitettyyn arvoon. Tämä koskee vanhoja asennuksia ja niitä voidaan käyttää jakeluverkonhaltijan harkinnan mukaan. Standardin SFS-EN 60269 mukaan sovelletaan taulukkoa 4. Tätä käytetään uusiin asennuksiin.

TAULUKKO 3. Pienin oikosulkuvirta jakeluverkossa (Energieateollisuus: Verkkosuositus SA_2-08 Pienjänniteverkon ja jakelumuuntajan sähköinen mitoittaminen, 21.)

Ylivirtasuojia	Pienin oikosulkuvirta jakeluverkossa	Toiminta-aika liittymän pääva- rokkeen luona	Toiminta - ajat liittymän sähköver- kossa
gG-tyyppin sulake $I_N \leq 63 \text{ A}$	$2,5 \times I_N$	5 s	0,4 s ja 5 s
gG-tyyppin sulake $I_N > 63 \text{ A}$	$3,0 \times I_N$		

TAULUKKO 4. Sulakkeiden oikosulkuvirrat 5 s laukaisuajalla (Energieoteollisuus: SA_2-08 Pienjänniteverkon ja jakelumuuntajan sähköinen mitoittaminen, 22)

Sulakkeen nimellisvirta A	Oikosulkuvirta 5 s laukaisuajalla I)
25	110
35	165
50	250
63	320
80	425
100	580
125	715
160	950
200	1250
250	1650
315	2200
400	2840
500	3800
630	5100

Mikäli laskettu arvo on suurempi kuin taulukossa 4 esitelty arvot, toimii suojaus tällöin oikein. Lasketun arvon jäädessä isommaksi täytyy harkita sulakekoon muuttamista tai välisulakkeen käyttöä. Tähän arvoon voidaan myös vaikuttaa vaihtamalla muita komponentteja ko. verkossa. On myös mahdollista, harkinnan tuloksena, jättää 5 s toiminta aika toteuttamatta, jos se ei aiheuta suurta vaaraa. Hyvä peruseriaate on kuitenkin, että molemmat ehdot toteutuvat.

5.3.1 Jännitteenalenema

Jännitteenaleneman selvittämisessä pystyttiin käyttämään useaa eri tapaa. Oli olemassa valmiiksi laskettuja taulukoita, joista tietyllä tarkkuudella arvot pystyttiin valitsemaan. Laskemalla saadaan kuitenkin tarkemmat arvot.

5.3.2 Muuntajan jännitteenalenema

Jännitteenaleneman laskeminen aloitettiin muuntajan jännitteenalenemasta. Tarkoituksena on laskea ensiöjännitteen ja redusoidun toisiojännitteen itseisarvojen erotus. Tarpeeksi hyvällä tarkkuudella sen saa laskettua kaavalla 4.3.2.1.

$$U_a = |U_1| - |U_2'| \approx I \times R_k \times \cos\varphi + I \times X_k \times \sin\varphi \quad (4.3.2.1)$$

tässä kaavassa

U_a on muuntajan jännitteenalenema

U_1 on muuntajan ensiöjännite

U_2' on muuntajan redusoitu toisiojännite

R_k on muuntajan oikosulkuresistanssi

X_k on muuntajan oikosulkureaktanssi

I on kuormitusvirta

φ on jännitteen ja virran välinen vaihesiirtokulma

5.3.3 Jakeluverkon jännitteenalenema

Seuraavaksi voidaan laskea jännitteenalenemat jakeluverkossa. Jännitteenalenemille löytyy omat kaavat yksivaiheiselle (kaava 4.3.3.2) ja kolmivaiheiselle (kaava 4.3.3.3) vaihtojännitteelle.

Yksivaiheinen vaihtojännite

$$U_a = I \times 2 \times l \times (r \times \cos\varphi \pm x \times \sin\varphi) \quad (4.3.3.2)$$

Kolmivaiheinen vaihtojännite

$$U_a = I \times \sqrt{3} \times l \times (r \times \cos\varphi \pm x \times \sin\varphi) \quad (4.3.3.3)$$

näissä kaavoissa

U_a on jännitteenalenema

l on johdon pituus

I on kuormitusvirta

r on johdon ominaisresistanssi

x on johdon ominaisreaktanssi

φ on jännitteen ja virran välinen vaihekulma

Kaavassa käytetään plusmerkkiä, jos kuormituksen tiedetään olevan induktiivinen.

Miinusmerkkiä käytetään, jos kuorma on kapasitiivinen. Tämä täytyy päätellä kyseessä olevasta kuormasta.

Näistä saadaan laskettua prosentuaalinen osuus suhteellisen jännitteenaleneman kaavalla 4.3.3.4.

$$u_a = \frac{U_a}{U_n} \times 100\% \quad (4.3.3.4)$$

Tässä kaavassa

u_a on suhteellinen jännitteenalenema

U_a on jännitteenalenema

U_n on nimellisjännite

5.4 AMKA-verkon ja muuntajan maadoitus

Suomessa pienjänniteverkko toteutetaan yleensä TN-C-järjestelmää. Tässä on yhdistetty nolla- ja suojajohdin yhdeksi PEN-johtimeksi. Tätä järjestelmää käytettäessä maadoitus tehdään standardin SFS-6000 mukaan.

Maadoitus aloitetaan syöttävältä muuntajalta tai generaattorilta tai vaihtoehtoisesti 200 m päässä siitä. Jokainen yli 200 m pitkä johdin tai johdinhaara tulee maadoittaa johdon päästä tai enintään 200 m päästä siitä.

AMKA-johdoille suositellaan maadoittamista 500 m välein. Ainoastaan, jos maasto luetaan niin sanottuun "huonon olosuhteen maadoitukseen", eli madotusimpedanssi on yli 100 Ω , tulee maadoitus suunnitella jokaiselle johtohaaralle erikseen käyttäen yleistä 200 m sääntöä.

Jos maadoitus on toteutettu kyseessä olevan tavan mukaan, ei yli 200 m johtoaaroja ole pakko maadoittaa. Tätä ei kuitenkaan suositella, sillä ei voida olla täysin varmoja liittymän maadoituksesta.

(LAKERVI & PARTANEN 2008. Sähkönjakelutekniikka)

6 KUOPIO-JUKOLA 2014 SÄHKÖVERKON MITOITTAMINEN

6.1 Aloitustiedot

Kuopio-Jukola tapahtuman sähkösuunnittelua aloitettaessa tiedettiin tapahtuman sijainti, ajankohta ja yleiset tiedot sähkön tarpeesta. Tapahtuma sijaitsee peltoalueella, joten sähköverkko jouduttiin suunnittelemaan alusta alkaen lukuun ottamatta jo valmiina olevaa 20 kV linjaa, joka kulkee alueen laidalla. Tätä valmista linjaa käytettiin hyväksi suunnitteleamalla sähkönsyöttö tästä linjasta. Tapahtuman ajankohta on 14.–15.6.2014.

Sähköntarpeen arvioinnissa sain heti tiedoksi, että ravintola tulisi kuluttamaan suurimman osan tehosta. Arvioitu tehontarve oli jopa 400 kVA. Tämä johtui isoita uunista ja muista keittiötarvikkeista, jotka tarvitsivat paljon sähköä. Muuntaja pyrittiin laittamaan mahdollisimman lähelle ravintolaa. Kilpailualue levittäytyy isolle alueelle ja sähköntarvetta on joka puolella. Päätettiin myös, että tapahtuman yleisvalaistus tapahtuu katuvaloilla ja tästä johtuen valitsimme jakeluverkon tyypiksi AMKA-ilmajohdoilla luotavan pienjänniteverkon. Keskijänniteverkon, eli 20 kV linjalta muuntajalle tulevan syötön, suunnittelun hoiti urakoitsija.

6.1.1 Tehotietojen kerääminen

Tehotiedot kerättiin suoraan kuluttajilta. Kuluttajilla tarkoitetaan tapahtumaan osallistuvia eri kauppiaita ja muita toimijoita, jotka tarvitsivat sähköä. Tarkoituksena oli saada lista käytettävistä laitteista ja niiden tehoista. Näiden lisäksi liittymistyyppi ja -kokotiedot olivat tarpeellisia. Tehotietojen keräämisen lisäksi täytyi varautua arvioimaan joidenkin kohteiden tehoja, koska näiden paikkojen omistaja ei ollut vielä selvillä tai ne eivät olleet suunnitelleet sähköntarvetta vielä tarkemmin.

6.2 Tehon arviointi

Suurin osa tehotiedoista oli heti valmiita käytettäväksi kokonaistehoa arvioidessa, mutta osalle paikoista se jouduttiin arvioimaan samankaltaisten kulutuspaikkojen perusteella tai laskemaan liittymiskoon perusteella. Tehon arvioinneissa kannatti ottaa huomioon mahdollisen tehotarpeen kasvun. Arvioin siis käyttäjille hieman ylimääräistä tehonkulutusta. Näistä koottu taulukko liitteessä 1.

6.3 Alueen verkon suunnittelu

Alueen verkkoa alettiin suunnitella ravintolan pohjalta. Tämän tiedettiin olevan suurin yksittäinen kuluttaja. Sitten suunnitelimme mahdollisimman lyhyet sähkönjakelinjat muille

suurille kulutusasteille. Lopuksi suunniteltiin sähkönjakelu pienille kuluttajille käyttäen hyväksi suuremmille asteille tarvittavia sähkönjakelulinjoja. Verkko pyrittiin pitämään mahdollisimman suoraviivaisena ja yksinkertaisena. Tällöin asentamisesta tulisi helpompaa ja halvempaa. Asemakaavakuva löytyy liitteestä 3.

Asemakaavakuvan pohjalta piirrettiin nousujohtokaavio ja varavoiman nousujohtokaavio. Tarkoituksena kaavioille oli esittää verkko hieman helpommin havaittavassa muodossa. Nousujohtokaavioon lisättiin myös laskennasta saatuja arvoja. Nousujohtokaavio on liitteessä 4.

