

Sähkönjakeluverkon suunnittelussa huomioitavia periaatteita

Jukka Leino

Opinnäytetyö

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Jukka Leino	
Työn nimi Sähkönjakeluverkon suunnittelussa huomioitavia periaatteita	
Päiväys 5.5.2013	Sivumäärä/Liitteet 61/9
Ohjaaja(t) opettaja Urpo Pietikäinen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) LE- Sähköverkko Oy, HL- Elec Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää sähkönjakeluverkon suunnittelun ja työkarttojen laadinnan olennaiset periaatteet, jotka suunnittelijan tulee ottaa huomioon. Tarkoituksena oli tuottaa dokumentaatio, josta selviää LE-Sähköverkko Oy:n suunnittelulle asettamat periaatteet sekä sähköturvallisuusstandardin jakeluverkkoja koskevat vaatimukset. Lisäksi tarkoituksena oli kehittää jakeluverkkosuunnitelman verkkokarttoja.</p> <p>Työssä perehdyttiin verkkoyhtiön nykyisiin suunnitteluohjeisiin, Energiateollisuuden julkaisemiin verkostosuosituksiin sekä sähköturvallisuusstandardiin. Työssä selvitettiin erityisesti maakaapelointia koskeva vaatimuksia ja periaatteita, koska verkkoyhtiön strategisiin linjauksiin kuuluu verkon kaapelointiasteen nostaminen.</p> <p>Työn lopputulos on jakeluverkon suunnittelun olennaiset periaatteet sisältävä dokumentaatio. Lisäksi laadittiin Nastolan Varjolan teollisuusalueen jakeluverkon saneeraus suunnitelma CADS Planner- ohjelmistolla. Suunnitelman valmistumisen jälkeen suunnitelma vietiin Power Grid - verkkotietojärjestelmään. Dokumentaatiota ja mallisuunnitelmaa voidaan käyttää lähdemateriaalina laadittaessa yksityiskohtaisempia suunnitteluohjeita.</p> <p>Suunnitelman laatimisessa tehtiin tiivistä yhteistyötä muun muassa pitämällä palavereja työn tilaajan kanssa, jotta suunnitelmasta saatiin verkkoyhtiön vaatimusten ja standardien mukainen. Lisäksi mallisuunnitelman verkkokartat laadittiin siten, että urakoitsija voi toteuttaa suunnitelman itsenäisesti.</p>	
Avainsanat sähkönjakeluverkko, verkkokartta, maakaapelointi	
Julkinen	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Jukka Leino			
Title of Thesis Planning of Electricity Distribution Networks			
Date	5 May, 2013	Pages/Appendices	61/9
Supervisor(s) Mr. Urpo Pietikäinen, Lecturer			
Client Organisation/Partners LE- Sähköverkko Oy, HL- Elec Oy			
<p>Abstract</p> <p>This final year project was commissioned by LE-Sähköverkko Oy and HL-Elec Oy. The objective of the project was to clarify the regulations and different principles which planners are required to consider when planning electric distribution networks. The aim was also to produce a document which takes into account standards as well as the regulations and matters set by LE- Sähköverkko Oy. In addition, the objective was to improve distribution maps.</p> <p>This thesis discusses current planning guides of LE-Sähköverkko Oy, electrical safety standard and recommendations concerning distribution networks. Special attention was paid to the planning of underground cable networks.</p> <p>The result of this project is a documentation which includes the essential principles. In addition, a model renewal plan was planned by using CADS Planner-software. The model plan was exported to Power Grid network information system after completion. The documentation and model plan can be used as source material for more detailed planning instructions. The model plan was carried out in close collaboration with the network operator in order to ensure that the requirements are met.</p>			
Keywords electricity distribution network, network map, underground cable			
public			

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty LE- Sähköverkko Oy:lle. Yhteistyökumppanina työssä toimi HL- Elec Oy. Työn tarkoituksena oli selvittää sähköjakeluverkon suunnittelu-prosessissa huomioitavia asioita suunnittelijan kannalta.

Haluan kiittää LE- Sähköverkko Oy:n suunnittelupäällikkö Kari Salosta sekä suunnitteluvalvojaa Leo Hyrkkästä tiiviistä yhteistyöstä ja saamastani ohjauksesta työn aikana. Lisäksi haluan kiittää HL- Elec Oy:n suunnittelijaa Hannu Lehtistä mielenkiintoisesta työn aiheesta. Kiitokset kuuluvat myös ohjaaja Urpo Pietikäiselle, jolta sain taustatukea työn aikana.

Työn aihe oli erittäin mielenkiintoinen ja haastavuuden vuoksi erittäin antoisa. Työn tekemisen ansiosta sain erittäin monipuolisen kokonaiskuvan suunnittelutyöstä sekä valmiudet suunnitelmien laatimiseen.

Lahdessa 2.5.2013

Jukka Leino

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	8
2	HL-ELEC OY	9
3	LE- SÄHKÖVERKKO OY	10
4	JAKELUVERKON SUUNNITTELUPROSESSI	12
4.1	Yleissuunnittelu.....	12
4.2	Ennakkosuunnittelu ja työohjelmien ylläpito	13
4.3	Kohdesuunnittelu	13
4.4	Rakennustavan valinta.....	14
4.5	Suunnittelua ohjaavat periaatteet	14
5	MUIDEN TOIMIJOIDEN HUOMIOIMINEN SUUNNITTELUSSA	16
5.1	Liikennevirasto.....	16
5.2	Ratahallintokeskus	18
5.3	Gasum	19
6	LUPAMENETTELY	20
6.1	Puistomuuntamon sijoituslupa.....	20
6.2	Johtojen sijoituslupa.....	21
7	TYÖKARTAT JA TYÖPIIRUSTUKSET	22
7.1	Työkartassa esitettävät asiat.....	22
7.2	LE-Sähköverkko Oy:n verkkokarttoja koskevat vaatimukset	23
7.2.1	Uusi verkko.....	23
7.2.2	Purettava verkko	24
7.2.3	Putket ja muiden toimijoiden johdot.....	24
8	SÄHKÖTURVALLISUUSSTANDARDIN VAATIMUKSET DOKUMENTOINNISTA	26
9	VERKOSTOSUOSITUSTEN MUKAISET VERKKOKARTAT	27
10	SUUNNITELMAN LÄHTÖTIETOJEN SELVITTÄMINEN	28
11	PUISTOMUUNTAMOIDEN SIJOITTAMINEN	31
11.1	Sijoittamisen pääperiaatteet	31
11.2	Sijoittaminen paloturvallisuuden kannalta	33
11.3	Asemapiirustus.....	34
12	MAAKAAPELOINTI	35
12.1	Maakaapeleiden sijoittaminen ja mekaaninen suojaus.....	35
12.2	Teiden alitukset	36
12.3	Keskijännitekaapelointi	37
12.4	Käyttökaaviomuutos	40

12.5	Puistomuuntamon muuntajan suojaus	40
12.6	Muuntamon pääkaavio	42
13	PIENJÄNNITEKAAPELOINTI	43
13.1	Verkkotopologia.....	43
13.1.1	Varasyöttöyhteydet	45
13.1.2	Nykyisen pienjänniteverkon hyödyntäminen	46
13.2	Muuntamon pienjännitekeskuksen ja jakokaapin pääkaavio	47
13.3	Liittymisjohdon saneeraus	48
13.4	Ylivirtasuojaus	50
13.4.1	Ylikuormitussuojaus.....	50
13.4.2	Oikosulkusuojaus	51
14	JAKELUVERKON MAADOITTAMINEN	54
14.1	Maadoittamisen periaatteet.....	54
14.2	Maadoitusten suunnittelu.....	56
15	Yhteenveto.....	59
	LÄHTEET	60

LIITTEET

Liite 1 Asemapiirustus

Liite 2 Pääkaavio

Liite 3 Käyttökaaviomuutos

Liite 4 Keskijänniteverkkokartta

Liite 5 Johtolaadut

Liite 5 Pienjänniteverkkokartta

Liite 6 Maadoituskaavio

1 JOHDANTO

Sähköenergian siirtäminen on liiketoimintaympäristönä erittäin säädeltyä liiketoimintaa, jota Energiamarkkinavirasto valvoo. Jatkuvasti kiristyvät säädöspohjaiset vaatimukset ohjaavat verkon rakentamista voimakkaasti maakaapeliverkon suuntaan. Verkon rakentaminen maakaapelilla vaatii omat vaatimuksensa jakeluverkkosuunnitelmien dokumentoinnille verrattuna ilmajohtoverkkoihin. Lisäksi myös muiden toimijoiden verkkojen kaivaminen maahan on lisääntynyt, mikä lisää jakeluverkkosuunnitelmilta vaadittavaa tarkkuutta.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, jotka suunnittelijan tulee ottaa huomioon jakeluverkon suunnittelussa. Aihe rajataan koskemaan ilmajohtoverkon saneeraamista maakaapelilla, joka kuuluu LE- Sähköverkko Oy:n keskeisiin strategisiin linjauksiin. Työn ulkopuolelle jätetään taloudellinen ja sähköinen mitoittaminen, koska suunnittelijan tulee tuntea yleiset periaatteet ja toimintamallit ennen kuin voi ryhtyä tekemään teknis-taloudellista mitoittamista. Lisäksi työssä halutaan kehittää verkkokartoissa esitettäviä asioita siten, että ne täyttävät LE- Sähköverkko Oy:n sekä sähköturvallisuusstandardin asettamat vaatimukset.

2 HL-ELEC OY

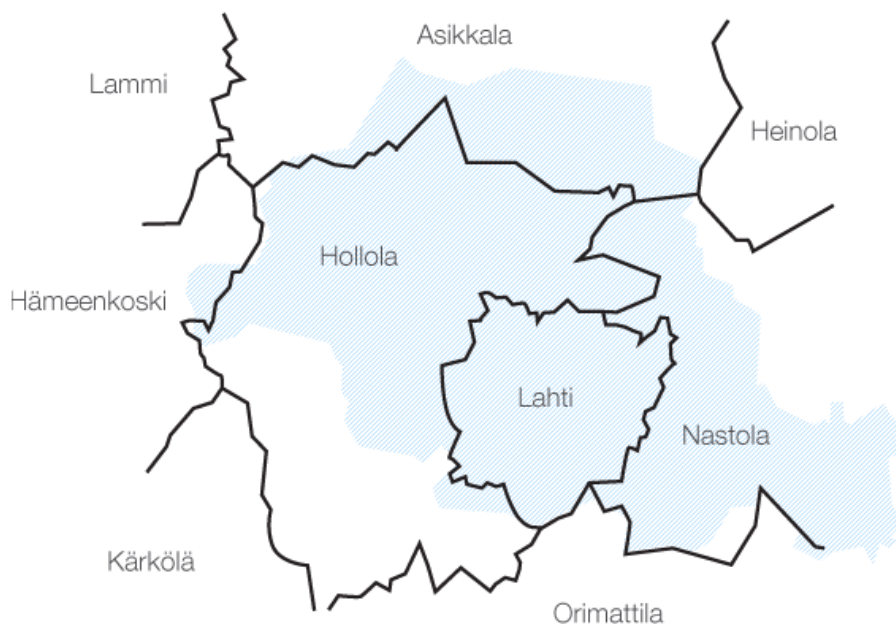
HL- Elec Oy on vuonna 2005 Lahdessa perustettu sähköinsinööritoimisto. Yritys on erikoistunut sähkölaitosten jakeluverkkojen sekä kuntien ja kaupunkien katuvalaistusverkkojen suunnitteluun. Yritys tuottaa myös sähkösuunnittelua julkiselle rakentamiselle että yksityisille rakentajille. Lisäksi yritys tekee sähkötöiden valvontaa sekä konsultointia tiehallinnolle, kaupungeille ja kunnille sekä verkonrakennusyrietyksille. Yritys on ollut myös kehittämässä yhteistyössä Kyndata Oy:n kanssa CADS Planner Electricin jakeluverkonsuunnittelusovellusta. (HL –Elec Oy, 2013.)

3 LE- SÄHKÖVERKKO OY

Lahti Energia Oy:n toimenkuva on sähköenergian siirto - ja jakelu sekä sähkön- ja kaukolämmön myynti. Yhtiö tuottaa sähköä ja kaukolämpöä omilla voimalaitoksilla Lahdessa ja Heinolassa. Lisäksi sähköä myydään osakkuusyhtiöiden EPV Energian ja Suomen Hyötytuulen kautta. (Lahti Energia 2012d.)

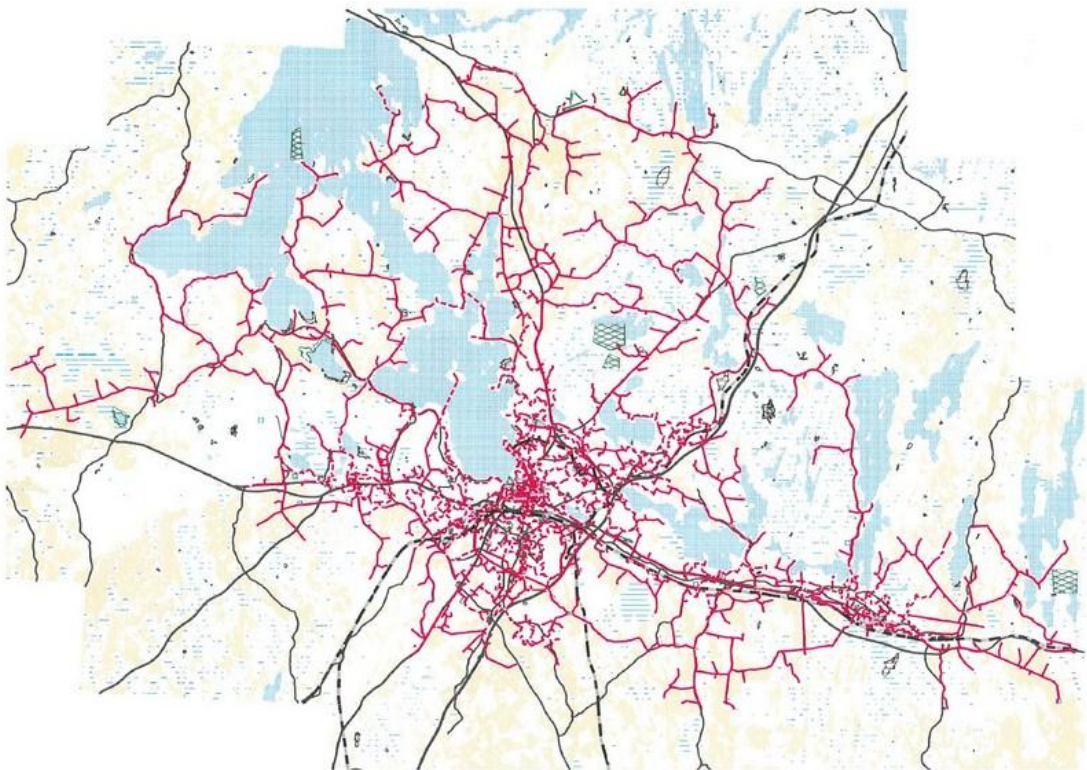
Lahden kaupunki yhtiöitti Lahden Energialaitoksen vuonna 1990, jolloin syntyi osakeyhtiö Lahti Energia Oy. Lahden kaupungin omistama Lahti Energia Oy ja sen tytär- ja osakkuusyhtiöt muodostavat Lahti Energia -konsernin. Vuonna 2007 Lahti Energia Oy eriytti verkkoliiketoimintansa omaksi tytäryhtiöksi, jolloin syntyi LE- Sähköverkko Oy. Osakkuusyhtiöihin kuuluvat C- Ella Oy sekä Lahden Seudun Puhelin Oy. (Lahti Energia 2012a; Lahti Energia 2012b.)

LE- Sähköverkko Oy hoitaa sähköenergian jakelun Lahden, Hollolan ja Nastolan alueella sekä osaksi Iitin, Hämeenkosken ja Asikkalan kunnissa (kuvio 1). Keskeisiin tehtäviin kuuluu myös sähkön myynnin ja kaukolämmön mittaustietojen hankinta, siirto- ja jakeluverkon suunnittelu, rakennuttaminen, dokumentointi sekä maanalaisen putkijohtojen kartoitus. Lisäksi toimenkuvaan kuuluu Lahden kaupungin ulkovaistutusverkon suunnittelu, rakennuttaminen ja kunnossapidon valvonta. (Lahti Energia 2012c; Lahti Energia 2012d.)