Nousujohtokaavion jälkeen tehtiin samalta pohjalta varavoimaverkon nousujohtokaavio. Verkkona käytettiin osaa normaalista nousujohtoverkosta, johon oli sijoitettu kohteet, jotka tarvitsivat varavoimaa mahdollisen sähkökatkon aikana. Varavoiman nousujohtokaavio on liitteessä 5.

6.4 Kohteen mitoittaminen

Ensiksi täytyi mitoittaa kohteeseen sulakkeet ja kaapelit. Tämän jälkeen laskennalla varmistettiin sulakkeiden toimivuus. Sulakkeet mitoitettiin kuormitusvirran avulla. Ensiksi käyttäjät oli laitettu ryhmiin, minkä jälkeen tiedettiin kaapelissa siirrettävä teho. Tähän vaikutti kohteen tyyppi ja sijainti. Tietenkin kohteen tehot vaikuttivat kuormituspisteiden ryhmiin jakamiseen. Tehot pyrittiin jakamaan mahdollisimman tasaisesti eri ryhmien välille. Tästä tehosta saatiin laskettua kuormitusvirta, jonka avulla pystyttiin valitsemaan kaapelia suojaava sulake. Sulakkeen valinnan jälkeen valittiin itse kaapeli.

Sitten laskettiin yksivaiheinen oikosulkuvirta ja verrattiin sitä taulukon 4 arvoon. Arvojen ollessa kunnossa laskettiin vielä jännitteenalenemat ja verrattiin niitä standardeissa annettuihin arvoihin. Kun jännitteenalenemat olivat haluttujen rajojen sisällä, oli mitoittaminen valmis. Esimerkilaskenta on liitteessä 9. Muiden liittymien jännitteenalenematiedot on kirjattuna nousujohtokaaviossa liitteessä 4.

6.5 Valittavat laitteet

Laitteiden valinnassa käytettiin suurelta osalta jo olemassa olevia laitteita. Jukolatapahtumissa kiertää materiaalia, joka on aina käytössä vuosittain eri paikkakunnilla. Materiaalin joukossa oli myös sähkötarvikkeita kuten valaisimia ja jatkojohtoja. Lisäksi jouduttiin valitsemaan laitteita käyttäen yleismalleja laitteista. Näihin lukeutuivat esimerkiksi keskusket.

6.5.1 Sulakkeiden ja kaapeleiden valinta

Sulakkeet valittiin laskelmien pohjalta. gG-sulakkeilla saatiin hoidettua molemmat suojaukset yhdellä kertaa. Sulakkeet täytyi valita vain pääkeskukseen, koska muut alakeskukset oli valittu yleisistä työmaakeskuksista. Näissä suojaus olisi jo kunnossa, ja valinta tehtiin tarvittavien pistotulppapaikkojen pohjalta. Suojauksen selektiivisyyden toteutumisen onnistumiseen täytyi tarkistaa, että sulakkeet toimisivat oikeassa järjestyksessä. Tämä tapahtui vertaamalla keskuksen pääsulaketta jakeluverkon pääsulakkeeseen.

Kaapeleiden valinnassa tulee ottaa huomioon mitoitusravot, mutta kannattaa myös selvittää millaisia johtimia asennusyritys käyttää. Tässä tapauksessa urakoitsijan käyttämät kaapelit olivat AMKA3x120+95, AMKA3x70+95 ja AMKA 3x35+50. Näitä käytettiin, koska niitä oli varastossa tarvittava määrä.

6.5.2 Keskuksien valinta

Keskuksien valinnassa mallina olivat sähkötuotteita vuokraavien yritysten vakiomallit. Mallistossa oli nousukeskuksia ja ryhmäkeskuksia. Kaikki keskuksat sisälsivät tarvittavat suojaukset, joten niiden valintaan ei tarvinnut käyttää paljoa aikaa. Vikavirtasuojaus tarvittiin kaikkiin pistokkeisiin, mikä huomioitiin valinnassa. Kuvassa 5 on esimerkkikeskus, jota oli käytetty vuoden 2013 tapahtumassa.



KUVA 5. Työmaakeskus Jämsä-Jukola 2013 (Mika Karjalainen 2013)

Nousukeskukseksi valittiin riittävän suuri keskus ja sen alle valittiin tarvittava määrä ryhmäkeskuksia. Näistä luotuihin keskuskokonaisuuksiin pyrittiin laittamaan riittävästi pistokepaikkoja ja jättämään myös jokunen pistoke varalle. Esimerkkitapaukset löytyvät liitteestä 7.

Liitteessä 2 on esimerkki pääkeskuskaavioista. Esittelyssä on Voimateliltä saatu pääkeskuskaavio, johon on lisätty varavoiman syöttö. Tämä toteutettiin mahdollisimman helposti ilman erityistä keskuksen muokkausta turvallisuutta unohtamatta.

6.5.3 Valaisimien valinta

Sisävalaistuksen valinnassa käytettiin olemassa olevia valaisimia. Nämä olivat 2 x 58 W ja 1 x 36 W loisteputkivalaisimia, joiden määrä saatiin järjestäjältä. Lisäksi saatiin tieto valaistavista telttoista ja valaisinpaikoista. Valaisimien paikan suunnittelussa ei ollut monta vaihtoehtoa, koska teltassa kulki muutamia putkia katossa, johon valaisimen voisi kiinnittää. Tästä on periaatekuva liitteessä 8.

Ulkovalaistuksessa pyrittiin käyttämään mahdollisimman paljon jo olemassa olevia valaisimia, jotka olivat 100 W suurpainenatriumlamppuja. Näillä toteutettiin aluevalaistus tarvittaviin kohteisiin. Tärkeään valaistuskohteeseen päätettiin myös varautua hankkimalla muutama valonheitin. Karttatelinealueella tarvittiin hyvä valaistus, jotta jokainen löytäisi helposti oman karttansa. Valaistusta esitellään liitteessä 6.

6.5.4 Maadoitus

Maadoituksessa käytettiin AMKA-verkossa sauvamaadoitusta. Kaikki yli 200 m haarat suunniteltiin haaroitettavaksi, vaikka alueen maasto oli maadoitukselle suopea. Maadoitusalueena oli pelto, joka voitiin todeta hyvän maadoitusalueen ryhmään. Maadoituksesta löytyy periaatekuva, jonka pohjalta urakoitsija pystyi toteuttamaan verkon maadoituksen. Periaatekuva on liitteessä 10.

7 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli tutkia väliaikaisen sähköistyksen suunnittelua ja tehdä suunnitelma Kuopio-Jukola 2014 -tapahtumaan. Tärkeimpänä tehtävänä oli saada suunniteltua toimiva verkko tapahtumaan.

Työ aloitettiin tutkimalla yleistä tietoa sähkösuunnitelman teosta ja perehtymällä väliaikaisen sähköistyksen suunnitteluun. Näiden tietojen pohjalta kerättiin tarvittavia tietoja Kuopio-Jukola 2014 -tapahtumasta ja mitoitettiin ja suunniteltiin pienjänniteverkko tapahtumaan.

Lopputuloksena saatiin sähkösuunnitelma, jonka pohjalta urakoitsija pystyi toteuttamaan Kuopio-Jukola 2014 -tapahtuman sähköverkon.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

Riihinen, Markku 14.2.2011. Kuopio-Jukola mediatiedote. Saatavissa:
http://jukola2014.blogspot.fi/p/mediatiedote-1422011_12.html

Energiäteollisuus: Verkkosuositus SA_2-08 Pienjänniteverkon ja jakelumuuntajan sähköinen mitoittaminen

Voimatel, käytettyjen muuntajien lista.

Standardi SFS 601:Pienjännitesähköasennukset

ABB esite OF1FI 11-09. Kahvasulakkeet, 2 ... 1600A gG ja aM -tyypit

LAKERVI, Erkki & PARTANEN, Jarmo 2008. Sähkönjakelutekniikka 609 Hakapaino, Helsinki 2009.