KUVIO 1. LE- Sähköverkko Oy:n jakelualue (Lahti Energia 2012c.)

Sähköverkko koostuu 110 kV:n siirtoverkosta, sähköasemista sekä jakeluverkosta. Siirtoverkkoa on yhteensä 96 km, josta maakaapeliverkkoa on 10 km. Keskijänniteverkkoa syöttäviä 110/10 - 20 kV:n sähköasemia on 10 kpl, joiden muuntajateho on yhteensä 461 MVA. Jakeluverkosta keskijänniteverkkoa (kuvio 2) on 1 089 km ja pienjänniteverkkoa 3 312 km. Keskijänniteverkon kokonaiskaapelointiaste on 42 % ja pienjänniteverkon 72 %. Jakelumuuntajia on yhteensä 1 459 kpl, joiden muuntajateho on 695 MVA. Siirretyn energian määrä vuonna 2012 oli 1 215 GWh ja huipputeho 243,8 MW. Jakeluverkkoon liitettyjä asiakkaita kyseisenä vuotena oli 81 722 kpl ja sähköliittymiä 27 278 kpl. (Lahti Energia 2012d.)



KUVIO 2. LE- Sähköverkko Oy:n keskijänniteverkko (Hyrkkänen 2013.)

4 JAKELUVERKON SUUNNITTELUPROSESSI

Suunnitteluprosessi koostuu monista osa-alueista. Suunnittelu käsittää yleis-, ennakko- ja kohdesuunnittelua sekä käytettävien rakenteiden ja tilastojen ylläpitoa. Suunnitteluun kuuluu myös työohjelmien laatiminen, joiden avulla verkoston uudisrakennus- ja muutostöissä tarvittavat suunnitelmat saadaan ajoissa valmiiksi. Lisäksi suunnittelu ottaa huomioon verkkoyhtiön verkolle asettamat painopistealueet sekä verkostostrategian. Toiminnan jatkuvalla päivittämisellä varmistetaan, että verkko täyttää sähköturvallisuusstandardit, ottaa huomioon ympäristöarvot sekä pysyy käytettävyydeltään riittävänä. (Salonen 2012a, 1.)

4.1 Yleissuunnittelu

Yleissuunnittelulla tarkoitetaan jakeluverkon tilan tutkimista ja tarkoituksena on sähköteknisen ja taloudellisen tilan sekä toimintakyvyn kehittäminen. Yleissuunnittelulla määritetään pidemmän ajanjakson suuntaviivoja verkon optimoimiseksi ja verkostostrategian päivitys tehdään yleissuunnittelun koordinoimana. (Salonen 2012a, 1.)

Yleissuunnittelu perustuu asemakaavaan sekä maakuntakaavaan. Yleissuunnittelu seuraa alan kehitystä muun muassa Energiateollisuus ry:n kautta. Ympäristömääräykset ja ympäristön suojeleminen on myös otettava huomioon selvityksiä tehtäessä. (Salonen 2012a, 1.)

Yleissuunnittelu tutkii verkon perusparantamistarpeita ja luo aikataulut tarvittaville toimenpiteille. Toimenpiteiden suunnittelussa käytetään hyväksi erillisten kuntotarkastusten, vikatilastojen ja kuormituslaskelmien tuloksia sekä verkostokomponenttien ikäjakaumaa. Lisäksi yleissuunnittelussa suoritetaan tarpeellisia seuranta- ja suunnittelulaskentoja. (Salonen 2012a, 1.)

4.2 Ennakkosuunnittelu ja työohjelmien ylläpito

Yleissuunnittelija seuraa Lahden kaupungin ja jakelualueen muiden kuntien kaavoitustoimintaa, antaa lausuntoja sekä tekee muuntamopaikoista ja tarpeellisista reiteistä varaukset kaavalausuntojen yhteydessä. Lisäksi yleissuunnittelija seuraa jakelualueella muuta infrastruktuuria rakentavien tahojen vuosityöohjelmia tarkoituksena pyrkiä yhteisrakentamiseen. (Salonen 2012a, 1.)

Seuraavan vuoden työohjelma hahmotellaan hyväksytyin budjetin suuruiseksi erikseen siirto- ja jakeluverkolle. Työohjelman laadinnassa kuullaan käyttöhenkilökuntaa ja työohjelma vahvistetaan johtoryhmässä. Hyväksytty työohjelma lähetetään Lahden kaupungin Tekninen ja Ympäristötoimialalle, Hollolan, Nastolan ja Asikkalan kunnille sekä DNA Oy:lle. Työohjelmaa päivitetään tarvittaessa yleissuunnittelukokouksissa. (Salonen 2012a, 2.)

Ulkovalaistusverkon seuraavan vuoden työohjelma hahmotellaan Lahden kaupungin määrittelemän budjetin suuruiseksi. Kohteet pyritään ensisijaisesti tekemään yhteishankkeina verkonrakennuksen kanssa. Työohjelman vahvistaa Lahden kaupungin edustaja. (Salonen 2012a, 2.)

4.3 Kohdesuunnittelu

Kohdesuunnitteluun vaadittavista dokumenteista sekä asioista on lista, jota suunnittelupäällikkö päivittää. Yksinkertaisimpien kohteiden suunnittelu tehdään suoraan Power Grid -verkkotietojärjestelmällä. Laajemmat kohteet suunnitellaan CADS -ohjelmistolla, koska laajempien suunnitelmien esittäminen vaatii tarkempia verkkokarttoja sekä monipuolisempaa dokumenttien hallintaa. (Salonen 2012a, 2.)

Suunnittelun ja rakennuttamisen kuukausikokouksissa keskustellaan suunnittelujärjestyksestä, nimetään kohteiden suunnittelijat sekä todetaan ulkopuolisen suunnittelun tarve. Kokousten välillä kiireellisten kohteiden suunnittelusta sovitaan tapauksittain. (Salonen 2012a, 2.)

4.4 Rakennustavan valinta

Jakeluverkko on usein kustannussyistä toteutettu ilmajohtoverkkona. Sähkönlaatuvaatimusten sekä Energiamarkkinaviraston vaatimusten kiristyminen ohjaavat verkon rakennustapaa voimakkaasti maakaapeliverkon suuntaan. Kuitenkin tapausittain ratkaistaan, tehdäänkö verkko ilmajohto- vai maakaapeliverkkona. Verkostostrategian mukaisesti kaupunki- ja taajama-alueella verkko toteutetaan maakaapeliverkkona. Lisäksi rakennustavan valintaan vaikuttavat muiden toimijoiden rakenneratkaisut. (Salonen 2012a, 2 - 3.)

Uudet kaavoitetut omakotialueet toteutetaan kaapeliverkkona, mutta uusien teollisuusalueiden ensimmäinen verkko on tarkoituksenmukaisempaa toteuttaa ilmajohtoverkkona, koska alueille sijoittuvien yritysten tehontarve ei ole vielä selvillä. Teollisuusalueiden verkkoa saneerattaessa uusi verkko toteutetaan maakaapeliverkkona. (Salonen 2012a, 2 - 3.)

4.5 Suunnittelua ohjaavat periaatteet

Verkkojen kehittämissuunnitteluun liittyvä keskeinen tehtävä on määrittellä ne periaatteet ja lähtötiedot, joita käyttämällä niin pitkän aikavälin kuin muu verkkoihin liittyvä suunnittelu toteutetaan. Keskeisiä suunnitteluun liittyviä ja lopputulokseen olennaisesti vaikuttavia periaatteita ja parametreja ovat:

- jakelujärjestelmässä käytettävät jännitetasot
- rakenteet ja komponentit
- suunnittelun reunaehdot: jännitteenalenema, vikavirtakestoisuudet
- talouslaskennan perusparametrit: häviöiden hinnat, korko ja pitoajat
- keskeytyskustannuslaskennan parametrit
- mitoitusehtojen perusteet: normaali tilanne, häiriötilanteet
- verkon käytettävyyksivaatimukset: mitoitusviat
- suunnittelujakson pituus
- kuormitusennusteet.

(Lakervi & Partanen, 2009, 68.)

Verkonsuunnitteluun läheisesti liittyviä teknisiä rajoitteita ovat johdinten terminen kestoisuus ja oikosulkukestoisuus, sallittavat jännitteenalenemat, käyttövarmuusvaatimukset, vikavirtasuojauksen toimivuus sekä sähköturvallisuussäännösten täyttyminen. Näiden rajoittimien numeroarvoilla on suuri vaikutus verkkojen kehittämistarpeisiin. (Lakervi & Partanen 2009, 74.)

Turvallisuuteen liittyvät reunaehdot ovat tiukkoja suunnittelua ohjaavia tekijöitä. Verkoston on täytettävä sähkönjakelun turvallisuutta koskevat viranomaisten antamat määräykset. Erityisen tärkeitä ovat kosketusjännitesukseen liittyvät ja oikosulkukestoisuutta koskevat määräykset sekä maasulkusuojausvaatimukset. (Lakervi & Partanen 2009, 74.)

Sähköturvallisuuteen liittyvissä määräyksissä on ohjeet johtojen suurimmista sallituista kuormituksista erityyppisissä asennusolosuhteissa. Kaapeleilla termisiä kuormitettavuusrajoja on syytä noudattaa tarkasti. Liiallinen lämpenemä voi aiheuttaa sisäasennuksissa palovaaran ja ennen kaikkea kaapelin elinikä lyhenee huomattavasti, mikäli lämpötila nousee liian korkeaksi. (Lakervi & Partanen, 2009, 77.)

Jakeluverkkojen toimintaympäristö vaihtelee huomattavasti maan eri osissa. Kasvavissa taajamissa verkon kuormitukset kasvavat voimakkaasti. Johtojen tehojen kasvu voi olla 3–5 % vuodessa, jolloin kymmenessä vuodessa kuormitukset lisääntyvät 35–60 %. Tästä johtuen verkkojen sähköteknistä siirtokapasiteettia on jatkuvasti lisättävä uusinvestointien avulla. Suomen jakeluverkosta kuitenkin huomattavan suuri osa sijaitsee alueilla, joissa johtojen ja muuntajien kuormitusten kasvu on erittäin pientä tai jopa negatiivista. Tällaisissa olosuhteissa keskeisiä asioita verkoston kehittämiseksi ovat verkoston käyttövarmuuden ylläpitäminen ja parantaminen sekä verkkokomponenttien ikääntymisen takia toteutettavat korvausinvestoinnit. (Lakervi & Partanen 2009, 13.)

5 MUIDEN TOIMIJOIDEN HUOMIOIMINEN SUUNNITTELUSSA

5.1 Liikennevirasto

Johtoreitin suunnittelun alkaessa verkonhaltija ottaa yhteyttä tienpitoviranomaiseen. Yhteistyöhön on kiinnitettävä erityistä huomiota, kun kyseessä on tiealueelle tai tiealueen ulkopuolelle tien välittömään läheisyyteen sijoitettava sähköjohto, koska se voi haitata tiepitoa tai liikenneturvallisuutta. Tällöin tulee selvittää tienpitoon liittyvät suunnitelmat, sekä niistä aiheutuvat riskit johdon sijoitukselle. Yhteydenpito tapahtuu pääsääntöisesti ELY- keskuksiin, jotka toimivat tienpitoviranomaisina alueellaan. (Liikennevirasto 2011, 37.)

Verkonhaltijan ja tienpitoviranomaisen tulee yhteistyössä selvittää johtoreitti, joka on molempien osapuolten kannalta mahdollisimman tarkoituksenmukainen ja turvallinen. Verkonhaltija saa tienpitoviranomaiselta tiedot tien rakenteista ja laitteista sekä hyväksytyistä tai vireillä olevista tiesuunnitelmista aikatauluineen. (Liikennevirasto 2011, 37.)

Suunnittelun alussa verkonhaltijan pitää kuulla teleyrityksiä, joilla on johtoja tai kaapeleita suunnittelun kohteena olevalla tiealueella. Verkkoyhtiö selvittää sijoitusedellytyksiä muun muassa tienpitoviranomaisen arkistojen, paikkatietopalvelun, kuntien sekä muiden kaapelinomistajien avulla. Selvitettäviä asioita ovat esimerkiksi tien nykyiset rakenteet, laitteet, johdot, kaapelit sekä tietä koskevat suunnitelmat. (Liikennevirasto 2011, 37.)

Kaapelin sijoituslupaa koskevan hakemuksen laatii verkkoyhtiö tai verkkoyhtiön valtuuttama edustaja. Verkkoyhtiön tietojen lisäksi hakemuksesta tulee selvittää suunnittelijan, työn toteuttavan urakoitsijan sekä liikennejärjestelyistä vastaavan henkilön yhteystiedot. Hakemukseen merkitään kaapelityyppi, jolle sijoituslupaa haetaan. Mikäli sijoituslupaa haetaan useammalle kuin yhdelle kaapelityypille, on liitekarttoihin merkittävä selkeästi, mihin kukin kaapeli sijoitetaan. (Liikennevirasto 2011, 38.)

Työkohteen sijaintitietoihin merkitään kunta, jossa kohde sijaitsee sekä tiennumero. Lisäksi kuvaillaan kohteen muu sijainti, kuten tieväli ja tieosa. Hakemuksesta tulee selvittää selkeästi kaapelin sijainti suhteessa tiealueeseen sekä sen rajaan. Hakemuksessa esitetään lisäksi puistomuuntamot, niiden sijainti ja tarvittavat kulkuyhteydet sekä liittymäluvan tarve. (Liikennevirasto, 2011, 38.)

Sijoitusluvan hakemuslomake on saatavissa ELY- keskuksen ja Liikenneviraston internet- sivuilta. Esikatselmuksen jälkeen verkkoyhtiö tai sen edustajan suunnittelija laatii varsinaisen sijoitussuunnitelman. Sijoitussuunnitelma toimitetaan hakemuksen liitteenä tienpitoviranomaiselle ELY- keskukseseen ja sopimus laaditaan näiden asiakirjojen perusteella. Hakemuksen mukana toimitettu liikenteenohjaussuunnitelma hyväksytään ja tarvittaessa tehdään työkohdetta koskeva tilapäinen nopeusrajoituspäätös. (Liikennevirasto 2011, 38.)

Tien pituussuuntaiset maakaapelit pyritään sijoittamaan ensisijaisesti tiealueen ulkopuolelle, mikäli maasto-olosuhteet sen sallivat. Tienpidon kannalta sopiva sijoituspaikka voi olla myös tiealueen rajalla tiealueen puolella tai tien leikkausluiskan yläosassa. Kaapelin omistajan kannalta kaapelin sijoittaminen tiealueelle helpottaa sijoitussopimuksen tekoa, koska sopimuskumppanina on vain yksi maanomistaja. Tiealueelle sijoittamisella voidaan myös välttyä puuston kaatamiselta tai puun juurien vaurioittamiselta. (Liikennevirasto 2011, 26.)

Kallioleikkauksen kohdalla maakaapeli sijoitetaan ensisijaisesti kallioleikkauksen päälle tiealueen rajalle. Kohtuuttomien kustannusten välttämiseksi maakaapeli voidaan sijoittaa myös kallioleikkaukseen. Mikäli maakaapelia ei voida sijoittaa riittävän syväälle, se on suojattava asianmukaisesti. (Liikennevirasto 2011, 26.)

Pituussuuntainen maakaapeli voidaan sijoittaa maantien sisäluiskaan vain poikkeustapauksessa kohteeseen, jossa kaapelille ei ole muita mahdollisia sijoituspaikkoja. Tällöin maakaapeli on suojattava konekaivun kestäväällä suojauksella. (Liikennevirasto 2011, 26.)