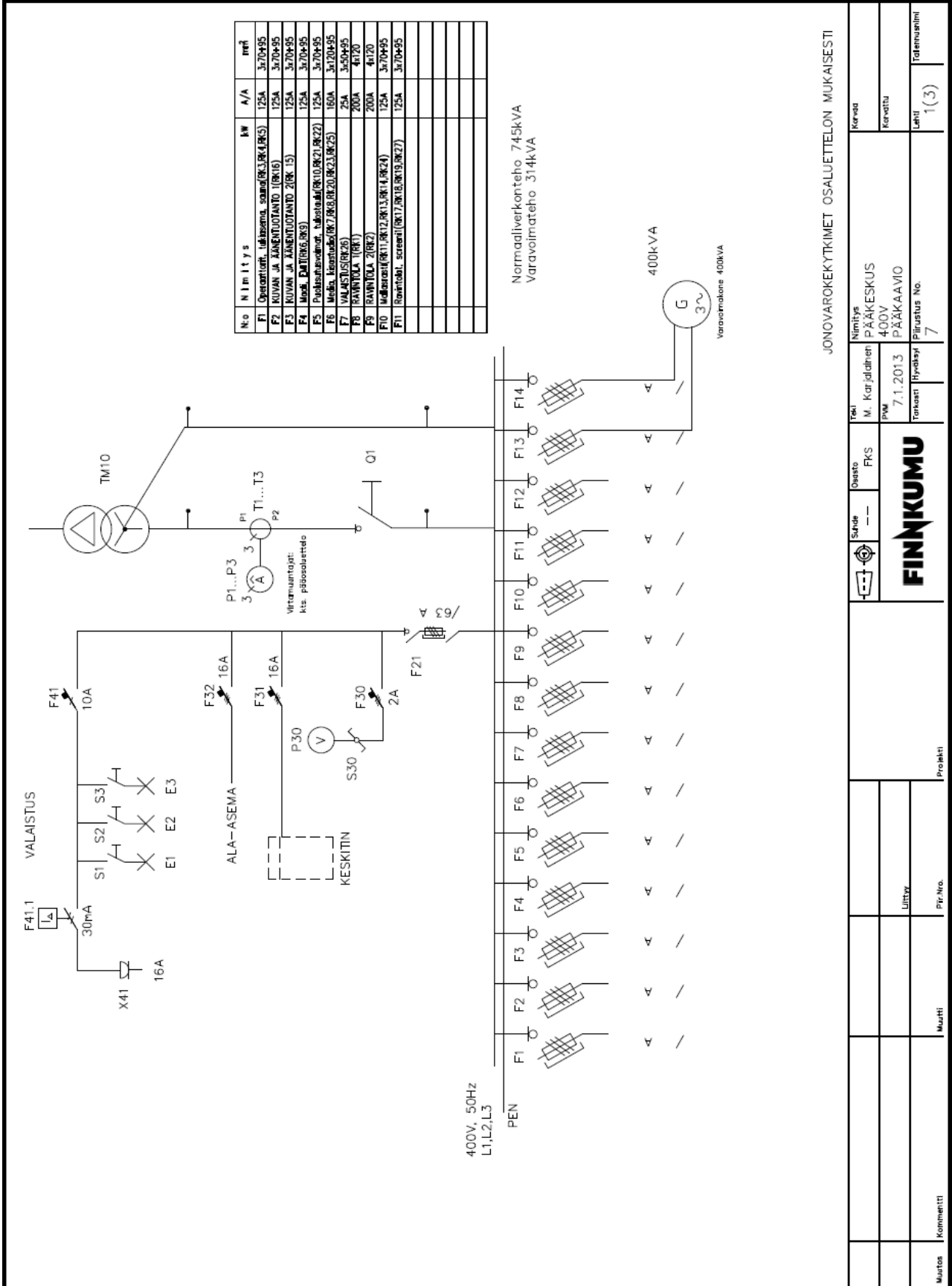
LIITE 1: ARVIOIDUT TEHOT

Kulutuspiste	Käyttö	määrä	Jännite	Teho yht(kW)	Liittymäkoko
Ravintola	Uuni (125A)	2	400	124,00	3X125A
Ravintola	Uuni (kaasu)	1	230	3,00	16A
Ravintola	Uuni (63A)	2	400	74,00	3X63A
Ravintola	Lämpökuljetusvaunu	10	230	8,00	10A
Ravintola	Kylmäkone(auto)	1	400	10,00	3X32A
Ravintola	Takalaitanostin	1	240	1,00	10A
Ravintola	Jätepuristimet	3	400	33,26	3X16A
Ravintola	Valaistus(2-putki)	8	230	0,93	16A
Ruokalipunmyynti	Kassakone	6	230	3,00	16A
Ruokalipunmyynti	Maksupääte	6	230	3,00	16A
Ruokalipunmyynti	Valaisin(1-putki)	6	230	0,22	16A
Jäätölökoju	kaikki	1	230	4,00	16A
			yht	264,40	
Jakaa alla oleville ryhmäkeskuksille					
Vip+toimitsija ruokailu	Valaistus(2-putki)	11	230	1,28	16A
Vip+toimitsija ruokailu	kylmäkoneet	2	230	6,00	16A
Forte Sport (myymälä)	kassakone	1	230	0,50	16A
Forte Sport (myymälä)	maksupääte	1	230	0,50	16A
Forte Sport (myymälä)	Valaistus	1	230	1,00	16A
Suunnistajankauppa	16A keskus	1	230	3,00	16A
Suunnistajankauppa	16A keskus	1	230	3,00	16A
Intersport	kassakoneet yms	1	230	3,00	16A
Intersport	Valaistus	x	230	1,00	16A
			yht	19	
Mediatelтта	Valaistus	14	230	1,62	16A
Mediatelтта	Tietokoneet	13	230	2,60	16A
Mediatelтта	Kirjoittimet	2	230	0,40	16A
Mediatelтта	monitoimikone	1	230	0,20	16A
Mediatelтта	videotykki	1	230	0,50	16A
Mediatelтта	TV	2	230	2,00	16A
Mediatelтта	äänentoisto	1	400	11,00	3X16A
Mediatelтта	jääkaappi	2	230	1,00	16A
Mediatelтта	Kahvinkeitin	4	230	10,00	16A
Screeni 2	Screeni 2	1	400	40,00	3X63A
Maalikonetti	maalikonetti	3	230	18,00	16A
			yht	87	

Kulutuspiiste	Käyttö	määrä	Jännite	Teho yht(kW)	Liittymäkoko
Kuvaus ja lavastudio	Kaikki	4	230	8,00	16A
Puomi	Tietokoneet	12	230	2,40	16A
Äänentoisto	Kaiutintorni	2	400	22,00	3X16A
			yht	32	
ICT_Sähköt	Selostamo	1	230	6,00	16A
ICT_Sähköt	Kuulutus	1	230	6,00	16A
ICT_Sähköt	Varustekontti	1	230	3,00	16A
ICT_Sähköt	Tulostuskontti	1	230	3,00	16A
ICT_Sähköt	Emit-Telttä	1	230	4,50	16A
Jäätöläkoju	kaikki	1	230	4,00	16A
			yht	27	
Puolustusvoimat	kaikki	1	230	40,00	3x63A
Juhlalava+TULOSTAULU	kaikki	2	230	7,00	16A
			yht	47	
Kuvan ja äänen tuotanto	UT-Auto	1	400	40,00	3X63A
Kuvan ja äänen tuotanto	Maastoauto	1	400	11,00	3X16A
Kuvan ja äänen tuotanto	SV-Sounds	1	400	11,00	3X16A
Kuvan ja äänen tuotanto	SV-Sounds bussi	1	400	17,30	3X25A
Kuvan ja äänen tuotanto	Sateliittiauto	1	400	11,00	3X16A
Kuvan ja äänen tuotanto	Kontti	1	400	11,00	3X16A
Kuvan ja äänen tuotanto	Screeniauto	1	400	11,00	3X16A
Kuvan ja äänen tuotanto	Jimmy jib kamera	1	230	1,80	16A
Kuvan ja äänen tuotanto	Viestitntäyhteydet	1	400	22,00	3x32A
			yht	136	
20x20 Kaupat	Ryhmäkeskukset	3	230	12,00	16A
			yht	12	
Info-taulu	Valotaulu +valaistus	1	230	0,57	16A
Info-Telttä	valaistus	12	230	1,39	16A
Info-Telttä	Tietokoneet	7	230	1,40	16A
Info-Telttä	muut oheislaitteet	4	230	0,80	16A
Info-Telttä	Lämmitin/tuuletin	1	230	3,00	16A
			yht	7	
Mallasrasti	Valaistus	10	230	1,20	16A
Mallasrasti	Coolereita	4	230	12,00	16A
			yht	13	

Kulutusposte	Käyttö	määrä	Jännite	Teho yht(kW)	Liittymäkoko
Operaattorien tukiasemat	dna/sonera/elisa	3	400	18,00	3X16A
Komentokeskus	tietokoneet	x	230	4,00	16A
Komentokeskus	valaistus	4	230	0,48	16A
			yht	22	
Suihku ja saunatilat	Vedenlämmitys	1	400	22,00	3X32A
Suihku ja saunatilat	Pumppu	1	400	6,00	3X16A
Suihku ja saunatilat	Valotornit	2	230	3,00	16A
Suihku ja saunatilat	valaistus (saunat)	8	230	0,96	16A
Suihku ja saunatilat	valaistus (suihkutila)	8	230	0,96	16A
			yht	33	
Lastenmaailma	Kaikki	1	230	2,00	16A
Tukiasema ja ohjausauto	LIITYMIS	1	400	9,00	3X16A
			yht	11	
Screeni 1	Screeni 1	1	400	40,00	63A
			yht	40	
Jäätölökoju	kaikki	1	230	3,00	16A
Grilli	kaikki	1	230	3,00	16A
			yht	3	
Pikkukojut	kaikki	6	230	6,00	16A
Pikkukojut	KAIKKI	6	230	6,00	16A
Pikkukojut	KAIKKI	6	230	6,00	16A
JUKOLA KAUPPA	jukola kauppa	1	230	4,00	16A
			yht	22	
Valaistus	kaikki	50	230	5	25A
			yht	5	

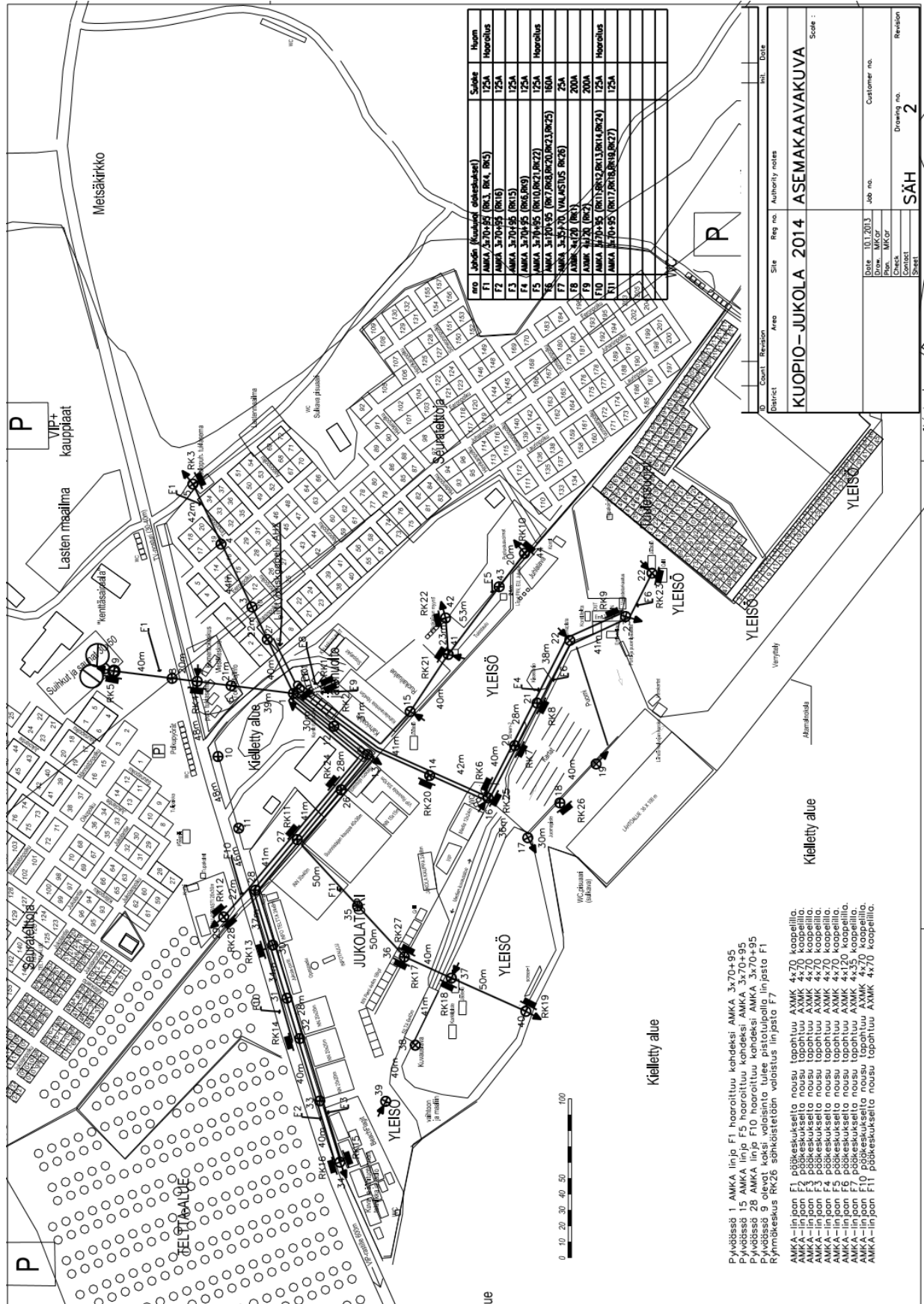
LIITE 2: PÄÄKESKUS



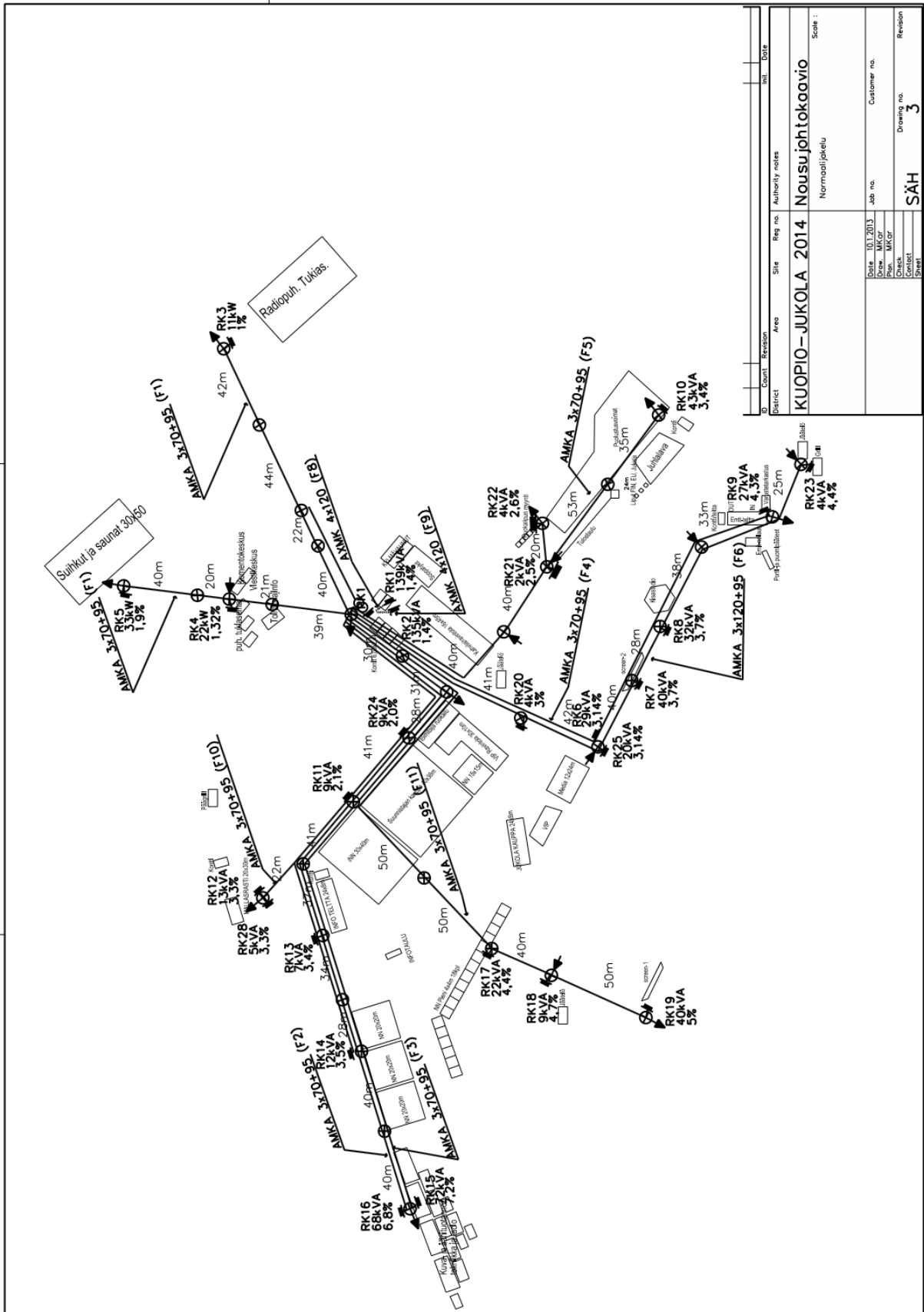
JONOVAROKEYTYKIMET OSALUETTELOON MUKAISESTI

		Nimitys		Korota	
		PÄÄKESKUS		Korota	
		400V		Korota	
		7.1.2013		Lahki	
		PÄÄKAAVIO		1(3)	
		Pitustus No.		Tähtausnimi	
		7			
		FINNKUMU			
		Suojat			
		Osasto			
		FKS			
		Teki			
		M. Kari-salonen			
		PVM			
		7.1.2013			
		Tarkastaja			
		Ryöstäjä			
Muutos		Kommentti		Pit. No.	
				Muutti	
				Littw	

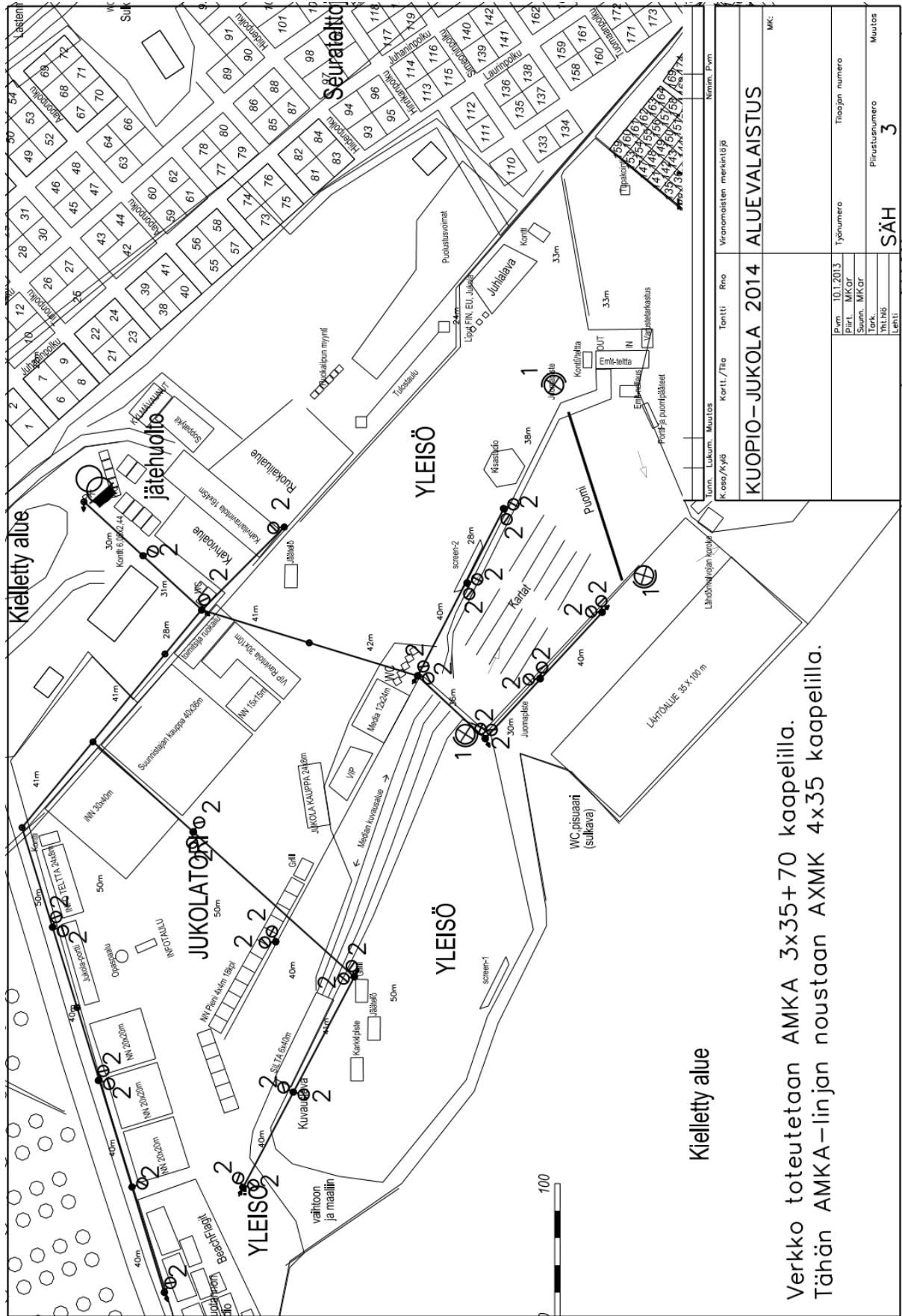
LIITE 3: ASEMAKAAVAKUVA



LIITE 4:NOUSUJOHTOKAAVIO



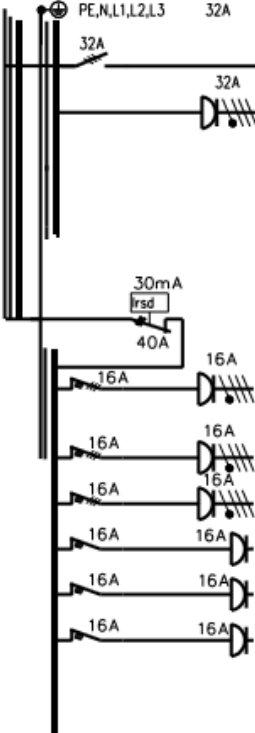
LIITE 6: VALAISTUSUUNNITELMA



LIITE 7: ESIMERKKI ALAKESKUKSET

Nimellisjännite: $U_i=U_e$	400 V
Oikosulunkestävyys: I_{cw}	6kA
Suojaus sähköiskulta:	Suojausluokka 1