5.2 Ratahallintokeskus

Lähtökohtana on, että rautatiealue on tarkoitettu rautatietoimintoja varten, jolloin johdot, kaapelit yms. tulee ensisijaisesti sijoittaa rautatiealueen ulkopuolelle. Mikäli se ei ole mahdollista, johto on sijoitettava siten, ettei siitä eikä sen rakentamisesta, merkitsemisestä ja kunnossapidosta aiheudu haittaa sähkö- tai liikenneturvallisuudelle. Lisäksi on huomioitava rautatiealueen nykyisen ja tulevan käytön, radan kunnossapidon ja rautatiealueella olevien johtojen ja laitteiden asettamat vaatimukset. Myös ympäristöllisiin näkökohtiin on kiinnitettävä huomiota. Erityisesti on huomattava, että rautatien sähköistys saattaa vaikuttaa ratkaisevasti johdon sijaintipaikan valintaan ja asennustapaan. (Ratahallintokeskus 2004, 3 - 4.)

Pylväslinjan, ilmajohtojen, maakaapeleiden ja muiden laitteiden rakentamista varten laaditaan sijoitussuunnitelma. Niihin merkitään myös kaapelin suojaustapa mekaanisia ja sähköisiä vaikutuksia vastaan. Sijoitussuunnitelmaa tehtäessä on huomioitava myös rataosan tulevat rakennussuunnitelmat. Tarvittaessa suoritetaan katselmus, johon ottavat osaa ne osapuolet, joita suunnitelma koskee. (Ratahallintokeskus 2004, 4.)

Johdon sijoituspaikan selvittämisen jälkeen laaditaan suunnitelma johdon rakentamisesta. Suunnitelma lähetetään kirjallisesti asianomaiselle RHK:n valtuuttamalle luvan käsittelijälle risteämäluvan laadintaa varten. Hakemuksesta sekä suunnitelmasta tulee toimittaa kolme sarjaa taso- ja leikkauspiirustuksia mapitettuina. (Ratahallintokeskus 2004, 4.)

Jos suunnitelma toteuttamiselle ei ole estettä, RHK:n valtuuttama luvan käsittelijä myöntää risteämän omistajalle risteämäluvan, joka voidaan toimittaa myös hakijalle. Lupa tulee ehtoineen voimaan ja hakijaa sitovaksi, kun omistaja on suorittanut lupamaksut. Lupa voidaan lisäksi liittää erityisehtoja, jotka liittyvät risteämään, junaturvallisuuteen, tiedossa oleviin suunnitelmiin, ajoneuvojen tai työkoneiden liikkumiseen rautatiealueella. (Ratahallintokeskus 2004, 6.)

5.3 Gasum

Maakaasulinjoilla ei saa harjoittaa toimintaa, joka saattaisi vahingoittaa maakaasuputkistoja. Maankaivu-, louhinta- ja räjäytystyöt maakaasuputkiston välittömässä läheisyydessä ovat kiellettyjä ilman putkiston käyttäjän antamaa lupaa. Maakaasulinjalla työskentelevä on velvollinen ottamaan selville muut alueella olevat rakenteet. Lisäksi on otettava huomioon sähkölain määräykset. (Gasum 2012a.)

Maakaasun siirtoputken pysyvä käyttöoikeusalue on 5–10 m ja asemakaava- alueella 2 m leveä alue. Maankaivutyöt vaativat johdon omistajan luvan 5 m lähempänä putkistoa ja räjäytystyöt alle 30 m etäisyydellä putkistosta.

(Tiehallinto 2009, 10.)

Pinnoittamattomien rakenteiden läheisyys voi aiheuttaa maakaasuputkille ylijännitevaaran tai rajoittaa putken korroosiosuojajärjestelmän toimintaa. Lisäksi katodisen suojauksen suojavirta voi nopeuttaa ko. rakenteiden korroosiota. Täten maakaasuputken kanssa yhdensuuntainen maadoituselektrodi on asennettava muoviputkeen tai vaihdettava eristetyksi kaapeliksi (KeVi) 20 m etäisyydellä maakaasuputkesta. Maakaasuputken kanssa risteävä maadoituselektrodi on myös asennettava muoviputkeen tai vaihdettava eristetyksi kaapeliksi 20 m etäisyydellä risteämästä. (Tiehallinto 2009, 18.)

Vähimmäisetäisyys yhdensuuntaisasennuksissa on 1 m ja risteilyssä 0,5 m, kun putkiston suurin sallittu käyttöpaine on yli 8 bar. Suurimman sallitun käyttöpaineen ollessa enintään 8 bar, vähimmäisetäisyys yhdensuuntaisasennuksissa on 0,2 m ja risteilyssä 0,1 m. Yksittäistapauksissa edellä mainituista etäisyyksistä voidaan poiketa, mikäli vastaava suojaustaso saavutetaan muulla tavoin. (Valtioneuvoston asetus maakaasun käsittelyn turvallisuudesta 2009/551, Liite 2.)

Lausuntopyynnöllä ilmoitetaan hankkeesta, joka muuttaa maakaasuputken rakentamisen aikaisia olosuhteita. Lausunnossa määritellään ne ehdot, joita noudattamalla hanke voidaan toteuttaa turvallisesti. Kustannustehokkainta on ottaa Gasumiin yhteyttä jo hankkeen suunnitteluvaiheessa, jolloin esimerkiksi työskentelymenetelmät ja materiaalit valikoituvat vaivattomasti. Lausuntopyyntö esitetään kirjallisena. (Gasum, 2012b.)

6 LUPAMENETTELY

6.1 Puistomuuntamon sijoituslupa

Nykyaikaiset peltiset tai betoniset puistomuuntamot ovat ulkomitoiltaan luokkaa 3 m x 4 m x 2,2 m, jolloin ne voidaan tulkita maankäyttö- ja rakennuslain (MRL) perusteella pienehköksi laitokseksi. Tällöin puistomuuntamolle ei tarvitse hakea MRL:n vaatimaa rakennuslupaa. Kuitenkin puistomuuntamon rakentamiseen on haettava maankäyttö- ja rakennusasetuksen (MRA) vaatima toimenpidelupa. Lupaa ei vaadita, mikäli puistomuuntamo rakennetaan ET- tontille tai ellei kunnan rakennusjärjestyksessä ole puistomuuntamoiden rakentaminen vapautettu luvan hakemisesta. (Sähköenergialiitto ry 2002, 16.)

Lahden kaupungin rakennuslupa-asiat käsitellään Lahden kaupungin rakennusvalvonnassa. Puistomuuntamo ei vaadi rakennuslupaa mutta rakennuksen malli ja pinoite on sovittava kaavoitusarkkitehdin kanssa ja lisäksi tulee laatia toimenpideilmoitus. Puistoalueella paikasta tulee sopia puistopuutarhurin kanssa. (Salonen 2012b, 1.)

Yksityisen omistamalle maa-alueelle sijoitettavasta puistomuuntamosta tehdään muuntamoaluesopimus. Muuntamon malli ja väri sovitaan kaavoitusarkkitehdin kanssa ja järjestetään naapurin kuuleminen. Lisäksi rakennustyössä pitää olla vastaava mestari, joksi haetaan projektin rakennuttajaa. (Salonen 2012b, 1.)

Nastolan kunnan rakennusvalvonnan asiat käsitellään Lahden kaupungin rakennusvalvonnassa. Puistomuuntamo ei siten vaadi rakennuslupaa, mutta toimenpideilmoitus tulee laatia. Puistomuuntamon sijoituksesta sovitaan maankäyttöinsinöörin kanssa sekä väristä ja pintamateriaalista kaavoitusarkkitehdin kanssa. Yksityisen omistamalle maa-alueelle sijoitettavan puistomuuntamon lupamenettely tehdään samalla tavalla kuin Lahdessa. (Salonen 2012b, 1.)

Hollolan kunnan rakennuslupa-asiat käsitellään Hollolan kunnan rakennusvalvonnassa. Kunta ei vaadi puistomuuntamolle rakennuslupaa mutta toimenpideilmoitus on laadittava. Muuntamon mallista ja väristä sovitaan rakennuslupa-arkkitehdin kanssa ja sijoituksesta maankäyttöpäällikön kanssa. (Salonen 2012b, 2.)

6.2 Johtojen sijoituslupa

Perinteisesti yksityisten omistamille maa-alueille sijoitettavista keskijänniteverkoista on tehty kirjalliset sopimukset, mutta pienjänniteverkon ilmajohto- ja maakaapeliasennuksista on tehty suulliset sopimukset. Maakaapeloinnin yleistyessä on kasvanut tarve tehdä kirjalliset sopimukset kaikista yksityisten maille sijoitettavista kaapeleista sekä ilmajohdoista. Kuitenkin pienjänniteilmajohdot voidaan sijoittaa suullisin sopimuksin. Kuntien kaduille ja teille sijoitettavat johdot ja jakokaapit saavat sijoitusluvat verkkoyhtiön toimitettua suunnitelmakartan joko vuosittaisesta rakentamisesta tai yksittäisellä ilmoituksella. Johtoalueen käyttöoikeussopimus laaditaan Energiateollisuus ry:n laatimalle pohjalle. (Salonen 2012c, 1.)

Keskijännitekaapelit sijoitetaan kuntien kaduille ja teille pysyvin sopimuksin. Yksityisen omistamalle maa-alueille sijoitettavasta kaapelista tehdään sopimus samalle Energiateollisuus ry:n pohjalle. Lisäksi sopimukseen tulee laittaa maininta, että maanomistaja ei kasvata johtokadulla suuria puita ja että verkkoyhtiö voi pitää tarvittaessa aukon vapaana. (Salonen 2012c, 1.)

Johtoalueen käytöstä maksetaan maanomistajalle tai kunnalle kertakorvaus, joka merkitään sopimukseen. Korvaus määritellään Metsätalouden kehittämiskeskus Tapiion julkaisussa ”Summa- arvomenetelmä, aputaulukot korvaustaulukoissa esitetyn metsätalousmaan maapohjan arvon mukaan”. Yksittäisen johdon aiheuttama korvaus muodostuu peltopylväskorvauksista (€/pylväs ja €/harus) sekä metsäkorvauksista (maapohjan ja puuston arvo). Levennettävien johtokatuojen korvaus määräytyy lisäpinta-alan mukaan. (Salonen 2012c, 1.)

Lahden kaupunki sekä Hollolan, Nastolan ja Asikkalan kunnat saavat vuosittaisen korvauksen sähkönjakelukomponenttien sijoituksista. Yksityisille maksetaan kertakorvaus kj -ilmajohdon vaatimasta 10 m levyisestä alueesta ja maakaapelin osalta korvausta maksetaan metsässä tai peltoalueella 3 m alueesta. Pienjännitejohdoista korvausta maksetaan 1 m levyisestä alueesta. (Salonen 2012c, 1 - 2.)

7 TYÖKARTAT JA TYÖPIIRUSTUKSET

Työkohteen yleiskartta on tarpeellinen etenkin suuremmissa työkohteissa. Yleiskartta voi olla pienemmässä koossa oleva työkarttojen yhdistelmä, josta selviää työn kokonaisuus. Työn yksityiskohdat selviävät puolestaan työkartoista. Tavallisesti suunnittelija käsittelee hanketta kokonaisuudessaan yleiskartalla, josta tulostetaan työkartat siten, että ne limittyvät sopivasti. Työkarttojen sekä työpisteiden numeroinnilla toimenpiteet saadaan kohdistettua oikeisiin paikkoihin. (Energiateollisuus ry. 2005, 4.)

Työkartta eli verkkokartta on maantieteelliselle pohjakartalle piirretty kuvaus rakennettavasta tai muutettavasta sähköverkosta. Työkartassa kuvataan yksityiskohtaisesti rakennettava tai muutettava verkko käyttäen yhteisesti sovittuja piirrosmerkkejä ja rakenteiden ilmoitustapoja. Vakiorakenteita ja niiden tunnuksia käytetään mahdollisimman laajasti tai rakenteet ilmoitetaan muilla yhteisesti sovituilla tavoilla. Kartalla esitetään myös nykyinen verkko siten, että siitä voidaan selvästi erottaa rakennettava ja muutettava verkko. Yleensä työkartta laaditaan kustakin verkosta erikseen. (Energiateollisuus ry. 2005, 4.)

Yleisimmät työkartat ovat:

- kj-verkon työkartta
- pj-verkon työkartta
- johdon profiilikartta
- kaapeliojakartta
- maadoitusverkon ja –elektrodien työkartta
- viestiverkon työkartta
- uv-verkon työkartta
- purkutyökartta
- erilaiset yhdistelmät edellä mainituista.

(Energiateollisuus ry. 2005, 4.)

7.1 Työkartassa esitettävät asiat

Työkartassa esitetään nykyiset, rakennettavat, purettavat tai muutettavat johdot. Maakaapeleiden osalta esitetään pituudet kaapelikohtaisesti, joihin verkon rakentaja lisää työvarat. Maadoituselektrodien pituudet tulee selvittää myös sekä syvämaadoitusten lukumäärät ja upotussyvyudet. Lisäksi esitetään liittymien tunnistet ja tarvittaessa asiakkaiden tunnistet katkosilmoitusten jakoa varten. (Energiateollisuus ry. 2005, 4.)

Työkartassa esitetään myös työpisteiden numerot. Työpiste voi olla esimerkiksi pylväs, kaapelijakokaappi tai kaapelijatkos, jossa suoritetaan verkonrakennustyötä ja jolle annetaan määräluettelossa tarvikkeet ja suoritteet. Verkkotietojärjestelmän laskemaa pienintä yksivaiheista I_k - arvoa ei ilmoiteta. Sen sijaan mitattava I_k - arvo esitetään jokaisen johtohaaran viimeiseen pisteeseen, josta halutaan saada verkonrakentajan käyttöönottotarkastuksen yhteydessä mitaama I_k - arvo. (Energiateollisuus ry. 2005, 4.)

7.2 LE-Sähköverkko Oy:n verkkokarttoja koskevat vaatimukset

7.2.1 Uusi verkko

Keski- ja pienjänniteverkkokartoissa (liitteet 4 ja 6) esitetään nykyinen ja uusi verkko omalla verkkokartalla sekä purettava verkko omalla kartalla. Verkkokarttojen määrä tulisi pitää aina mahdollisimman vähäisenä ja liiallista lomittumista tulee välttää. Lisäksi jokaisen verkkokartan lehdellä esitetään lehtijako, joka helpottaa lehtien käsitteilyä ja verkon hahmottamista. Verkkokartan lehdellä tulisi aina näkyä jokaisen muuntamon tai jakokaapin verkko kokonaisuudessaan, jolloin lehtiä ei tarvitse selata.

Keskijänniteverkkokartassa tulee selvittää jokaisen johdon tyyppin lisäksi jännitetaso, sillä osassa vanhempaa keskijänniteverkkoa on vielä käytössä 10 kV jännite. Jokaisessa johdossa tulee olla myös tunnus, josta selviää muuntamon keskijännitekojeiston lähdon tunnus. Purkukartasta tulee selvittää lisäksi purettavien komponenttien uusiokäyttö. Pääsääntöisesti kaikki purettavat tarvikkeet hävitetään, mutta muuntajien ja erottimien kohdalla tulee olla tieto jatkokäsittelystä. Kohteen suunnittelun valvoja ilmoittaa suunnittelijalle, mitä purettavia komponentteja otetaan talteen.

Pienjänniteverkkokartoissa tulee selvittää pääsääntöisesti samat asiat kuin keskijänniteverkkokartoissa. Jokaisen verkkokartan lehdellä tulee näkyä kyseisellä lehdellä olevien muuntamoiden pienjännitekeskusten ja jakokaappien pääkaaviot. Verkkokartoissa esitetään myös kaikkien niiden liittymien omistajien tiedot, joille on tulossa katko verkon saneeraustyön yhteydessä. Tietoja tarvitaan katkosilmoitusten jakelua varten. Lisäksi verkkokartoissa esitetään kaikkien yli 63 A liittymien osoitteet sekä liittymäkoko.

Karttoihin merkitään myös kauimmaisen johtohaaran mitattava I_k - arvo, johon urakoitsija merkitsee käyttöönottotarkastuksessa mitatun oikosulkuvirran. Laskennallista oikosulkuvirtaa ei merkitä kuitenkaan näkyviin työkuviin, jotta voidaan varmistua siitä, että urakoitsija on todellakin tehnyt käyttöönottotarkastuksessa vaadittavat mittaukset. Verkkoyhtiölle lähetettäviin CADS- kuviin merkitään sen sijaan lasketut oikosulkuarvot sekä sulakkeen vaatima oikosulkuarvo. Verkon käyttöönottotarkastuksen jälkeen rakennuttajalla on mahdollisuus vertailla urakoitsijan ja suunnittelijan määrittämiä arvoja keskenään.

7.2.2 Purettava verkko

Vanhojen ilmajohtoverkkojen pylväiden todellista sijaintia ei välttämättä ole merkitty karttapohjaan, jolloin nykyisen verkon joutuu piirtämään arviolta verkkotietojärjestelmän pohjalta. Purettavan verkon tarkan sijainnin piirtäminen ei kuitenkaan ole oleellista, mutta verkko tulisi piirtää siten, että verkon pituus on mahdollisimman lähellä todellista pituutta. Tällöin yksikköhintalaskennassa pituudet tulee laskettua oikein ja siten purkukustannukset vastaavat todellisia kustannuksia. Lisäksi tulee huomioida etenkin A- pylväiden ja harusten määrä yksikköhintalaskentaa varten.

Keski- ja pienjänniteverkon purkukartoista tulee selvittää pylväiden kyllästämö sekä kyllästysvuosi. Erityistä huomiota tulee kiinnittää Lahden Kyllästämön (C1) vuosina 1987 – 1992 kyllästämiin pylväisiin, sillä osa näistä pylväistä on lahonnut yllättävän nopeasti, jolloin ne aiheuttavat työturvallisuusriskin purkutöiden yhteydessä. Tästä syystä purkukuvissa tulee olla varoitusteksti, jonka mukaan pylväiden kunto tulee tarkistaa ennen toimenpiteisiin ryhtymistä.

7.2.3 Putket ja muiden toimijoiden johdot

Verkkokartoissa esitetään kaikki uudet putket tyypeineen sekä nykyiset putket, joihin ollaan asentamassa kaapeleita. Putkiin asennettavista kaapeleista tulee selvittää yksiselitteisesti, asennetaanko kaapeli nykyiseen vai uuteen putkeen. Mikäli kohteeseen tulee yhteisputkituksia, kaikkien eri toimijoiden putket erotellaan viitemerkillä ja tekstillä. Lisäksi voi olla tarpeellista esittää putket, joiden lähellä suoritetaan verkon rakennusta. Nykyisistä putkista tulee olla näkyvillä verkkotietojärjestelmästä saadut poikkeileikkaustiedot.

Muiden toimijoiden johdoista esitetään mahdolliset maakaasuputket sekä kunnallistekniikan putket. Maakaasuputket esitetään aina, mikäli ne kulkevat suunnitelma-alueella. Lisäksi verkkokarttoihin tulee sijoittaa maakaasuputkesta varoittava teksti. Kunnallistekniikan putket esitetään kuitenkin vain siinä tapauksessa, mikäli niiden lähetyvillä joudutaan kaivamaan tai lähelle sijoitetaan puistomuuntamo. Lisäksi verkkokartoissa esitetään mahdollinen 110 kV verkko, joka tulee esittää selvästi erillään muista johdoista.

8 SÄHKÖTURVALLISUUSSTANDARDIN VAATIMUKSET DOKUMENTOINNISTA

Jakeluverkosta pitää tehdä verkkokartta tarvittavine liitteineen joista selviävät käytössä ja hoidossa tarpeelliset tiedot. Näitä tietoja ovat ainakin seuraavat:

- *syöttävän muuntajan tai generaattorin mitoitusarvot, sisäinen kytkentä ja oikosulkuimpedanssi (mukaan lukien liittyjien omistamat, jakeluverkon kanssa rinnan käyvät generaattorit ks. kohta 551.7)*
- *verkon eri osien johtojen pituus, johtimien poikkipinta ja laji muukaan luettuna liittymisjohdot niiden haltijasta riippumatta*
- *laskettu tai mittaamalla määritetty yksivaiheinen oikosulkuvirta liittymiskohdissa ja välivarokkeiden luona verkon normaalissa käyttötilanteessa. Tarvittaessa määritellään myös laitteiston mitoituksessa käytettävä suurin kolmivaiheinen oikosulkuvirta*
- *verkon eri osia suojaavien sulakkeiden (liittymän pääsulakkeet mukaan luettuna) tai muiden ylivirtasuojien ja suojalaitteiden laatu sekä käytössä oleva mitoitusvirta tai asetteluvirta*
- *PEN- tai suojajohtimien maadoituspaikat*

(SFS 6000-8-801, 547.)

Kartasta tai tiedostosta tulee selvittää tiedot syöttävän muuntamon suurjännite- ja pienjännitepuolen maadoitusimpedanssista tai yhdistetyn maadoituksen maadoitusimpedanssista. Lisäksi tulee selvittää tieto, mikäli maadoitus on yhdistetty osaksi useita muuntamoita käsittävää laajaa maadoitusjärjestelmää. (SFS 6000-8-801, 547.)

Yleensä on tarkoituksenmukaista esittää edellä mainitut seikat osittain verkkokartassa ja osittain tiedostoissa. Standardi suosittelee, että verkkokartoissa esitetään sellaiset seikat, joita tarvitaan verkon normaaleissa kunnossapito- ja korjaustoiminnassa. Tällaisia tietoja ovat verkon rakenteen lisäksi esimerkiksi suojalaitteiden kytkennät (keskusten pääkaaviot) ja koot, maadoituspaikkojen sijainnit sekä johtimien lajit ja poikkipinnat. (SFS 6000-8-801, 547.)

9 VERKOSTOSUOSITUSTEN MUKAISET VERKKOKARTAT

Verkostosuositusten mukainen esitystapa (liite 6, sivu 2) perustuu siihen, että rakennettava, purettava tai muutettava johto tai rakenteen symboli kuvataan aina vahvalla viivalla. Ohjeellinen vahvuus on 1,0 mm. Nykyinen johto tai rakenne, johon ei kohdistu toimenpiteitä, kuvataan puolestaan ohuella viivalla, jonka vahvuus tulisi olla 0,3 mm. Myös nykyisen rakenteen symboli kuvataan ohuella viivalla. Pohjakartan viivojen tulisi olla 0,10- 0,15 mm, jolloin myös nykyinen sähköverkko erottuu selvästi, vaikka työkartta olisi mustavalkea. (Energiateollisuus ry. 2005, 6.)

Maakaapelit kuvataan katkoviivalla, jossa viivan ehyt osa on kolmen pituusyksikön ja katko-osa yhden pituusyksikön pituinen. Tällöin maakaapelin seurattavuus myös suurrehkojen kaapelimäärien tapauksessa saadaan kohtuullisen selkeäksi. Ilmajohdot kuvataan puolestaan ehyellä viivalla. Ilmajohdot piirretään pylväältä pylvälle ja tämän lisäksi sen erottaa muista johdoista johtolajimerkinnästä. Purettavat johdot esitetään vahvalla pisteviivalla. (Energiateollisuus ry. 2005, 6.)

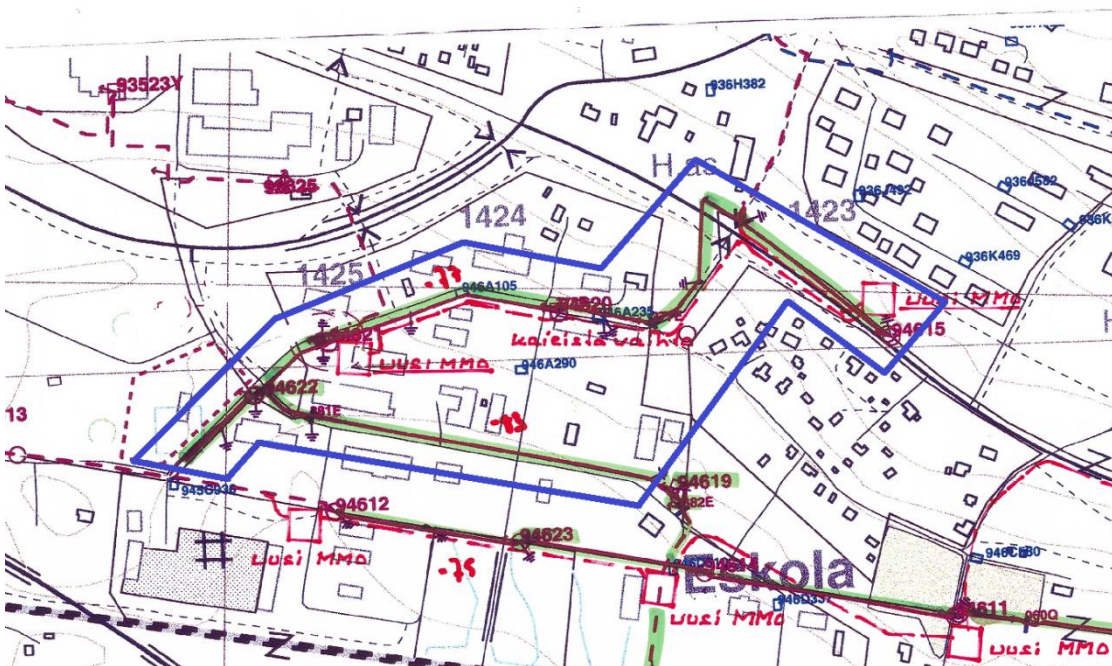
Jännitetasojen tunnusvärit on saatu ”peruutetusta” SFS- Käsikirjasta 109/1989 ”Sähköasemien ja laitteiden tunnusjärjestelmä”. Kuitenkin käsikirjassa esitetty 0,4 kV verkon RAL 8011 todettiin liian tummaksi, jolloin pienjänniteverkon väriksi valittiin RAL 8003. Pienjännitteen väriksi on valittu tumman ruskea ja keskijännitteen sinipunainen. Muiden jännitteiden värit ovat käsikirjan mukaisia. (Energiateollisuus ry. 2005, 13.)

Oleellisin ero verkostosuositusten ja LE- Sähköverkko Oy:n mukaisten verkkokarttojen esitystavoissa on värien merkityksessä. Piirtämällä nykyinen, uusi ja purettava verkko omalla värillä, voidaan toimenpiteet erottaa toisistaan selvästi. Se sijaan Verkostosuositusten mukaisissa verkkokartoissa maakaapeli ja purettava verkko voivat sekoittua toisiinsa ja siten johtaa virheelliseen tulkintaan. Lisäksi verkostosuositusten pienjännitteen tumman ruskea ja keskijännitteen sinipunainen ovat melko lähellä toisiaan. Kuitenkin em. seikat riippuvat hyvin paljon tulostimen asetuksista.

10 SUUNNITELMAN LÄHTÖTIETOJEN SELVITTÄMINEN

Suunnittelutyön lähtökohtana on verkkoyhtiön yleissuunnittelijan laatima kuvion 3 mukainen yleissuunnitelma. Kyseinen suunnittelukohde sijaitsee Nastolassa, Varjolan teollisuusalueella sekä Eskolan omakotitaloalueella. Suunnittelukohde on osa laajempaa saneerattavaa jakeluverkkoa, jossa Nastolassa sijaitseva Eskolan ja Selko-saaren välinen ilmajohtodolla toteutettu keskijänniteverkko saneerataan kokonaisuudessaan. Suunnittelu käsittää vihreällä merkityn ilmajohtoverkon saneerauksen maakaapelilla sekä kahden pylväsmuuntamon ja yhden puistomuuntamon korvaamisen uusilla puistomuuntamoilla. Lisäksi kohde sisältää nykyisen puistomuuntamon ilmaristeisen keskijännitekojeiston saneerauksen suunnittelun.

Yleissuunnitelmasta tulee huomioida, että uusien keskijännitemaakaapeleiden sekä uusien puistomuuntamoiden sijainti on ainoastaan periaatteellinen. Varsinaisten kaapelireittien ja muuntamoiden sijoittamisen edellytysten selvittäminen kuuluu suunnittelijalle. Lisäksi tulee huomioida, että yleissuunnittelija laatii aina keskijänniteverkon yleissuunnitelman, jolloin alueen pienjänniteverkon saneeraustarpeen selvittäminen ja suunnittelu kuuluu luonnollisesti suunnittelijalle.



KUVIO 3. Nastolan Eskolassa sijaitsevan keskijänniteverkon saneerauksen yleissuunnitelma (Salonen 2012e.)

Suunnittelutyön alkaessa selvitetään kyseisen kohteen lähtötiedot. Lähtötietojen selvittämisen ensimmäinen vaihe on kohteessa sijaitsevien muiden toimijoiden verkkojen sijaintikarttojen tilaaminen. Sijaintikartat saadaan lähettämällä sijaintikarttapyyntö, Empowerille, Gasumille, Johtotiedolle sekä Lahti Energialle maakaasu- ja kaukolämpöputkien dokumentoinnista vastaavalle. Empower vastaa DNA:n verkkojen sijaintitiedoista ja Johtotiedosta saa Elisan ja Soneran sijaintikartat. Lisäksi sijaintikarttapyyntö tulee lähettää kunkin kunnan tai kaupungin vesilaitokselle, josta saa tiedot vesi- ja sadevesiputkien sekä viemäreiden sijainnista. Sijaintikarttapyynnössä tulee olla maininta, että sijaintikartat lähetetään mittakaavassa 1:1000 ja A3- koossa, jotta urakoitsija voi selvittää verkkojen sijainnin riittävän tarkasti.

Kohteesta tulee selvittää myös muiden toimijoiden mahdolliset hankkeet, jotta voidaan varautua mahdolliseen yhteisrakentamiseen sekä siihen, miten suunnitelmat vaikuttavat jakeluverkkotyöhön. Mikäli kohteessa suoritetaan verkonrakennustyötä yleisten teiden läheisyydessä, tulee selvittää teiden hallinnointi tienumerokartasta. Tienumerokartassa on esitetty Liikenneviraston hallinnoimat tiet. Mikäli verkonrakennustyötä tehdään Liikenneviraston hallinnoiman tien alueella, tulee siihen anoa lupa Ely- keskukselta.

Itse jakeluverkkosuunnittelun kannalta kohteesta tilataan yleissuunnitelman mukaisesti kohdealueen kattava käyttökaavio, sekä niiden muuntamoiden pääkaaviot, joiden keskijänniteverkkoon tulee muutoksia. Suunnittelutyön alkaessa rajataan suunnitelma-alue verkkotietojärjestelmään sekä varataan muuntamoiden ja uusien SF₆-kojeistojen tunnuksat.

Maakaapeloinnissa ja yleensäkin verkon rakentamisessa tulee pyrkiä aina yhteisrakentamiseen muiden toimijoiden (kunnat, kaukolämpö, DNA) kanssa, jolloin verkon rakennuskustannukset saadaan jaettua eri toimijoiden kesken (Salonen 2012d, 1).

Yhteistyö toteutetaan tavallisesti siten, että kohteen valvoja on yhteydessä kaukolämpöpuoleen ja Lahti Aquaan ja ilmoittaa suunnittelijalle, miten yhteistyötä jatketaan. Esimerkiksi kohteen suunnittelutyön yhteydessä kävi ilmi, että kaukolämpöputki kaivetaan Kruununraitin varteen. Kaivantoon asennettavan putkituksen hinnasta ei kuitenkaan saatu tietoa ennen suunnitelmien valmistumista. Tällaisissa tilanteissa oletetaan, että kaukolämpöputken kaivutyön yhteydessä on kuitenkin asennettu putket, johon keskijännitekaapeli asennetaan.

Yhteistyö DNA:n kanssa toteutetaan siten, että suunnittelija lähettää DNA:n suunniteluun suunnitelman mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Suunnitelman ei kuitenkaan tarvitse olla lopullinen, riittää että siitä näkyy periaatteelliset kaapeleiden kaivureitit. Mikäli DNA tulee mukaan kohteeseen, he merkitsevät verkkokarttoihin heille tulevat putket.