Laji		RYHMAKESKUS
Tyyppi		TAKP 32
Sähkö nro		
I_n	32A	U_n 400V
P_n	kW	P_h kW
Kotelointi		IP 44

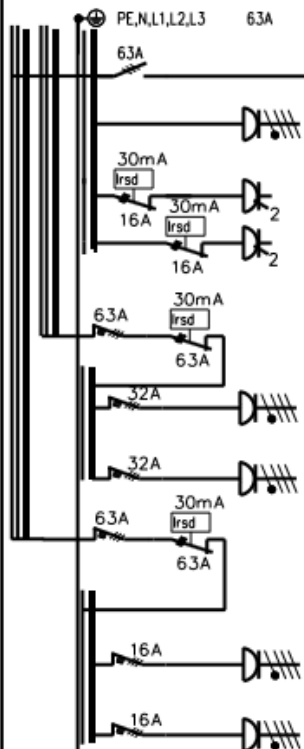


N:o	Nimitys	kW	A/A	mm ²
	Pääkytkin 32A			
1	Pistorasia 3x32A(ketjutus)			
2	Pistorasia 3x16A			
3	Pistorasia 3x16A			
4	Pistorasia 3x16A			
5	Pistorasia 16A			
6	Pistorasia 16A			
7	Pistorasia 16A			

Työ nro	Ark. koodi	KESKUS	RK 18	Tyypit:
Pvm. 19.9.2014	Suunn. mklar	PÄÄKAAVIO	KOKOONPANOPIIRUSTUS	Loppupiir.
		Halennuskohde		Tal.koodi
			Kuopio-Jukola 2014	Lehti Lehdessä
				Piirustus nro
				51

Nimellisistujännite: $U_i=U_e$	400 V
Oikosulunkestävyys: I_{cw}	6 kA
Suojus sähköiskulta:	Suojausluokka 1

Loji	RYHMAKESKUS		
Tyyppi	TAKP 63B		
Sähkö nro			
I_n	125A	U_n	400V
P_n	kW	P_h	kW
Kotelointi	IP 44		

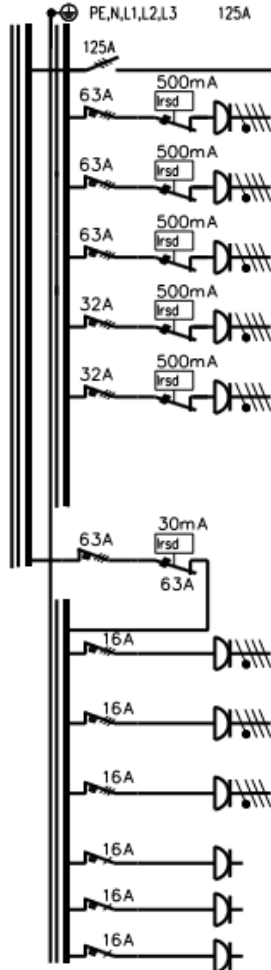


N:o	Nimily s	kW	A/A	mm²
	Pääkytkin 63A			
63A	PIST3X16 TARKENNU S		WRTA	KAAPELI
6	PISTORASIA 1x16A+N+PE		C 16 A	
LNRO	PIST1X16 TARKENNU S		WRTA	KAAPELI
3	PISTORASIA 3x32A+N+PE		C 32 A	
4	RK20		C 16 A	
3	PISTORASIA 3x32A+N+PE		C 32 A	
4	RK20		C 16 A	

Työ nro	1			Ark. koodi		KESKUS	RK 18	Työpiiri:
Pvm.	19.9.2014	Suunn. mkar	Tark.	Hyc.		PÄÄKAAVIO	KOKOONPANOPIIRUSTUS	Loppupiiri.
						Rakennuskohde		Tal.koodi
						Kuopio-Jukola 2014		Lehti Lehdessä
								Pöytäkirja nro
								51

Nimelliseristysjännite: $U_i=U_e$	400 V
Oikosulunkestävyys: I_{cw}	6 kA
Suojaus sähköiskulta:	Suojausluokka 1

Luji	RYHMAKESKUS		
Tyyppi	TAKP 125B		
Sähkö nro			
I_n	125A	U_n	400V
P =	kW	P _h =	kW
Katolointi	IP 44		

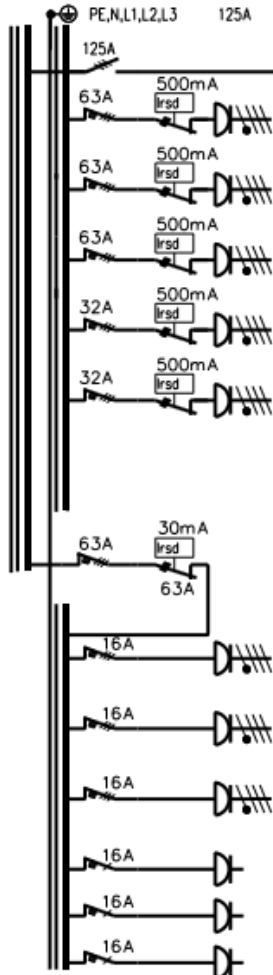


N:o	Nimitys	kW	A/A	m ²
	Pääkytkin 125A			
63A	PIST3X16 TARKENNUS		VIRTA	KAAPPELI
63A	PIST3X16 TARKENNUS		VIRTA	KAAPPELI
63A	PIST3X16 TARKENNUS		VIRTA	KAAPPELI
32A	PIST3X16 TARKENNUS		VIRTA	KAAPPELI
32A	PIST3X16 TARKENNUS		VIRTA	KAAPPELI
3	PISTORASIA 3x32A+N+PE		C 32 A	
4	RK20		C 16 A	
5	RK21		C 16 A	
6	PISTORASIA 1x16A+N+PE		C 16 A	
7	PISTORASIA 1x16A+N+PE		C 16 A	
8	PISTORASIA 1x16A+N+PE		C 16 A	

Työ nro P.m. 19.9.2014	Art. koodi Suunn. mikor	Tark.	Hyt.	KESKUS PÄÄKAAVIO	RK 18 KOKOONPANOPIIRUSTUS	Työpiir: Loppupiir.
				Rakennuskohde Kuopio-Jukola 2014	Tal.koodi Lähti Lehdestä	Piirustus nro 51

Nimellisjännite: $U_i=U_e$	400 V
Oikosulunkestävyys: I_{cw}	6kA
Suojajous: I_{cw}	Suojajouluokka 1

Loji	RYHMAKESKUS	
Tyyppi	TAKP 125B	
Sähk. nro		
I_n	125A	U_n 400V
P_n	kW	P_h kW
Koteloit. IP	44	

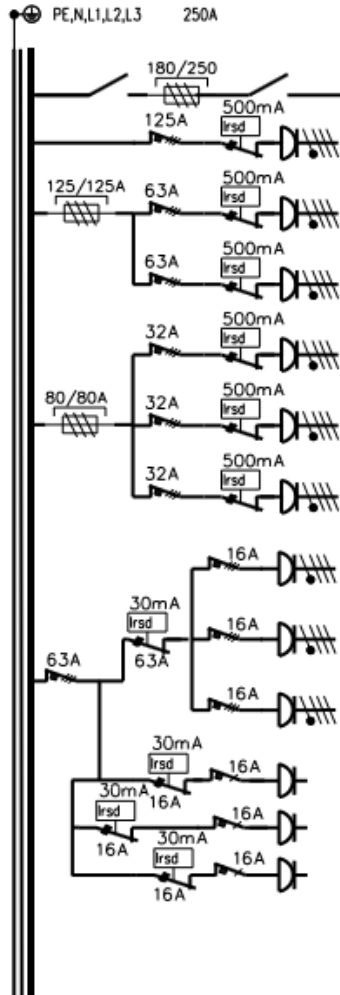


N:o	Nimitys	kW	A/A	mm ²
	Pääkytkin 125A			
63A	PIST3X16 TARKENNUS		VRTA	KAAPELI
63A	PIST3X16 TARKENNUS		VRTA	KAAPELI
63A	PIST3X16 TARKENNUS		VRTA	KAAPELI
32A	PIST3X16 TARKENNUS		VRTA	KAAPELI
32A	PIST3X16 TARKENNUS		VRTA	KAAPELI
3	PISTORASIA 3x32A+N+PE		C 32 A	
4	RK20		C 16 A	
5	RK21		C 16 A	
6	PISTORASIA 1x16A+N+PE		C 16 A	
7	PISTORASIA 1x16A+N+PE		C 16 A	
8	PISTORASIA 1x16A+N+PE		C 16 A	