11 PUISTOMUUNTAMOIDEN SIJOITTAMINEN

11.1 Sijoittamisen pääperiaatteet

Varsinainen suunnittelutyö lähtee liikkeelle uusien puistomuuntamoiden sijoituspaikojen selvittämisellä. Sijoituspaikan selviäminen on ehdoton edellytys koko projektin jatkamiselle, koska puistomuuntamo asettaa ehdot keskijänniteverkolle sekä pienjänniteverkolle. Puistomuuntamo pyritään sijoittamaan aina mahdollisimman lähelle pienjänniteverkon kuormituksen painopistettä. Tällöin runkojohtojen pituudet saadaan minimoitua ja siten oikosulkuvirta maksimoitua. Kuitenkin muuntamon sijoittamista tulee tarkastella aina ensisijaisesti keskijänniteverkon ehdoilla. Muuntamo tulee sijoittaa siten, että nykyiset keskijännitekaapelit voidaan kääntää jatkamatta uuteen muuntamoon. Tällöin vältetään kalliiden keskijännitekaapeleiden jatkojen tekemiseltä.

Asemakaava-alueella muuntamot sijoitetaan ensisijaisesti ET-tontille. Kuitenkin ET-tontille sijoittaminen tulee kyseeseen ainoastaan silloin, kun kaavoitetaan esimerkiksi uutta asuinalueita ja aloitetaan jakeluverkon suunnittelu. Verkon saneerauksen yhteydessä muuntamot sijoitetaan kaupungin tai kunnan omistamalle tontille mahdollisimman lähelle tontin rajaa. Viimeisenä vaihtoehtona on muuntamon sijoittaminen yksityisen omistamalle tontille.

Muuntamon sijoittamisessa ottaa huomioon myös sijoituspaikan maasto. Muuntamon sijoittamisessa tulee hyödyntää valmiita kivettömiä ja puuttomia alueita, jolloin muuntamon perustukset voidaan tehdä helpoissa olosuhteissa ja siten välttää lisäkustannuksia. Puiden kaatamista tulee välttää myös sen takia, että asemakaava-alueella puuston kaatamiselle ei välttämättä saa lupaa, sillä puusto voi olla suojeltua. Muuntamon sijoittamista edes loivaan rinteeseen tulee välttää, jotta perustustyön yhteydessä paikalle ei tarvitse ajaa maa-ainesta. Lisäksi tulee ottaa huomioon, että muuntamo vaatii ympärilleen noin 1,5 m vapaata tilaa.

Muuntamon etäisyydessä vesi-, sadevesi- ja jätevesilinjoista noudatetaan 1:3-sääntöä. Sääntö tarkoittaa sitä, että esimerkiksi vesihuoltolinjan ollessa 1 m syvyydessä vaakasuora etäisyys tulee olla vähintään 3 m. Vähimmäisetäisyyksissä noudatetaan em. sääntöä siitä syystä, jotta muuntamon perustukset eivät sortuisi, mikäli vesihuoltolinja rikkoutuu ja linja joudutaan kaivamaan auki siitä kohtaa.

Muuntamon etäisyyttä tien reunasta rajoittaa lisäksi muuntamon nostotyö. Tavallisella urakoitsijakalustolla muuntamo voidaan nostaa yleensä enintään 10 m päähän tien reunasta. Mikäli muuntamo sijoitetaan kauemmaksi, muuntamo tarvitsee ajoliittymän. Ajoliittymä tarvitaan myös siinä tapauksessa, että huoltoautoa ei voida pysäyttää tien reunaan lähelle muuntamo.

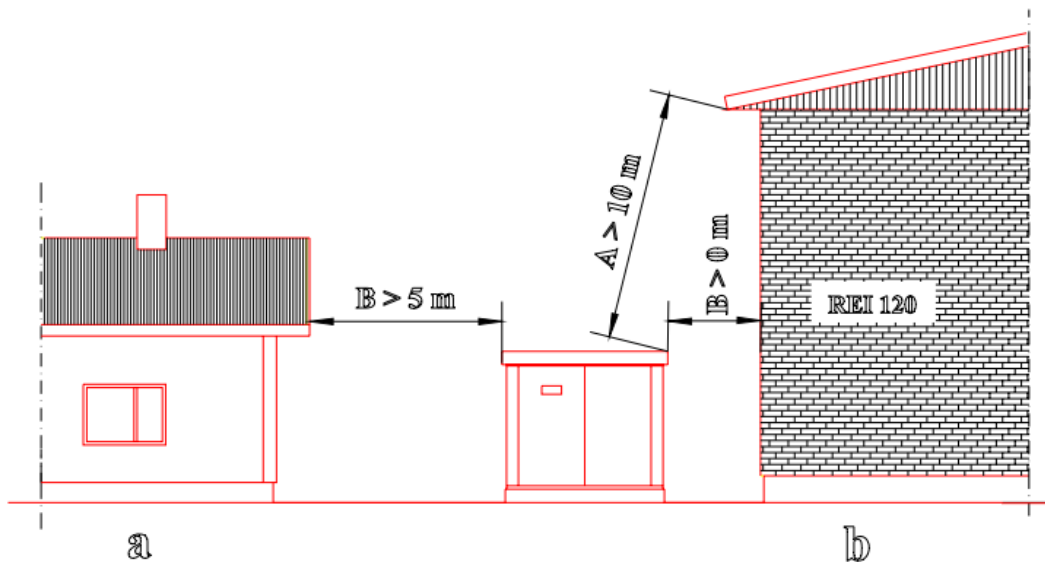
Mikäli muuntamon sijoittamista suunnitellaan lähelle liikenneviraston hallinnoimaa tiealuetta, tulee ottaa huomioon, että teiden suoja-alue ulottuu 20 m päähän ajoradan keskilinjasta. Suoja- tai näkemäalueelle sijoitettava puistomuuntamo vaatii aina tienpitoviranomaisen poikkeamispäätöksen. Lisäksi puistomuuntamo tarvitsee maantielain mukaisen luvan, joka koskee tiealueeseen kohdistuvaa työtä sekä rakennelmien ja laitteiden sijoittamista tiealueelle. (Liikennevirasto 2011, 12.)

Muuntamon sijoittamisessa tulee ottaa huomioon myös standardin SFS 6002 ilmajohtojen läheisyydessä tehtäviä töitä koskevat vaatimukset. Vaatimuksia tulee noudattaa, mikäli avolinjaa ei voida kytkeä jännitteettömäksi nostotyön ajaksi. Tällöin työskenneltäessä ilmajohtojen lähellä esimerkiksi puominosturilla, ei koneen työalue mahdollinen taakka mukaan luettuna, saa ulottua 3 m lähemmäksi keskijännitelinjasta. Muuntamo tulee siten sijoittaa niin, että se voidaan nostaa paikoilleen säilyttäen vähimmäisetäisyydet jännitteisistä avojohdoista. (SFS 6002, 641 - 642.)

Yksityisen omistamalle tontille sijoitettavasta muuntamosta laaditaan aina muuntamoaluesopimus. Sopimuksessa sovitaan verkonhaltijalle luovutettavasta muuntamoalueen käyttöoikeudesta ja maakaapeleiden sijoittamisesta. Tarvittava muuntamoalueen koko on yleensä 4m x 5m, joka piirretään sopimuksen liitteeksi tulevaan asemapiirokseen. Kohteen valvoja sopii yksityiskohdista, kuten mahdollisesti maksettavasta korvauksesta tontin omistajan kanssa, ja suunnittelija laatii valvojalta saatujen tietojen pohjalta sopimuksesta lopullisen version.

11.2 Sijoittaminen paloturvallisuuden kannalta

Puisto- tai pylväsmuuntamoilla, joissa on vähintään 200 I luokan 01 eristysnestettä sisältävä muuntaja, voidaan noudattaa kuvion 4 etäisyyksiä lähellä olevista rakennuksista, mikäli muuntamolla ei ole itsessään erityisiä palonkestävyyssominaisuuksia. Mikäli muuntamo lähellä olevien rakennusten osastoivuus on huonompi kuin EI 120, rakennuksen etäisyyden muuntamosta vaakasuunnassa tulee olla vähintään 5 m ja pystysuunnassa 10 m. Etäisyydet voivat olla pienempiä, mikäli muuntamo rakennetaan omaksi palo-osastokseen käyttämällä vähintään EI 120 -luokkaisia osastoivia rakennusosia. (SFS 6001, 64.)



KUVIO 4. Puistomuuntamon sijoitus paloturvallisuuden kannalta (Sähköenergialiitto ry. 2002, 16.)

11.3 Asemapiirustus

Puistomuuntamon asemapiirustuksessa (liite 1) esitetään muuntamon koko sekä etäisyydet tontin rajoista. Muuntamon etäisyydet tontin rajoista esitetään lähinnä kaavoitusarkkitehtiä varten. Mikäli muuntamon lähetyvillä ei ole tontin rajaa, etäisyys esitetään jostakin kiinteästä kohteesta. Piirustuksesta tulee myös selvittää, kummalle puolelle keskijännite- ja pienjännitekeskus tulevat. Liikenneviraston hallinnoiman tien alueelle sijoitettavasta muuntamosta tulee myös selvittää muuntamolle rakennettavan liittymän sijainti.

Asemapiirustuksen otsikkotaulusta tulee selvittää maadoitustapa, korko, väritys sekä mahdollinen salaoja ja ajoliittymän tarve. Maadoitustavaksi valitaan ensisijaisesti normaali maadoitus, joka tarkoittaa muuntamon yhdistämistä laajaan maadoitusverkkoon. Jakeluverkon maadoittamista on käsitelty myöhemmin laajemmin luvussa 13. Muuntamon korko on tavallisesti normaali, mikä tarkoittaa muuntamon asentamista samaan korkeuteen ympäröivän maan kanssa. Muuntamo tarvitsee salaojan, mikäli muuntamo asennetaan alavaan paikkaan tai savimaalle. Värityksestä ja pintamateriaalista tulee sopia aina tapauksittain kyseisen kunnan kaavoitusarkkitehdin kanssa.

12 MAAKAAPELOINTI

12.1 Maakaapeleiden sijoittaminen ja mekaaninen suojaus

Maahan asennettavina kaapeleina käytetään maahan asennettavaksi tarkoitettuja mekaanisesti riittävän vahvoja vaipallisia kaapelityyppejä. Kaapelit voivat olla varustettu maadoitettavalla metallisella kosketussuojalla (MCMK, AMCMK tai AXCMK) tai ilman maadoitettavaa kosketussuojaa (AXMK tai AXMKE). (SFS 6000-8-814, 583.)

Maahan asennettavat kaapelit tulee sijoittaa riittävän syvälle tai suojata mekaanisesti erikseen. Jos erityisstandardissa ei vaadita muuta, kaapeli suositellaan yleensä asennettavaksi vähintään 0,7m syvyyteen. Kuitenkin asennuksen tekijän ja haltijan harkinnan mukaan voidaan maadoitettavalla metallisella kosketussuojalla varustetuilla kaapeleilla käyttää pienempää asennussyvyyttä. Upotettaessa maahan kaapeleita, joissa ei ole maadoitettavaa kosketussuojaa (AXMK tai AXMKE), tulee kaapelin mekaanisessa suojauksessa eri asennussyvyyksillä noudattaa taulukkoa 1. (SFS 6000-8-814, 583.)

TAULUKKO 1. Ilman metallista kosketussuojaa olevan maakaapelin suojaus eri asennussyvyyksillä (SFS 6000-8-814, 584.)

Kaapelin asennussyvyys h	Standardin SFS-EN 50086-2-4 mukaisen iskunkestävyyden mukaan	Standardin SFS 5608 mukaisen lujuusluokan mukaan
$h > 0,7 \text{ m}$	merkkinauha	merkkinauha
$0,5 \text{ m} < h \leq 0,7 \text{ m}$	kevyt käyttö L	kevytkäyttö C
$0,3 \text{ m} \leq h \leq 0,5 \text{ m}$ piha ja puistoalueilla	normaali käyttö N	raskas käyttö A
$0,3 \text{ m} \leq h \leq 0,5 \text{ m}$ muilla alueilla	normaali käyttö N	keskiraskas käyttö B

Maan pinnalle asennettava kaapeli on suojattava luotettavasti kiinnitetyllä raskaan käytön (luokka A) suojaputkella, betonikourulla, betonivalulla tai vastaavalla tavalla. Kallion pintaan kiinnitetyn kaapelin suojana suositellaan käytettäväksi muototerästä tai putkea/kourua ja päälle tehtyä betonivalua. Kaapelin noustessa maasta tai vedestä ylös, se on suojattava muototeräksellä, vähintään lujuusluokan 4 asennusputkella tai samanarvoisella tavalla vähintään 1,5 m korkeudelle ja liikenneväylän varrella vähintään 2 m korkeudelle maan pinnasta. Lisäksi suojuksen on ulotuttava riittävästi maan tai veden pinnan alle. (SFS 6000-8-814, 584.)

Verkkoyhtiön periaatteiden mukaan kaikki kaapelit suojataa suojakourulla tai asennetaan suojaputkeen. Jokainen keskijännitekaapeli suojataan aina omalla A- luokan suojakourulla ja pienjännitekaapelit B- luokan suojakourulla. Mikäli kaapeli asennetaan putkeen, putkien tulee olla teiden alituksissa A- luokan suojaputkia ja muulla putket voivat olla B- luokan suojaputkia. Putkituksista tulee huomioida lisäksi niiden halkaisija. Esimerkiksi keskijännitekaapelin AHXW185 ulkohalkaisija on 80mm, jolloin putken halkaisijan tulee olla vähintään 140 mm, jotta kaapelia voidaan asentaa pidempiä matkoja. Kyseistä kaapelia voidaan kuitenkin vetää lyhyitä matkoja 110 mm putkeen esimerkiksi teiden alituksissa.

Kaapeloinnissa tulee myös huomioida, että maakaasuputken kanssa yhdensuuntaisesti kaivetun keskijännitekaapelin keskusköysi on vaihdettava eristetyksi johtimeksi, mikäli kaapelin etäisyys on alle 20 m maakaasuputkesta. Lisäksi maakaasuputkea risteävän keskijännitekaapelin keskusköysi on vaihdettava eristetyksi johtimeksi 20 m etäisyydellä maakaasuputkesta. Vaatimus koskee kuitenkin pelkästään teräspuutkia, joten muovisten maakaasuputkien lähellä olevaa maadoituskuparia tai keskusköyttä ei tarvitse vaihtaa eristetyksi johtimeksi.

12.2 Teiden alitukset

Mikäli kaapelireitti kulkee tien poikki, tien alitus tehdään pääsääntöisesti tunkkaamalla. Tunkkauspaikan valinnassa tulee huomioida, että tunkkauskalusto vaatii noin kahden kuorma- auton verran tilaa, jotta tunkkaus voidaan tehdä. Mikäli tien hallinnointi kuuluu Liikennevirastolle, tulee tunkkaukseen anoa luonnollisesti lupaa. Lisäksi tulee selvittää tien maalaji, sillä tunkkausta ei voida tehdä kiviseen maahan.

Yleensä tien alitse tunkataan 400 mm teräsputki, jonka sisään asennetaan muoviputket. Halkaisijaltaan 400 mm teräsputken sisään voidaan asentaa esimerkiksi putket 3xP110 ja 2xP140. Tavallisesti työn valvoja ilmoittaa suunnittelijalle tarvittavat putket ja varaputket. Lisäksi tulee selvittää mahdolliset DNA:lle tulevat varaputket. Tunkaamalla tehtävät teiden alitukset ovat aina oma työnsä, jotka LES tilaa erilliseltä urakoitsijalta ennen varsinaista verkonrakennustyötä. Tällöin työtä ei huomioida yksikköurakkalaskennassa. Suunnittelijan vastuulle jää siten tunkkauspaikan (kuva 1) sekä tunkattavaan putkeen asennettavien putkien määrittäminen.



KUVA 1. Kouvolantien alitse tunkataan halkaisijaltaan 400mm teräsputki, johon asennetaan putket 2xP140 ja 3xP110 (Jukka Leino 2012.)

12.3 Keskijännitekaapelointi

Keskijänniteverkko vaikuttaa hyvin olennaisesti verkon käyttövarmuuteen. Sähkönkäyttäjien kokemista keskeytyksistä jopa yli 90 % on peräisin keskijänniteverkossa tapahtuvista vioista. Keskijänniteverkolla on normaalin sähkönjakelutoiminnon lisäksi keskeinen varayhteysrooli pahoissa 110 kV:n johtojen ja sähköasemien vioissa. Varayhteysvaihtoehtojen analysointi on siten tärkeää. (Lakervi & Partanen 2009, 125.)

Keskijänniteverkko on perinteisesti rakennettu etenkin haja-asutusalueella avojohtoverkkona. Haja-asutusalueella ei varayhteystarkasteluja laajemmille periaatteellisille

verkkotopologiaratkaisuille ja yksinkertaistetuille suunnitteluohjeistoille ole tarvetta tai juuri mahdollisuuksiakaan. Johdot on rakennettava sinne, missä kuormituksetkin ovat. (Lakervi & Partanen 2009, 125.)

Taajamien maakaapeliverkoissa verkkotopologiakysymykset ja suunnitteluohjeistot ovat sen sijaan tärkeämpiä. Keskeisiä pohdittavia asioita ovat muun muassa kaapeli-verkon muoto ja maksimikuormitusasteet sekä lähtöjen ja sähköasemien korvattavuuskysymykset. Suurkaupungeissa kuormitusta on tasaisesti laajalla alueella. Tämä tarjoaa paljon erilaisia periaatteellisia mahdollisuuksia sähköjakelun toteuttamiseksi. Kuitenkin rajoitteena on aina nykyinen verkosto. Lähtöjen korvausperiaatteet muodostavat verkkotopologiaan liittyvän keskeisen kysymyksen. Perusperiaatteena on lähdön varasyöttö samalta sähköasemalta tulevan lähdön kautta. Tällöin lähdöt voidaan tarvittaessa kytkeä lyhytaikaisesti silmukkaan esimerkiksi jakorajamuutosten yhteydessä, jolloin muutos voidaan tehdä katkotta. (Lakervi & Partanen 2009, 125.)

Pienjänniteverkot rakennetaan tavallisesti säteittäisinä. Rakentamiskustannusten vähentämiseksi keskijänniteverkko olisi myös edullisinta rakentaa säteittäiseksi. Tavallisin ratkaisu kuitenkin on keskijänniteverkon rakentaminen keskeisiltä osiltaan silmukoiduksi mutta renkaita käytetään avoimina. Jakorajoina ovat tavallisesti käsin ohjattavat tai kauko-ohjattavat erottimet. Silmukoinnilla parannetaan verkon käyttövarmuutta erilaisissa vika- ja huoltotilanteissa. (Lakervi & Partanen 2009, 13.)

Silmukoidussa verkossa johtovian vaikutukset voidaan rajoittaa yhteen erotinväliin. Erityisesti taajamien jakeluverkoissa pyritään siihen, että kullekin jakelumuuntamolle tulee ainakin kaksi keskijännitesyöttöä. Koska keskijännitekaapelin viankorjaus on erittäin hidasta, rengasyhteyksien rakentaminen maakaapeliverkossa on kannattavaa huomattavasti useammin kuin nopeammin korjattavassa avojohtoverkossa. Sen sijaan haja-asutusalueilla asumattomien seutujen reunoilla johdot jätetään yleensä säteittäisiksi. Kyseisissä olosuhteissa rengasverkon rakentamisesta aiheutuvat kustannukset tulisivat huomattavasti suuremmiksi kuin jakelun keskeytyskustannusten pienenemisestä saatava hyöty. (Lakervi & Partanen 2009, 13.)

Keskijänniteverkko rakennetaan aina rengasverkkona, mutta tapauskohtaisesti voidaan kuitenkin enintään kahden muuntamon säteittäinen verkko sallia. Lisäksi sähköasemalähdöllä tulee olla yhteys toiseen lähtöön heti seuraavalla muuntamolla lähdön korvattavuuden vuoksi. Sähköasemalähdöillä ensimmäiset osuudet toteutetaan 240 mm² tai 300 mm² AHXAMK-W + Cu70 kaapelilla. Seuraavilla osuuksilla käyte-

tään 185 mm² poikkipintaa ja jakelualueen laidalla päättyvässä keskijännitehaarassa käytetään 70 -120 mm² poikkipintaa. (Salonen 2012d, 1.)

Saneerauksessa tulee kiinnittää huomiota myös siihen, että vanhempaan 10 kV:n verkkoon tehtävissä muutoksissa ja saneerauksissa käytetään myös 20 kV:n tarvikkeita ja muuntajina valintakytkimellä varustettuja 20/10/0,4 kV:n muuntajia. Tällöin suurempaan jännitetasoon voidaan siirtyä suoraan tekemällä tarvittavat kytkentämuutokset. Tavoitteena on luopua kokonaan 10 kV:n verkosta. (Salonen 2012d, 1.)

Keskijännitekaapeloinnin osalta suunnittelijan tehtävänä on selvittää todelliset kaivureitit (kuva 2) yleissuunnitelman pohjalta. Kaivureitit tulisi suunnitella siten, että kaapelit voidaan sijoittaa erillisiin ojiin, jolloin muiden toimijoiden alueella kaivamisesta aiheutuva kaapelin mahdollinen vaurioituminen ei katkaise molempia kaapeleita. Käyttöhenkilökunnan tekemän kytkentämuutoksen avulla muuntamo voidaan syöttää siten toisesta kaapelista, jolloin mahdollisen katkon kestoaika jää lyhyeksi.



KUVA 2. Uusi 20 kV maakaapeli AHXAMK-W 3x185+35 Cu kaivetaan pyörätien viereen. (Jukka Leino 2012.)

Puistomuuntamon keskijännitekojeistoon kytkettävistä kaapeleista tulee huomioida, että kojeistoon voidaan kytkeä ainoastaan kulmapistokepäätteellä varustettuja AHXAMK ja AHXCMK kaapeleita. Täten keskijännitekojeistoon ei voida kytkeä paperieristeisiä kaapeleita, kuten APYAKMM ja HPLKVJ, koska paperieristeiseen kaapeliin ei voi asentaa kulmapistokepäätetä. Siten paperieristeiset kaapelit tulee jatkaa muuntamon ulkopuolella AHXAMK- kaapeliin, johon voidaan puolestaan asentaa kulmapistokepääte. Lisäksi tulee huomioida, että vaikka käytettävät kulmapistokepäätteet ovatkin eristettyjä, ne eivät ole täysin kosketussuojattuja.

12.4 Käyttökaaviomuutos

Käyttökaaviomuutoksessa (liite 3) esitetään keskijänniteverkkosuunnitelma kaaviomuodossa. Käyttökaaviomuutoksen mittakaavalla ei ole väliä, vaan oleellista on se, että kaavio vastaa kaikilta osilta verkkokarttaa. Kaaviossa esitetään purettava verkko sekä uudet puistomuuntamot ja kaapelit. Kaapeleista tulee selvittää tyypin lisäksi pituus, jatkojen sijainnit sekä lähtöjen tunnuksot. Käyttökaaviopalasta tulostettavassa verkkokartassa tulee näkyä kaikki muuntamot, joiden verkkoon tehdään muutoksia.

Käyttökaaviomuutosta ei tarvita niinkään kohteen rakennustyön yhteydessä vaan sitä tarvitaan siinä vaiheessa kun kohteelle lähdetään tekemään käyttöönottoa. Käyttökaaviomuutoksen avulla voidaan suunnitella kytkentäjärjestelyt ja jakorajat. Kuitenkin suunnittelijalle ei kuulu jakorajojen siirtämisen tai muutosten suunnittelu, vaan niiden tekeminen on käyttöhenkilökunnan vastuulla.

12.5 Puistomuuntamon muuntajan suojaus

Keskijännitesulakkeet suojaavat muuntajaa, keskijännitekaapeleita, pienjännitekeskuksen syöttöjohtoja sekä pienjännitekeskusta. Sulakesuojauksella saadaan muuntajan käämien vauriot jäämään mahdollisessa oikosulussa pieniksi. Lisäksi pienjännitekeskuksessa tapahtuvassa oikosulussa kj-sulakkeet pienentävät valokaaren aiheuttamaa lämpö- häikäisy- ja painevaikutusta. Sulakkeet pienentävät myös muuntamopalon riskiä ja parantavat henkilöturvallisuutta. (Sähköenergialiitto ry. 2002, 22.)

Mahdollisen oikosulkuvalokaaren aiheuttamat omaisuus- ja henkilöriskit tulee minimoida, jonka takia tulee valita sulake, joka toimii mahdollisimman nopeasti ja luotettavasti pienelläkin ylivirralla. Tavallisesti pienin ylivirta aiheutuu pienjänniteoikosulusta. Markkinoilla on tavanomaisia ”buck up”- sulakkeita sekä yhä enenevässä määrin ”full range”- sulakkeita. Nämä sulakkeet eroavat tavanomaisista siten, että ne toimivat paremmin pienillä oikosulkuvirroilla. Kuitenkin eri valmistajien sulakkeiden ominaisuuksissa voi olla suuria eroavaisuuksia. (Sähköenergialiitto ry. 2002, 22 - 23.)

Verkkoyhtiön keskijännitekojeistoihin asennettavat sulakkeet ovat tyypiltään ”buck up”- sulakkeita, jotka on valittu pitkäaikaisen kokemuksen perusteella. Suunnittelijan ei tarvitse siten määrittää sulakkeen tyyppiä vaan sulake valitaan muuntajan koon perusteella taulukosta. Puistomuuntamoista saatujen käyttökokemusten perusteella on todettu, että oikosulku muuntamon pienjännitekojeiston ison lähdön alkupäässä on erittäin harvinainen. Tällöin on hyödyllistä, että keskijännitesulakkeet palavat, mikäli muuntaja ja kojeisto saadaan siten suojattua. Epäselektiivisyys voidaan siten katsoa eduksi. (Salonen 29.4.2013.)

Kaapeliverkossa sijaitsevalla muuntamolla ei tarvitse erityisesti kiinnittää huomiota ylijännitesuojaukseen. Kuitenkin muuntamon kj-kaapelin liittyessä ilmajohtoon, tulee ylijännitesuojaus aina tarkistaa. Muuntamon keskijännitekojeisto suojataan ylijännitteiltä siten, että ylijännitesuojat asennetaan ilmajohtoon suunnasta tulevan kaapelin päätteen yhteyteen. Hyvän suojaustason saavuttamiseksi käytetään 10 kA metallioksidin ylijännitesuojia. (Sähköenergialiitto ry. 2002, 32.)

Muuntamon liittyessä ilmajohtoverkkoon, keskijännitekaapelin ulkopäätteen yhteyteen asennetaan HDA -ylijännitesuojat. Muuntamon puoleiset kulmapistokepäätteet varustetaan puolestaan RDA -ylijännitesuojilla. Kaapelin molemmat päät suojataan aina kaapelin pituudesta riippumatta.

12.6 Muuntamon pääkaavio

Pääkaavio laaditaan uusista muuntamoista (liite 2) sekä niistä nykyisistä muuntamoista, joiden keskijänniteverkkoon tehdään muutoksia. Uuden keskijännitekojeiston lähtöjen määrän ollessa 2+1 (kaksi keskijännitelähtöä ja muuntamolähtö) käytetään Schneider Electricin SM6 -kojeistoa. Mikäli lähtöjä tulee enemmän, käytetään Siemensin 8DJHRRT kojeistoa. Molemmille kojeistotyypeille on luonnollisesti oma pääkaavio. Pääkaaviosta tulee selvittää kojeiston tyyppi, lähtöjen määrä sekä kojeiston yksilöivä tunnus. Lisäksi tulee ottaa huomioon keskijännitesulakkeet, muuntajan koko ja nimellisjännitteet.

Nykyisen muuntamon keskijänniteverkon muuttuessa laaditaan kyseisen muuntamon pääkaaviosta nykyisen verkon mukainen sekä uuden verkon mukainen pääkaavio. Nykyiseen pääkaavioon tulee merkitä muutosnuoli kaikkien tehtävien muutosten kohdalle. Uudesta versiosta kaikki merkinnät luonnollisesti poistetaan. Mikäli saneeraus-työn jälkeen kojeistoon ei liity ilmajohtoverkkoa, ylijännitesuojat poistetaan. Lisäksi em. tilanteessa poistetaan muuntajan tähtipisteen ja kannen välinen PEN-johdin. Mikäli samassa lähdössä on useita samantyyppisen maakaapelin pätkiä peräkkäin, merkitään tyyppi vain yhden kerran. Sen sijaan jokaisen kaapelin asennusvuosi tulee selvittää.

Mikäli keskijänniteverkon yleissuunnitelmassa uusi puistomuuntamo on merkitty kaukokäyttömuuntamoksi (kk), muuntamon keskijännitekojeiston lähtöjen tunnuksat selvitetään käyttöpuolen henkilökunnalta. Käyttöpuolen henkilökunta selvittää, ettei lähdön uusi tunnus ole varattu. Tavallisesti kaukokäyttömuuntamon lähdöt nimetään kaapelin suuntaisesti kulkevan tien ja ilmansuunnan perusteella.

13 PIENJÄNNITEKAAPELOINTI

Verkossa käytettävien komponenttien koot ja tyypit ovat osa verkostosuunnittelussa käytettävien suunnitteluparametrien määrittelyprosessia. Esimerkiksi avojohdoissa ja kaapeleissa on tarjolla suuri määrä eri poikkipintaisia johtimia. Kaapeleissa valmistajien poikkipintasarja on 16, 25, 35, 50, 70, 95, 120, 150, 185, 240, 300 mm². Käyttöön ei ole kuitenkaan järkevä valita kaikkia eri vaihtoehtoja, sillä suuri määrä lisää varastointi- ja työkustannuksia. Tyypillisesti verkkoyhtiö käyttää muutamaa poikkipintaa, esimerkiksi 25 mm²:n liittymisjohdoissa ja 70, 120, 150 ja 185 mm²:n varsinaisessa jakeluverkossa. (Lakervi & Partanen 2009, 73.)

Jotkin taajamaolosuhteissa toimivat verkkoyhtiöt ovat rajoittaneet poikkipinnan yhteen, esimerkiksi 185 mm²:iin ja sen kerrannaisiin. Yhden melko suuren poikkipinnan käyttö johtaa verkon ylimitoitukseen pienillä kuormilla, mutta säästöä saadaan suunnittelu-, varastointi-, työ- ja häviökustannuksista. Jokaisen verkkoyhtiön on määriteltävä itselleen kokonaiskustannuksiltaan parhaat johdinpoikkipintasarjat. (Lakervi & Partanen 2009, 73.)

Liittymiskaapelit valitaan kiinteistön pääsulakkeiden koon ja liitteen 5 taulukon perusteella. Uusina kaapeleina käytetään pääsääntöisesti 1 kV AXMK 4x25, 35, 70, 185 ja 240 mm² kaapeleita. Runkojohdot toteutetaan aina yhdellä tai kahdella AX185-kaapelilla. Kaapeleiden ylikuormitussuojina toimivien sulakkeiden koot ovat yhteneviä verkostosuosituksen SA 4:09 taulukossa 6 esitettyjen ylikuormitussuojina toimivien sulakkeiden ja siten myös sähköturvallisuusstandardin kanssa.