Työ nro.	Ark. koodi	KESKUS	ARK 18	Työpäiv:
Pvm. 19.9.2014	Suunn. mika	PÄÄKAAVO	KOKOONPANOPIIRUSTUS	Loppupäiv.
	Tark.	Hyt.	Itä koodi	
			Lehti	Lehdessä
			Piirustus nro	51
			Kuopio-Jukola 2014	

Nimellisjännite: $U_i=U_e$	400 V
Oikosulnkestävyys: I_{cw}	6kA
Suojaus sähköiskulta:	Suojausluokka 1

Loj	RYHMAKESKUS		
Tyyppi	TAKP 250		
Sähk. nro			
I_n	250A	U_n	400V
P_n	kW	P_h	kW
Kotelointi	IP 44		



N:o	Nimitys	kW	A/A	mm ²
	Päälätkä Kahvasulake 180/250A			
1	Pistorasia 3x125A		VIRTA	KAAPELI
2	Pistorasia 3x63A		VIRTA	KAAPELI
3	Pistorasia 3x63A		VIRTA	KAAPELI
4	Pistorasia 3x32A		VIRTA	KAAPELI
5	Pistorasia 3x32A		VIRTA	KAAPELI
6	Pistorasia 3x32A		VIRTA	KAAPELI
7	Pistorasia 3x16A		VIRTA	KAAPELI
8	Pistorasia 3x16A		VIRTA	KAAPELI
9	Pistorasia 3x16A		VIRTA	KAAPELI
10	Pistorasia 16A		VIRTA	KAAPELI
11	Pistorasia 16A		VIRTA	KAAPELI
12	Pistorasia 16A		VIRTA	KAAPELI

Työ nro	Ark. koodi		
Pvm.	Suunn.	Tekn.	Myc.
19.9.2014	mikar		

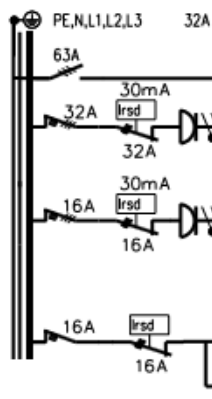
KESKUS RIK 18
PÄÄKAAVIO KOKOONPANOPIIRUSTUS

Työpiir:
Loppupiir.

Rakennuskohde		Kuopio-Jukola 2014		Tall.koodi
				Lehti Lehtienä
				Piirustus nro
				51

Nimelliseristysjännite: $U_i=U_e$	400 V
Oikosulunkestävyys: I_{cw}	6kA
Suojus sähköiskulta:	Suojusluokka 1

Laji RYHMAKEKUS	
Tyyppi TAKP 32	
Sähkö nro	
I_n 32A	U_n 400V
$P_n =$ kW	$P_h =$ kW
Kotelointi IP 44	

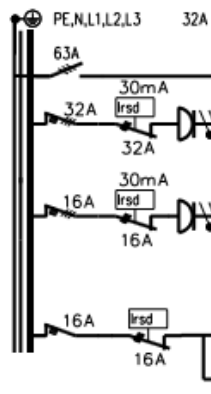


N:o	Nimitys	kW	A/A	m ²
	Pääkytkin 63A			
32A	PIST3X16	TARKENNUS	VRTA	KAAPeli
32A	PIST3X16	TARKENNUS	VRTA	KAAPeli
32A	PIST3X16	TARKENNUS	VRTA	KAAPeli
32A	PIST3X16	TARKENNUS	VRTA	KAAPeli

Työ nro 1	Ark. koodi	KESKUS	RK 18	Työpiir:
Pvm. 19.9.2014	Suunn. mkar	Tark.	Hyt.	Loppupiir.
Rakennuskohde				Tal.koodi
Kuopio-Jukola 2014				Läht. Lehdessä
				Piirustus nro 51

Nimellisjännite: $U_i=U_e$	400 V
Oikosulunkestävyys: I_{cw}	6kA
Suojaus sähköiskulta:	Suojausluokka 1

Loji	RYHMAKESKUS		
Tyyppi	TAKP 32		
Sähk. nro			
I_n	32A	U_n	400V
P_n	kW	P_h	kW
Kotelointi	IP 44		



N:o	Nimitys	kW	A/A	mm ²
	Pääkytkin 63A			
32A	PIST3X16	TARKENNUUS	VRTA	KAAPELI
32A	PIST3X16	TARKENNUUS	VRTA	KAAPELI
32A	PIST3X16	TARKENNUUS	VRTA	KAAPELI
32A	PIST3X16	TARKENNUUS	VRTA	KAAPELI

Työ nro 1	Ark. koodi	KESKUS PÄÄKAAVIO	RK 18 KOKOONPANOPIIRUSTUS	Työp.:
Pvm. 19.9.2014	Suunn. ROKOONPANOPIIRUSTUS	Hytz.	Rakennuskohde Kuopio-Jukola 2014	Loppupir.
				Tall.koodi
				Lehti: Lehdistö
				Piirustus nro 51

LIITE 8: TELTTOJEN VALAISTUKSIEN PERIAATEKUVA

Sauna 1		Sauna 2		VIP – Ravintola																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Saunojen valaisimet sijoitsee lauteiden alla.		Saunojen valaisimet sijoitsee teltan harjaputkessa.		Saunojen valaisimet sijoitsee teltan harjaputkessa.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Muut valaisimet sijoitsee teltan harjaputkessa.		Muut valaisimet sijoitsee teltan harjaputkessa.		Muut valaisimet sijoitsee teltan harjaputkessa.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Valaisimet liitetään pistotulpalla työmaakeskukseen.		Valaisimet liitetään pistotulpalla työmaakeskukseen.		Valaisimet liitetään pistotulpalla työmaakeskukseen.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Ravintola		Ravintola		Ravintola																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
<table border="1"> <tr> <td>Tunn.</td> <td>Lukum.</td> <td>Muutos</td> <td>Tonitti</td> <td>Rno</td> <td>Nimim.</td> <td>Pvm</td> </tr> <tr> <td>K.osa/Kyö</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">KUOPIO–JUKOLA 2014</td> <td colspan="4">viranomaisien merkintöjä</td> </tr> <tr> <td colspan="3">PERIAATEKUVA</td> <td colspan="4">MK-</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Työnumero</td> <td colspan="5">Tilaajan numero</td> </tr> <tr> <td colspan="2">1</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Pvm</td> <td colspan="5">Piiustusnumero</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Pii.</td> <td colspan="5">70</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Sauna.</td> <td colspan="5">SÄH</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Tark.</td> <td colspan="5">70</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Yht.hlö</td> <td colspan="5">70</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Lehti</td> <td colspan="5">70</td> </tr> </table>		Tunn.	Lukum.	Muutos	Tonitti	Rno	Nimim.	Pvm	K.osa/Kyö							KUOPIO–JUKOLA 2014			viranomaisien merkintöjä				PERIAATEKUVA			MK-				Työnumero		Tilaajan numero					1							Pvm		Piiustusnumero					Pii.		70					Sauna.		SÄH					Tark.		70					Yht.hlö		70					Lehti		70					<table border="1"> <tr> <td>Tunn.</td> <td>Lukum.</td> <td>Muutos</td> <td>Tonitti</td> <td>Rno</td> <td>Nimim.</td> <td>Pvm</td> </tr> <tr> <td>K.osa/Kyö</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">KUOPIO–JUKOLA 2014</td> <td colspan="4">viranomaisien merkintöjä</td> </tr> <tr> <td colspan="3">PERIAATEKUVA</td> <td colspan="4">MK-</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Työnumero</td> <td colspan="5">Tilaajan numero</td> </tr> <tr> <td colspan="2">1</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Pvm</td> <td colspan="5">Piiustusnumero</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Pii.</td> <td colspan="5">70</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Sauna.</td> <td colspan="5">SÄH</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Tark.</td> <td colspan="5">70</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Yht.hlö</td> <td colspan="5">70</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Lehti</td> <td colspan="5">70</td> </tr> </table>		Tunn.	Lukum.	Muutos	Tonitti	Rno	Nimim.	Pvm	K.osa/Kyö							KUOPIO–JUKOLA 2014			viranomaisien merkintöjä				PERIAATEKUVA			MK-				Työnumero		Tilaajan numero					1							Pvm		Piiustusnumero					Pii.		70					Sauna.		SÄH					Tark.		70					Yht.hlö		70					Lehti		70					<table border="1"> <tr> <td>Tunn.</td> <td>Lukum.</td> <td>Muutos</td> <td>Tonitti</td> <td>Rno</td> <td>Nimim.</td> <td>Pvm</td> </tr> <tr> <td>K.osa/Kyö</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">KUOPIO–JUKOLA 2014</td> <td colspan="4">viranomaisien merkintöjä</td> </tr> <tr> <td colspan="3">PERIAATEKUVA</td> <td colspan="4">MK-</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Työnumero</td> <td colspan="5">Tilaajan numero</td> </tr> <tr> <td colspan="2">1</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Pvm</td> <td colspan="5">Piiustusnumero</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Pii.</td> <td colspan="5">70</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Sauna.</td> <td colspan="5">SÄH</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Tark.</td> <td colspan="5">70</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Yht.hlö</td> <td colspan="5">70</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Lehti</td> <td colspan="5">70</td> </tr> </table>		Tunn.	Lukum.	Muutos	Tonitti	Rno	Nimim.	Pvm	K.osa/Kyö							KUOPIO–JUKOLA 2014			viranomaisien merkintöjä				PERIAATEKUVA			MK-				Työnumero		Tilaajan numero					1							Pvm		Piiustusnumero					Pii.		70					Sauna.		SÄH					Tark.		70					Yht.hlö		70					Lehti		70					<table border="1"> <tr> <td>Tunn.</td> <td>Lukum.</td> <td>Muutos</td> <td>Tonitti</td> <td>Rno</td> <td>Nimim.</td> <td>Pvm</td> </tr> <tr> <td>K.osa/Kyö</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">KUOPIO–JUKOLA 2014</td> <td colspan="4">viranomaisien merkintöjä</td> </tr> <tr> <td colspan="3">PERIAATEKUVA</td> <td colspan="4">MK-</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Työnumero</td> <td colspan="5">Tilaajan numero</td> </tr> <tr> <td colspan="2">1</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Pvm</td> <td colspan="5">Piiustusnumero</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Pii.</td> <td colspan="5">70</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Sauna.</td> <td colspan="5">SÄH</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Tark.</td> <td colspan="5">70</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Yht.hlö</td> <td colspan="5">70</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Lehti</td> <td colspan="5">70</td> </tr> </table>		Tunn.	Lukum.	Muutos	Tonitti	Rno	Nimim.	Pvm	K.osa/Kyö							KUOPIO–JUKOLA 2014			viranomaisien merkintöjä				PERIAATEKUVA			MK-				Työnumero		Tilaajan numero					1							Pvm		Piiustusnumero					Pii.		70					Sauna.		SÄH					Tark.		70					Yht.hlö		70					Lehti		70					<table border="1"> <tr> <td>Tunn.</td> <td>Lukum.</td> <td>Muutos</td> <td>Tonitti</td> <td>Rno</td> <td>Nimim.</td> <td>Pvm</td> </tr> <tr> <td>K.osa/Kyö</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">KUOPIO–JUKOLA 2014</td> <td colspan="4">viranomaisien merkintöjä</td> </tr> <tr> <td colspan="3">PERIAATEKUVA</td> <td colspan="4">MK-</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Työnumero</td> <td colspan="5">Tilaajan numero</td> </tr> <tr> <td colspan="2">1</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Pvm</td> <td colspan="5">Piiustusnumero</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Pii.</td> <td colspan="5">70</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Sauna.</td> <td colspan="5">SÄH</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Tark.</td> <td colspan="5">70</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Yht.hlö</td> <td colspan="5">70</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Lehti</td> <td colspan="5">70</td> </tr> </table>		Tunn.	Lukum.	Muutos	Tonitti	Rno	Nimim.	Pvm	K.osa/Kyö							KUOPIO–JUKOLA 2014			viranomaisien merkintöjä				PERIAATEKUVA			MK-				Työnumero		Tilaajan numero					1							Pvm		Piiustusnumero					Pii.		70					Sauna.		SÄH					Tark.		70					Yht.hlö		70					Lehti		70				
Tunn.	Lukum.	Muutos	Tonitti	Rno	Nimim.	Pvm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
K.osa/Kyö																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
KUOPIO–JUKOLA 2014			viranomaisien merkintöjä																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
PERIAATEKUVA			MK-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Työnumero		Tilaajan numero																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Pvm		Piiustusnumero																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Pii.		70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Sauna.		SÄH																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Tark.		70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Yht.hlö		70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Lehti		70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Tunn.	Lukum.	Muutos	Tonitti	Rno	Nimim.	Pvm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
K.osa/Kyö																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
KUOPIO–JUKOLA 2014			viranomaisien merkintöjä																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
PERIAATEKUVA			MK-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Työnumero		Tilaajan numero																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Pvm		Piiustusnumero																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Pii.		70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Sauna.		SÄH																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Tark.		70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Yht.hlö		70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Lehti		70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Tunn.	Lukum.	Muutos	Tonitti	Rno	Nimim.	Pvm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
K.osa/Kyö																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
KUOPIO–JUKOLA 2014			viranomaisien merkintöjä																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
PERIAATEKUVA			MK-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Työnumero		Tilaajan numero																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Pvm		Piiustusnumero																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Pii.		70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Sauna.		SÄH																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Tark.		70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Yht.hlö		70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Lehti		70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Tunn.	Lukum.	Muutos	Tonitti	Rno	Nimim.	Pvm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
K.osa/Kyö																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
KUOPIO–JUKOLA 2014			viranomaisien merkintöjä																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
PERIAATEKUVA			MK-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Työnumero		Tilaajan numero																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Pvm		Piiustusnumero																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Pii.		70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Sauna.		SÄH																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Tark.		70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Yht.hlö		70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Lehti		70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Tunn.	Lukum.	Muutos	Tonitti	Rno	Nimim.	Pvm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
K.osa/Kyö																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
KUOPIO–JUKOLA 2014			viranomaisien merkintöjä																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
PERIAATEKUVA			MK-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Työnumero		Tilaajan numero																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Pvm		Piiustusnumero																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Pii.		70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Sauna.		SÄH																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Tark.		70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Yht.hlö		70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Lehti		70																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