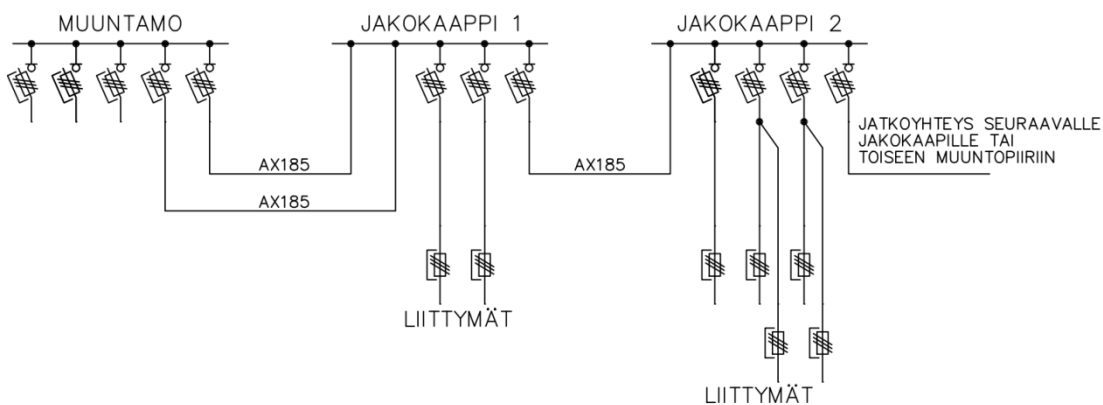
13.1 Verkkotopologia

Maakaapeliverkon kokonaispituus tulee yleensä hieman AMKA-verkkoa suuremmaksi, koska asennus tehdään tien tai pellon laitaan suoran pylväslinjauksen sijasta. Maankäyttösopimukseen liittyvät neuvottelut ovat yleensä helpompia. Kuitenkin maakaapeliverkon joustavuus erilaisiin verkkomuutoksiin ja vahvistuksiin on AMKA-verkkoa rajoitetumpi. Verkon kalliista muunneltavuudesta johtuu, että kaapeliverkon mitoitusteho kannattaa valita melko pitkän aikavälin (esimerkiksi 25 a) ennusteesta. Maakaapeliverkon runkojohdot kannattaa usein rakentaa aina samalla poikkipinnalla tarpeen mukaan rinnakkaisia kaapeleita käyttäen. Tällaista verkkoa on helpompi täy-

dentää olosuhteiden perusteellisestikin muuttuessa kaapelien pitkän käyttöiän aikana. (Lakervi & Partanen 2009, 161.)

Yleensä taloudellisin verkkomuoto on sellainen, jossa runkojohdoista lähtee säteittäisiä haaroja, mutta aina tämä ei riitä. Jos kuormituskojeina on jollain asiakkaalla suuri-tehoisia hitsauslaitteita, kyseinen liittymä tulisi syöttää omalla johdollaan muuntamolta. Näin voidaan vaimentaa muiden sähkökäyttäjien jännitevaihteluita. Eräiden tärkeiden asiakkaiden sähkönsaanti varmistetaan jopa toiselta sähköasemalta tulevalla varasyötöllä. (Lakervi & Partanen 2009, 162.)

Maakaapeliverkon rakenteessa noudatetaan kuvion 5 mukaista periaatetta. Muuntamolta lähtevä runkojohto sekä jakokaappien väliset runkojohdot kytketään alkupäästään jonovarokeytkimeen ja loppupää liitetään jakokaappiin kiinteästi kiskoliitoksilla. Runkokaapelin alkupään varokeytkimen avulla jakorajan sijaintia on tarvittaessa helppo muuttaa sekä vioittunut kaapeli voidaan irrottaa nopeasti verkosta. Kuitenkin vanhemmissa verkoissa jakokaappien välisen runkokaapelit on usein kytketty molemmista päistään kiinteästi kiskostoon.



KUVIO 5. Puistomuuntamon syöttämän pienjänniteverkon periaatteellinen rakenne

Yleensä jakokaappiketjun ensimmäisen jakokaapin syöttö tuodaan muuntamolta kahdella AX185-runkokaapelilla (ks. liite 6) ja muuntamoon sijoitetaan 2 x 3 x 200 A sulakkeet. Runkoverkko toteutetaan ensisijaisesti AX185-maakaapelilla, vaikka kuormitustilanteen perusteella voitaisiin käyttää pienempää poikkipintaa. Vahvemmalta runkoverkolla varaudutaan kuorman kasvuun sekä verkkotopologian muutoksiin.

Runkokaapeli AX185 sallisi liitteen 5 mukaan 250 A ylikuormitussuojan, mutta CDC400- tyyppinen jakokaappi on varustettu 400 A kiskostolla. Ensimmäiseltä jakokaapilta jatkava runkojohto toteutetaan tavallisesti yhdellä AX185-kaapelilla ja kaapelin sulakesuojausta porrastetaan jakokaappien välillä vähintään yhden sulakekoon verran. Tällöin jakokaappiketjun suojaus saadaan selektiiviseksi, jolloin loppupäässä tapahtuva vika ei näy alkupäässä. Lisäksi porrastuksella päästään pidempiin runkokaapeleiden pituuksiin oikosulkuvirran aleneman mukaisesti.

Varaputkia asennetaan käytännössä aina runkojohtojen mukana samaan kaapeliojaan sekä teiden alle. Runkojohtojen mukana asennetaan B-luokan suojaputkia mutta teiden alle asennettavien putkien tulee olla A-luokan suojaputkia. Tavallisesti runkojohtojen mukana asennetaan putket P110 ja P140. Mikäli uusien kaapeleiden asennuksessa käytetään vain esimerkiksi P110 putkia, varaputkina käytetään myös samankokoisia putkia. Tällöin työmaalle ei tarvitse tuoda kuin yhden koon putkia. Kuitenkin varaputkien määriä ja halkaisijoita tulee tarkastella aina tapauskohtaisesti, sillä verkon laajentuminen ja kuormituksen kasvaminen vaikuttavat varaputkien tarpeeseen.

13.1.1 Varasyöttöyhteydet

Taajama-alueilla pienjänniteverkko muodostuu tiheäksi. Vierekkäisten muuntopiirien verkot ulottuvat lähelle toisiaan tai sijaitsevat jopa lomittain. Usein muuntopiirien rajoilla on kiinteistöjä, jotka voisi sähköistää kummasta muuntopiiristä tahansa likimain samoin kustannuksin. Tällaisilla alueilla eri muuntopiirien syöttämät pienjänniteverkot rakennetaan usein yhteen. Myös säteittäisten haarojen välisten yhdysjohtojen rakentaminen voi tällaisissa olosuhteissa olla edullista, sillä etäisyydet ovat yleensä lyhyitä ja kuormitustiheydet suuria. Silmukoitu käyttötapa on kuitenkin erittäin harvinainen. (Lakervi & Partanen 2009, 162.)

Haja-asutusalueella eri muuntopiirien pienjänniteverkkojen välillä on usein laajoja asumattomia alueita. Lisäksi muuntopiirit ovat asiakas määriltään pieniä ja johdolla kohdistuva häiriö kohdistuu vain muutamaasi asiakkaaseen. Tällöin luotettavuuden parantaminen verkkoa silmukoimalla ei ole järkevää, muuntamoiden välisistä yhdysjohtimista puhumattakaan. (Lakervi & Partanen 2009, 162.)

Varasyöttöyhteyksien rakentamista eri muuntopiirien välille tarkastellaan myös tapauskohtaisesti. Periaatteena kuitenkin on, että varasyöttöyhteyksiä rakennetaan, mikäli niiden rakentaminen onnistuu helposti kohteen muun rakennustyön yhteydessä. Keskusta-alueella varasyöttöyhteyksiä rakennetaan aina viereisten muuntopiirien välille.

Keskusta-alueen ulkopuolella varasyhteyksien rakentamista harkitaan etenkin siinä tapauksessa, että viereisten muuntopiirien jakokaapit ovat niin lähellä toisiaan, että kaivettavan ojan pituus jää lyhyeksi verrattuna kokonaisojapituuteen. Tällöin varasyöttöyhteyden rakentaminen ei nosta merkittävästi kokonaiskustannuksia. Vaikka varasyöttöyhteyden kautta ei voitaisi tyydyttää kuin osa verkon tehontarpeesta, voidaan ainakin tärkeimpien asiakkaiden sähkönsaanti varmistaa jakorajamuutoksilla.

13.1.2 Nykyisen pienjänniteverkon hyödyntäminen

Jakeluverkkoa saneerattaessa nykyistä runkoverkkoa pyritään hyödyntämään aina mahdollisuuksien mukaan, mikäli se on teknisesti ja taloudellisesti perusteltua. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että verkkoon liitettyjen liittymien pääsulakkeilla on riittävä oikosulkuvirta ja jännitteenalenema on sallituissa rajoissa. Siten esimerkiksi ilmajohtoverkon saneeraukselle ei löydy perusteltuja syitä, mikäli em. asiat ovat kunnossa.

Purettavan pylväsmuuntamon pienjännitekeskusta voidaan usein hyödyntää, mikäli keskus on sijoitettu maahan pylväiden väliin. Siten pelkkien keskusta syöttävien kaapeleiden uusiminen uudelle puistomuuntamolle riittää. Pienjännitekeskus voi olla kiinnitetty myös pylväisiin, jolloin pylväiden purkamisen takia keskusta ei voida hyödyntää. Siten maahan joudutaan sijoittamaan uusi jakokaappi.

Joissain tapauksissa voi olla järkevintä purkaa ainoastaan pylväsmuuntamon muuntaja ja jättää pienjänniteverkko ennalleen. Tällöin muuntamoa täytyy voida pystyä syöttämään jonkin pienjänniteyhteyden kautta tai muuntamolle tuodaan uusi syöttökaapeli. Tämä vaihtoehto voi tulla kysymykseen siinä tapauksessa, että alueen jakeluverkkoa saneerataan vaiheittain.

Ilmajohtoverkkoa saneerattaessa, osa verkosta voidaan joutua jättämään ilmajohtoverkoksi. Saneeraustyön yhteydessä voidaan joutua asentamaan uusi pylväs (liite 6) nykyiselle johtokadulle, mikäli maakaapelia ei voida nostaa jollekin nykyisistä pylväistä. Yksityisen omistamalle maalle tulevasta uudesta pylvästä tulee myös sopia omistajan kanssa. Pienjännitepylväänä käytetään tavallisesti 9 m LK2 Cu- kyllästeistä pylvästä. Mikäli pylväitä tulee useampia, sijoituspaikat ja tyypit selvitetään yhteistyössä maastosuunnittelijan kanssa.

13.2 Muuntamon pienjännitekeskuksen ja jakokaapin pääkaavio

Jakokaappeina käytetään ABB:n Kabeldon CDC- ja SDC- jakokaappeja, jotka voidaan varustaa 400 A tai 630 A kiskostolla. Jakokaapit perustuvat kosketussuojattuun kiskojärjestelmään, johon kojeet voidaan asentaa omavalintaiseen järjestykseen nimellisvirrasta riippumatta. Kaikilla komponenteilla on IP2X- kotelointiluokka sekä moduulisidonnainen mitta, jolloin tietyn asennuksen tarvitsema tila voidaan laskea helposti ja siten valita sopiva kaappi. (ABB 2012, 7 - 21.)

Jakokaappien täyttö aloitetaan vasemmasta reunasta siten, että ensimmäiseksi sijoitetaan syöttökaapelit ADB3M- kiskoliitoksilla ja näiden jälkeen jatkavat runkokaapelit kytketään 400 A SLD2- jonovarokeytkimiin. Runkokaapeleiden perään sijoitetaan liittymiskaapelit SLD2- ja SLD00- jonovarokeytkimiin. Tavallisesti omakotitalojen liittymiskaapelit ovat AXMK25, jolloin kokoluokan SLD00- jonovarokeytkimeen voidaan asentaa kaksi liittymiskaapelia (liite 6) ja täten säästää jonovarokeytkimien määrässä.

Poikkeuksena ovat kuitenkin omaa tuotantoa omaavat kuluttajat, joille varataan omat lähdöt. Nämä lähdöt varustetaan lisäksi varoitustekstillä, joka varoittaa takajännitevaarasta. Suuremmilla jakokaapeilla tulee kiinnittää huomiota suurivirtaisten lähtöjen määrään, mikäli kiskoston kuormitus on kriittinen. Tällöin voi olla perusteltua tuoda syöttö keskelle, jonka molemmin puolin asennetaan suurivirtaiset lähdöt.

Jakokaapin koko saadaan laskemalla yhteen kojeiden moduulien määrät. Kiskoliittimien ADB3M leveys on 3 moduulia ja jonovarokeytkimen SLD2 ja SLD00 leveydet 12 ja 4 moduulia. Esimerkiksi liitteessä 6 näkyvä jakokaapin 946A464 moduulien määräksi saadaan 20 ja siten kaapin tyyppi CDC420.

Muuntamon pienjännitekeskuksen lähtöjen järjestys menee puolestaan siten, että ensin sijoitetaan pienet 160 A lähdöt ja näiden perään suuret 400 A lähdöt. Pienet lähdöt sijoitetaan ensin sen takia, koska suurten kaapeleiden kytkentä kojeiston reunaan on hankalaa. Muuntamon pienjännitekeskus suunnitellaan tavallisesti 700 mm leveistä kennoista, johon voidaan asentaa 6 kpl 400 A jonovarokeytkimiä. Mikäli esimerkiksi samaa liittymää syötetään usealla kaapelilla, lähtöjen järjestys tulee suunnitella siten, etteivät lähdön kaapelit osu kennojen saumaan.

13.3 Liittymisjohdon saneeraus

Vanhat jakeluverkot on usein kustannussyistä toteutettu ilmajohtoverkkona. Runkoverkko on yleensä rakennettu AMKA70- ja AMKA35-riippukierrekaapeleilla, jotka syöttävät päätepylväältä lähteviä liittymisjohtoja. Kyseiset liittymisjohdot ovat tavallisesti AMKA25, MCMK10 tai AMCMK16. Lisäksi joissakin vanhoissa ilmajohtoverkoissa voi olla 6 mm² vahvuisia MMJ-nousujohtoja AMKA-liittymisjohtojen jatkeena. Uusissa verkoissa AMKA-riippukierrekaapelin päättäminen seinään ei ole sallittua lukuun ottamatta kallioisia alueita.

Runko- ja liittymisjohtojen oikosulkusuojana toimivat pylväsmuuntamolla olevat sulakkeet. Suojaavana sulakkeena jakeluverkossa saattaa olla 63-160 A sulake. Tällainen tilanne on ollut laiton jo STM-määräysten voimassaoloajoista lähtien, sillä 6 mm² MMJ ei salli 80 A suurempaa oikosulkusulaketta. Tällöin jo standardin vaatimusten täyttäminen pakottaa saneeraamaan liittymisjohdon.

Liittymiskaapelin saneerauksen suunnittelun ensimmäinen vaihe on uuden liittymiskaapelin kaivureitin selvittäminen. Lisäksi tulee selvittää, mistä kohtaa kiinteistöä liittymiskaapeli nostetaan seinälle ja kytketään päävarokkeille. Edellä mainitut asiat kannattaa selvittää ja sopia mahdollisimman ajoissa tontin omistajan kanssa, jolloin vältetään myöhemmiltä muutoksilta. Mikäli tässä vaiheessa on jo tiedossa, että tontille joudutaan pakottavista syistä sijoittamaan runkokaapeleita, kannattaa tälle tiedustella alustavaa lupaa. Varsinainen sijoitussopimus runkojohdoista voi tehdä myöhemmin.

Uuden liittymiskaapelin kaivureitti tulee suunnitella siten, että kaapelin pituus saadaan mahdollisimman lyhyeksi ja siten oikosulkuvirta pääsulakkeilla saadaan maksimoitua. Kaivureitti tulee suunnitella siten, että liittymisjohto kulkee alkupäästään kunnan tai kaupungin maalla ja loppupäästään sen liittymän tontilla, jota kaapeli syöttää. Liittymiskaapelin sijoittamista kolmannen osapuolen tontille tulee välttää, jotta hoitorajat pysyvät yksiselitteisinä. Lisäksi vältetään sopimuksen laatimiselta kolmannen osapuolen kanssa.

Kuitenkin etenkin vanhan ilmajohtoverkon alueella liittymiskaapeleita joudutaan sijoittamaan kolmannen osapuolen maalle. Liitteen 6 mukaisesti osoitteissa Punamullantie 1,2 ja 6 sijaitsevien kiinteistöjen uudet liittymiskaapelit joudutaan pakosti sijoittamaan kolmannen osapuolen maalla, koska kyseisellä alueella ei kulje esimerkiksi yleistä tietä, jonka reunaan kaapelit olisi voitu sijoittaa. Toinen vaihtoehtoinen reitti olisi ollut kaivaa ne tonttien 3:166 ja 3:50 välistä rajaa pitkin, jolloin pituudet olisi saatu lyhyemmiksi ja oikosulkuvirta siten suuremmaksi. Tällöin olisi kuitenkin jouduttu kaatamaan puustoa, jolloin maanomistajalle olisi pitänyt maksaa korvauksia.