LIITE 9: ESIMERKKILASKENTA

Tässä liitteessä käydään läpi esimerkkilaskelma. Muut arvot on laskettu taulukkoon 9.

Suojauksen sulakkeen ja kaapelin poikkipinnan valinta. Aluksi täytyi tietää kyseisen kaapelin teho. Esimerkkikohteessa oli arvioitu tehoksi noin 64 kVA. Tästä lasketaan kuormitusvirta käyttäen kaavaa 9.1.

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \times U_n \times \cos\varphi} \quad (9.1)$$

Tehokertoimeksi ($\cos\varphi$) arvioidaan 0,96, koska kuormasta suurin osa on resistiivistä. Ulkovalaistuksen tehokertoimeksi käytetään arvoa 0.60, koska käytetyillä valaisimilla kului loistehoa huomattavasti enemmän. Ulkovalaistus oli suunniteltu omaksi ryhmäksi. Jännitteeksi valittiin 410 V, koska tätä oli käytetty myös muuntajan arvoissa.

$$I_n = \frac{64000VA}{\sqrt{3} \times 410V \times 0,96} = 93,3A$$

Kuormitusvirran perusteella voidaan valita käytettävä sulake. Sulakkeeksi voitaisiin valita 100A sulake, mutta kun lasketaan arvioilla, valitaan varmuuden vuoksi sulakkeeksi 125A. Seuraavaksi valitaan kaapeli käyttäen taulukkoa 5. Lämpötilaksi valitaan 25 °C, koska sen verran alkukesän lämpötila voi olla suurimmillaan.

TAULUKKO 5. Kaapelin valinta

AMKA	Nimellisvirta I_n [A]			ympäristön lämpötila
	20	25	40	
3x16+25	63	50	50	
3x25+35	80	63	63	
3x35+50	100	80	80	
3x50+70	125	100	100	
3x70+95	160	125	125	
3x120+95	200	200	160	

Kaapeliksi valitaan AMKA 3x70+95. Valitun kaapelin perusteella lasketaan, toteutuisiko suojaus. Aluksi tarvitaan muuntajan tietoja ja johtimen tietoja.

Muuntajan tietojen selvitys alkaa siitä, että täytyy tietää käytettävän muuntajan teho.

Tehonarvioinnin ja edellisten vuosien perusteella muuntajaksi valittiin 800kVA:n muuntaja.

Muuntajan tiedot saatiin urakoitsijan yhteyshenkilöltä. Taulukossa 6 valittuna tässä tapauksessa käytetyn muuntajan tiedot

TAULUKKO 6. Muuntajan tiedot

teho (kVA)	Muuntosuhde(V/V)	kytkentä	Po (W)	Pk (W)	zk (%)	Z0 (%)	IO (%)	kokpaino (kg)	öljyä (kg)
800	20500±2x2,5%/410	Dyn11	1200	8500	5,5	5,7	0,5	2380	400

Näistä arvoista lasketaan vielä seuraavat tiedot, joita tarvitaan muussa laskennassa.

$$Z1 = \frac{z_k}{100} \times \frac{Un^2}{S_n} \times \frac{5,5}{100} \times \frac{410^2}{800000} = 0,01156 \Omega \quad (9.2)$$

$$R_m = \frac{P_k}{S_n} \times \frac{Un^2}{S_n} = \frac{8500}{800000} \times \frac{410^2}{800000} = 0,00223 \Omega \quad (9.3)$$

$$X_m = \sqrt{Z_m^2 - R_m^2} = \sqrt{0,012^2 - 0,002^2} = 0,01134 \Omega \quad (9.4)$$

$$Z_0 = \frac{z_0}{100} \times \frac{Un^2}{S_n} = \frac{5,7}{100} \times \frac{410^2}{800000} = 0,01198 \Omega \quad (9.5)$$

$$R_{m0} = \frac{p_0}{S_n} \times \frac{Un^2}{S_n} = \frac{1200}{800000} \times \frac{410^2}{800000} = 0,00032 \Omega \quad (9.6)$$

$$X_{m0} = \sqrt{Z_0^2 - R_{m0}^2} = \sqrt{0,01198^2 - 0,00032^2} = 0,01197 \Omega \quad (9.7)$$

Lisäksi tarvitaan kaapelin tiedot, joita on esitelty taulukossa 7.

TAULUKKO 7. Kaapelin tiedot

AMKA	Rv	RO	Xv	Xv0	X0
3x70+95	0,479	0,392	0,097	0,045	0,07

Tästä lasketaan kaavaa käyttäen 1-vaiheinen oikosulkuvirta. Tähän kaavaan tarvitaan vielä tieto kaapelin pituudesta. Tässä tapauksessa kaapelin pituus oli 148 m. Vaihejännite on 230 V.

$$I_{k1} = \frac{0,95 \times 3U_v}{\sqrt{(2R_m + R_{m0} + 3L(R_v + R_0))^2 + (2X_m + X_{m0} + L(2X_v + X_{v0} + 3X_0))^2}} \quad (9.8)$$

$$I_{k1} = \frac{0,95 \times 3 \times 230}{\sqrt{(2 \times 0,00223 + 0,00032 + 3 \times 0,148 \times (0,479 + 0,392))^2 + (2 \times 0,01134 + 0,01197 + 0,148(2 \times 0,097 + 0,045 + 3 \times 0,07))^2}} = 1631A$$

Verrattava arvo löytyy taulukosta 8. Tässä katsotaan valitun sulakkeen kohdalta arvo, jonka pitää olla pienempi kuin I_{k1} .

TAULUKKO 8. 5 s laukaisuajan toteutuminen

Sulakkeen nimellisvirta A	Oikosulkuvirta 5 s laukaisujalla I)
25	110
35	165
50	250
63	320
80	425
100	580
125	715
160	950
200	1250
250	1650
315	2200
400	2840
500	3800
630	5100

Valittu sulake oli 125A, 5s laukaisuajan toteuttava arvo on täten 715A.

715 A < 1631 A Tästä seuraa, että suojaus toimii.

Toinen tärkeä laskettava oli jännitteenalenema. Jännitteenalenemassa otettiin huomioon käytetyn kaapelin sähkötekniset arvot ja kulutuspisteiden arvioidut kuormitusvirrat. Myös muuntajan jännitteenalenema oli syytä laskea.

Aloitetaan laskemalla muuntajan jännitteenalenema. Muuntajana käytössä oli 800kVA puistomuuntamo. Tiedot löytyvät taulukosta 7. Tehokertoimena käytetään arvoa 0,96, jolloin $\sin\varphi = 0,28$.

$$U_a = |U_1| - |U_2'| \approx I \times R_k \times \cos\varphi + I \times X_k \times \sin\varphi \quad (9.10)$$

$$U_a \approx 1085A \times 0,0018 \times 0,96 + 1085A \times 0,0092 \times 0,28$$

$$U_a = 4,67V$$

Tästä lasketaan suhteellinen jännitteenalanema käyttäen kaavaa 9.10.

$$u_a = \frac{U_a}{U_n} \times 100\% \quad (9.11)$$

$$u_a = \frac{4,67V}{410V} \times 100\%$$

$$u_a = 1,13\%$$

Seuraavaksi laskettiin linjan kaukaisimman pisteen jännitteenalenema. Tähän tarvittiin myös johdon tietoja. Johdon pituus oli 148m ja arvioitu teho 64kVA. Johtimen tiedot löytyvät taulukosta 8.

Esimerkkijohdon jännitteenaleneman laskeminen tapahtuu kaavalla 9.12. $\cos \varphi$ ja $\sin \varphi$ on valittu samalla perusteella kuin muuntajan jännitteenaleneman laskennassa. Kuormitus on induktiivista tehokertoimella 0,96.

$$U_a = I \times \sqrt{3} \times l \times (r \times \cos\varphi \pm x \times \sin\varphi) \quad (9.12)$$

$$U_a = 93,3 \times \sqrt{3} \times 0,148 \times (0,938 \times 0,96 - 0,103 \times 0,28)$$

$$U_a = 20,8V$$

Tästä laskettiin suhteellinen arvo käyttäen kaavaa 9.13.

$$u_a = \frac{U_a}{U_n} \times 100\% \quad (9.13)$$

$$u_a = \frac{20,8V}{410V} \times 100\%$$

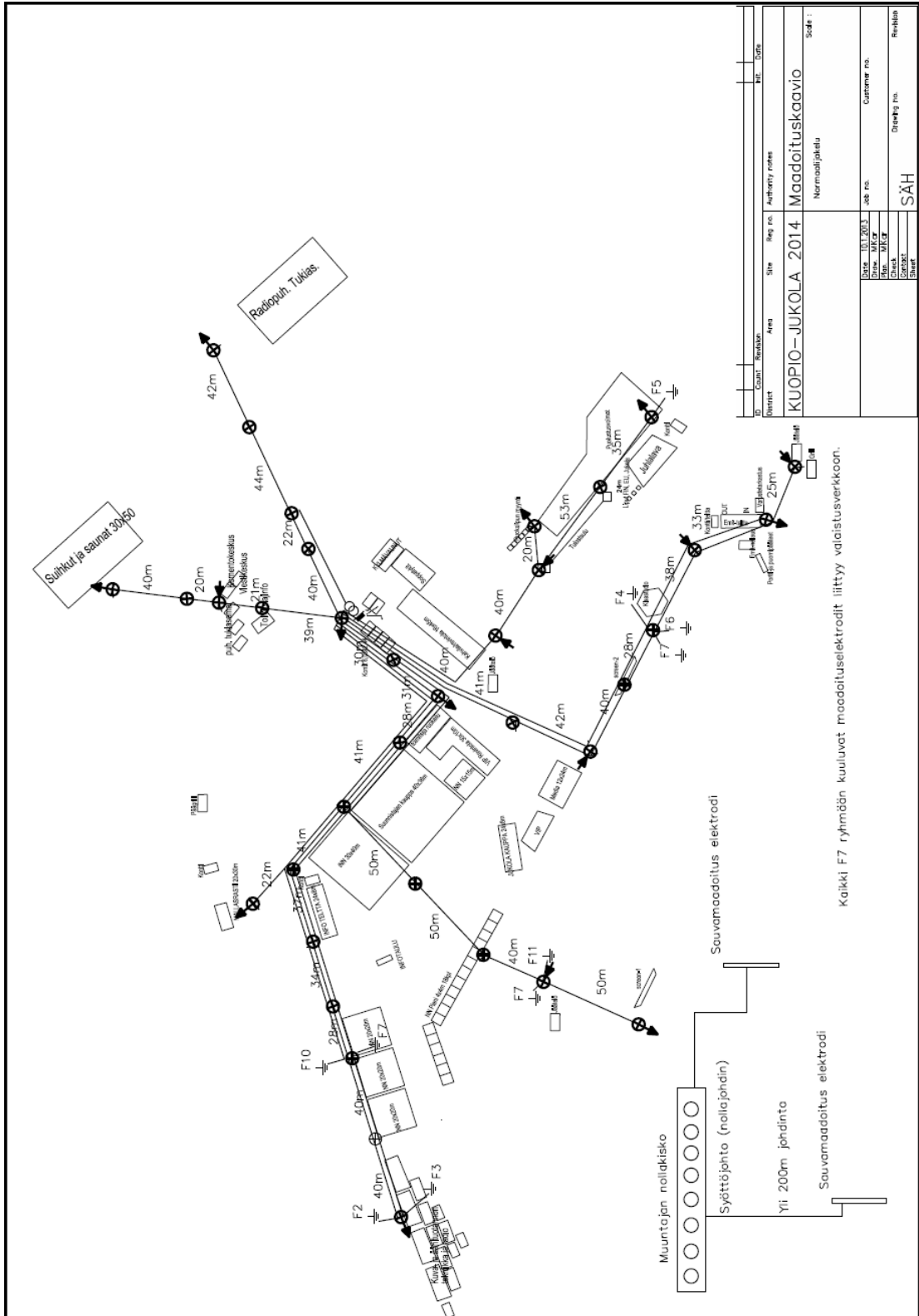
$$u_a = 5\%$$

Arvojen ollessa alle 10 % voitiin todeta, että verkko täyttää vaaditut arvot. Tämän esimerkkikohteen osalta tämäkin on kunnossa.

TAULUKKO 9. Laskennan tulokset

Linja	typpi	teho/kVA	Kuormitusvirta/A	Sulake	Johdin	pituus	lk1	3*ln	5s	Ua		
F1	AMKA	66	96,8	125A	3x70+95	0,12	1877	290	715	1,9		
F2	AMKA	67,8	99,5	125A	3x70+95	0,336	716	298	715	6,8		
F3	AMKA	72,2	105,9	125A	3x70+95	0,336	718	318	715	7,2		
F4	AMKA	56	82,1	125A	3x70+95	0,31	769	246	715	4,3		
F5	AMKA	49	71,9	125A	3x70+95	0,2	1169	216	715	3,4		
F6	AMKA	96	140,8	160A	3x120+95	0,33	956	422	950	4,4		
F7	AMKA	6	8,8	25A	3x35+70	0,196	730	26	110	1,3		
F8	AXMK	139,18	204,2	200A	4x120	0,02	9062	612	1250	1,4		
F9	AXMK	134,82	197,8	200A	4x120	0,02	9062	593	1250	1,4		
F10	AMKA	55	80,7	125A	3x70+95	0,27	878	242	715	3,5		
F11	AMKA	71	104,1	125A	3x70+95	0,32	746	312	715	5		
Linja	Johdin	Rv	R0	Xv	Xv0	X0	Z1	Rm	Xm	Z0	Rm0	Xm0
F1	3x70+95	0,479	0,392	0,097	0,045	0,07	0,012	0,002	0,011	0,012	0,000	0,012
F2	3x70+95	0,479	0,392	0,097	0,045	0,07	0,012	0,002	0,011	0,012	0,000	0,012
F3	3x70+95	0,479	0,392	0,097	0,045	0,07	0,012	0,002	0,011	0,012	0,000	0,012
F4	3x70+95	0,479	0,392	0,097	0,045	0,07	0,012	0,002	0,011	0,012	0,000	0,012
F5	3x70+95	0,479	0,392	0,097	0,045	0,07	0,012	0,002	0,011	0,012	0,000	0,012
F6	3x120+95	0,273	0,392	0,092	0,03	0,078	0,012	0,002	0,011	0,012	0,000	0,012
F7	3x35+70	0,938	0,533	0,103	0,045	0,072	0,012	0,002	0,011	0,012	0,000	0,012
F8	4x120	0,273	0,273	0,082	0,082	0,082	0,012	0,002	0,011	0,012	0,000	0,012
F9	4x120	0,273	0,273	0,082	0,082	0,082	0,012	0,002	0,011	0,012	0,000	0,012
F10	3x70+95	0,479	0,392	0,097	0,045	0,07	0,012	0,002	0,011	0,012	0,000	0,012
F11	3x70+95	0,479	0,392	0,097	0,045	0,07	0,012	0,002	0,011	0,012	0,000	0,012
Muuntajantiedot												
Teho	lk	Zk	p0	pk	z0	l0						
800kVA	19700	5,5	1200	8500	5,7	0,5						

LIITE 10. MAADOITUSKAAVIO



Kaikki F7 ryhmään kuuluvat maadoituselektrodit liittyy valaistusverkkoon.

ID	Client	Revizor	Area	Site	Reg. no.	Authority notes
KUOPIO-JUKOLA 2014 Maadoituskaavio						
Normaalipaketti						
Scale:						
Date	10.12.2013	Job no.	Customer no.			
Drawn	MJK	Check	SAH			
Checked	MJK	Design	Drawing no.			
Revised			Revision			