Sovittu liittymiskaapelin reitti tontilla piirretään kohteesta otettuun valokuvaan, joka esitetään verkkokartassa. Valokuvasta nähdään suoraan, mitä kiinteistön omistajan kanssa on sovittu, jolloin työn tekevän urakoitsijan ei tarvitse käyttää aikaa kaivureitin suunnitteluun ja selvittämiseen.

Tavallisesti seinään päätetty AMKA-liittymiskaapeli on vaihdettu vaihtoliittimillä MMJ-johdoksi, joka on kytketty päävarokekoteloon. Tällöin tulee huomioida, että uutta AXMK-maakaapelia ei voida kytkeä suoraan vanhaan päävarokekoteloon. Tässä tapauksessa päävarokekotelon alapuolelle asennetaan SK175-vaihtoliitinkotelo (liite 6), johon tuodaan uusi liittymiskaapeli.

Vanhalla ilmajohtoverkkoalueella liittymän pääsulakkeet voivat olla pylvääseen sijoitetussa päävarokekotelossa (kuva 3), jossa sijaitsee verkkoyhtiön ja liittymän välisen verkon raja. Tällaisissa tapauksissa kustannustehokkainta on menetellä siten, että pylväs katkaistaan ja päävarokekotelon yläpuolelle asennetaan vaihtoliitinkotelo, johon tuodaan runkokaapeli. Liittymän omistajan kustannuksella liittymiskaapeli voidaan tietenkin uusia kokonaisuudessaan.



KUVA 3. Liittymän päävarokekotelo pylväässä (Jukka Leino 2012.)

13.4 Ylivirtasuojaus

Pienjännitekaapeliverkon sulakesuojauksen suunnittelu voidaan jakaa seuraaviin kohtiin:

- 1 Valitaan runkojohdolle sulake, joka on suurempi kuin maksimikuormitusvirta otettaessa huomioon kuormituksen kasvu ja pienempi kuin kaapelille sallittu sulake. Lisäksi on otettava huomioon rengasyhteyksien vaikutukset vikatilanteissa.
- 2 Määritetään jakokaapeille sopivat välisulakkeet kaapeleiden suojaamiseksi ylikuormitukselta ja pyrkien selektiiviseen suojaukseen varasyöttötilanteet huomioiden.
- 3 Jakokaappien välisulakkeiden ansiosta liittymisjohtojen oikosulku- ja ylikuormitussuojaukset ovat kunnossa yleisesti käytetyillä johdinpoikkipinnoilla.
- 4 Tarkistetaan syötön nopean poiskytkennän täyttymisen valituilla välisulakkeilla.

(Lakervi & Partanen 2009, 208 - 209.)

13.4.1 Ylikuormitussuojaus

Ylikuormitussuojausta ei vaadita jakeluverkoissa maakaapeleilta eikä paljailta tai itsestään sammuvilta johtimilta. Sen sijaan AMKA-johdot tulee aina varustaa ylikuormitussuojalla. Maakaapeliverkko on yleensä asennettu palonkestävästi, jolloin ylikuor-

mitussuojaukseen ei vaadita. Ainoastaan liittymiskaapelit vaativat yleensä ylikuormitus-suojauksen. Mahdollisten kaapelivaurioiden varalta ylikuormitussuojaus kannattaa toteuttaa kaikille kaapeleille. (Lakervi & Partanen 2009, 198 - 199.)

13.4.2 Oikosulkusuojaus

Pienjänniteverkoissa syötön nopean poiskytkennän on tapahduttava pienimmän yksivaiheisen oikosulkuvirran vaikutuksesta määrättyssä enimmäisajassa. Vikavirran tulee olla riittävä sulakkeen nopeaan palamiseen. Pienjänniteverkossa oikosulku on kytkettävä pois enintään viidessä sekunnissa. Verkkoyhtiön jakeluverkoissa voidaan verkohaltijan mukaan hyväksyä myös pidemmät poiskytkentäajat, mutta 15 s:n toiminta-aikaa ei sielläkään saa ylittää. (Lakervi & Partanen 2009, 201 - 202.)

Mikäli liittymää syöttävä johto on suojattu jakeluverkon oikosulkusuojuella, jonka toiminta-aika on enintään 5 s liittymisjohdon lopussa tapahtuvassa yksivaiheisessa oikosulussa, ylikuormitussuojaksi riittävät liittymän pääsulakkeet ja oikosulkusuojaksi riittää jakeluverkon ylivirtasulake. Mikäli käytetään taulukon 2 sarakkeen 3 mukaista mitoittamista, voi oikosulkusuojuen toiminta-aika ylittää 5 s. Tällöin on noudatettava seuraavia vaatimuksia:

- Liittymiskaapelin poikkipinta on vähintään 10 mm² kuparia tai 16 mm² alumiinia ja ylikuormitussuojaus johdon lopussa tehdään esimerkiksi liittymän pääsulakkeilla
- Läpivienti on tehtävä vähintään lujuusluokan 4 asennusputkella ellei seinän rakenne ole paloturvallinen, esim. tiili tai betoni. Kaapeli on lisäksi suojattava mekaaniselta rasittumiselta
- Liittymiskaapelin asennus rakennuksen sisällä on tehtävä paloturvallisesti, eikä se saa koskettaa muita kaapeleita.
- Ulkoseinällä ja rakennuksen sisällä liittymiskaapelin pituus rajoitetaan mahdollisimman lyhyeksi.

(Lakervi & Partanen 2009, 204.)

LE- Sähköverkko Oy:n periaatteiden mukaan liittymiskaapeleiden asennuksessa on aina noudatettu palonkestävän asennuksen ehtoja. Tällöin liittymiskaapelin suojaus voidaan mitoittaa toimimaan 5 s hitaammin. Kuitenkin pääsulakkeille tulee aina mitoittaa riittävä oikosulkuvirta (taulukko 3), millä suojaus toimii 5 s. Lisäksi verkkoyhtiön periaatteiden mukaan oikosulkuvirran 3 x 25 A liittymän pääsulakkeilla tulee olla uusissa asennuksissa vähintään 250 A.

Runkokaapelien oikosulkusuojaus mitoitetaan tavallisesti siten, että oikosulkuvirta on $2,5 \times$ tai $3 \times I_n$ (taulukko 2). Omakotitaloalueella tällä tavalla mitoitetulla verkolla liittymien päävarokkeille saadaan toimitettua riittävä oikosulkuvirta, sillä liittymien pääsulakkeet ovat verkon sulakkeita huomattavasti pienempiä. Lisäksi suojaus saadaan selektiiviseksi verkon ja liittymien välillä ja liittymiskaapelit saadaan usein 5 s suojausten piiriin.

Kuitenkin teollisuusalueella liittymien tehontarve ja siten pääsulakkeet ovat huomattavasti suurempia verrattuna omakotitaloalueen verkkoon. Mikäli verkko mitoitettaisiin sulakkeen nimellisvirran monin kerran mukaan, pääsulakkeille ei välttämättä saada riittävä oikosulkuvirtaa. Lisäksi jännitteenalenema voi kasvaa liian suureksi. Tällöin jakeluverkon mitoittaminen 5 s poiskytkentäajan mukaan voi olla perusteltua.

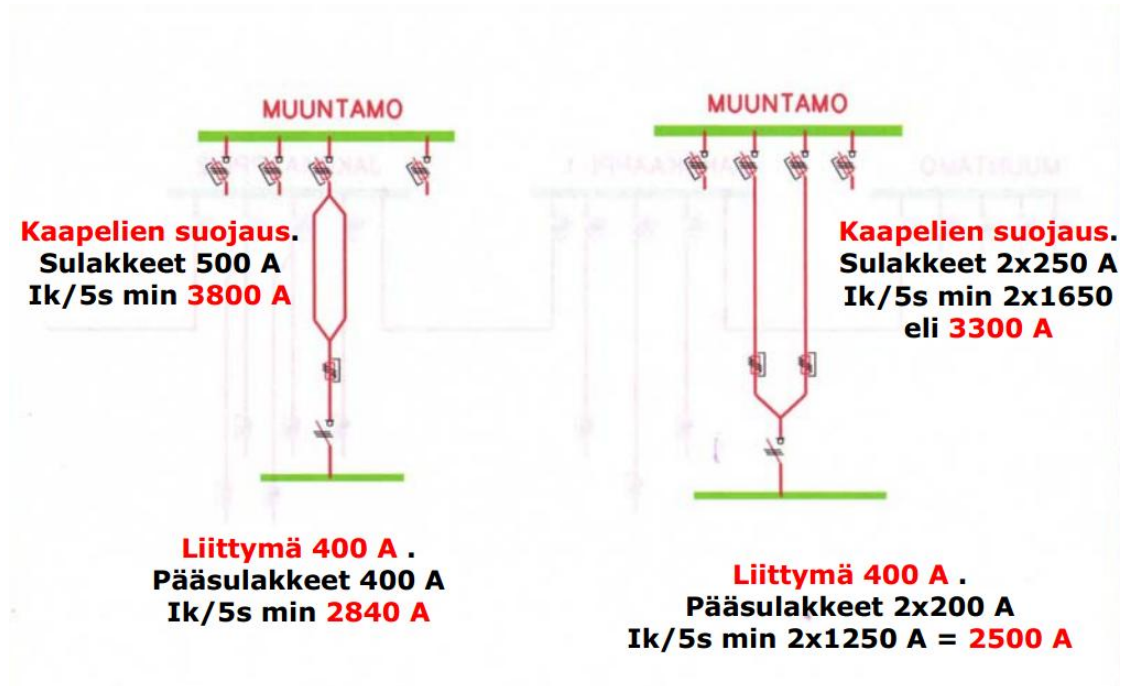
TAULUKKO 2. Sulakkeiden pienimmät vaaditut oikosulkuvirrat eri suojaustapauksissa. (Anjala 2008, 22.)

Sulakkeen nimellisvirta A	Oikosulkuvirta 5s laukaisuaajalla	Oikosulkuvirta 2,5 tai 3 x verkon sulake
25	250	62,5
35	250	87,5
50	250	125
63	320	157,5
80	425	240
100	580	300
125	715	375
160	950	480
200	1250	600
250	1650	750
315	2200	945
400	2840	1200
500	3800	1500
630	5100	1890

Runkokaapeleiden ja liittymisjohtojen ylivirtasuojat johtokokoluokittain on esitetty liitteen 5 taulukossa. Enintään 35 mm^2 alumiinisten liittymiskaapeleiden oikosulkusulakkeista tulee huomioida se, että sulakkeet ovat suurimmat mahdolliset standardin SFS 6000 taulukon 801B sarakkeen 4 mukaan. Tällöin poiskytkentäaika saa olla enintään 5 s. Mikäli 5s poiskytkentäaika ei toteudu, tulee sulakkeen olla yhtä porrasta pienempi.

Oikosulkusuojauksen toiminnan kannalta kiinnostavinta on tietää oikosulkuvirta jakokaappiketjun kauimmaisessa pisteessä. Mikäli suojaus toimii vaaditussa ajassa kauimmaisessa pisteessä, suojaus toimii vaaditussa ajassa myös muissa liittymissä. Tätä oletukseen voidaan kuitenkin tukeutua vain siinä tapauksessa, että kaikkien liittymien liittymiskaapeleiden oikosulkusuojana toimivat sulakkeet ovat samankokoisia. Muissa tapauksissa tulee suojausten toiminta tarkistaa kaikkien liittymien osalta

Kahdella tai useammalla rinnakkaisella kaapelilla toteutetut liittymät suojataan omilla sulakkeilla johdon molemmista päistä (kuvio 6). Liittymän pääsulakkeet toimivat tällöin myös oikosulkusuojana. Vaadittava oikosulkuvirta alenee samalla pääsulakkeiden tasolla, jolloin liittymiskaapeleiden 5 s oikosulkusuojausvaatimuksen toteutuminen helpottuu. Muilla ratkaisuilla standardin SFS 6000 vaatimusten toteutuminen on hankalaa. (Anjala 2009, 20.)



KUVIO 6. Rinnakkaisten kaapeleiden ylivirtasuojaus (Anjala 2009, 20.)

14 JAKELUVERKON MAADOITTAMINEN

14.1 Maadoittamisen periaatteet

Pienjänniteverkon suojauksessa keskeisellä sijalla on verkkokomponenttien suojausten lisäksi hengen- ja palovaaran tehokas eliminointi. Käytännössä tämä tarkoittaa varokesuojauksen rinnalla riittävän hyvien maadoitusten ylläpitoa. Maadoitusten tehtävänä on toimia ennen kaikkea vaarallisten kosketusjännitteiden potentiaalintasaajina. (Lakervi & Partanen 2009, 198 - 199.)

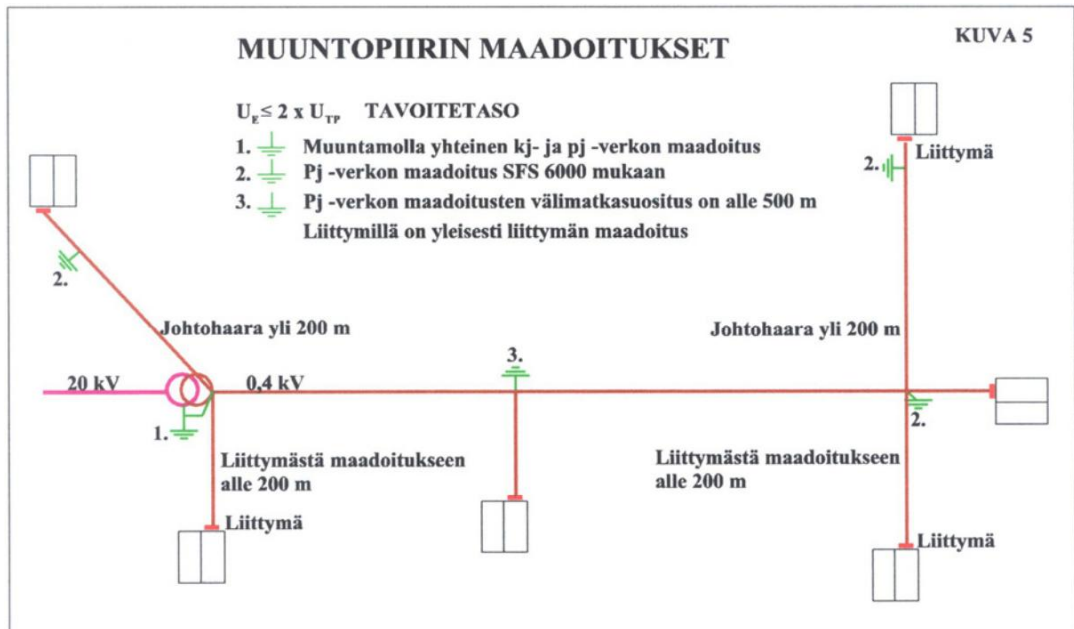
Esimerkiksi jakelumuuntamon kipinävälissä syntyvä keskijänniteverkon maasulku aiheuttaa kaikkialla pienjänniteverkon PEN-johtimissa maadoitusjännitteen suuruisen jännitteen. Mikäli pienjänniteverkossa ja sähkökäyttäjillä ei ole tehty asianmukaisia maadoituksia, voi sähkökäyttäjällä esiintyä erittäin vaarallisia kosketusjännitteitä, esimerkiksi sähkölaitteen maadoitetun kuoren ja maan välillä. Oikein tehdyillä maadoituksilla myös maan potentiaali sähkökäyttäjän läheisyydessä nousee maadoitusjännitteen mukaiseen arvoon, jolloin vaarallisia kosketusjännitteitä ei esiinny. (Lakervi & Partanen 2009, 198 - 199.)

Pienjännitejakeluverkko on toteutettu TN-C-järjestelmänä, jossa on yhdistetty nolla- ja suojajohdin eli PEN-johdin. Tällöin asiakkaan sähköliittymään on tehtävä maadoitusstandardin SFS 6000 mukaisesti. Jakeluverkon PEN-johdin on maadoitettava syöttöpisteessä (muuntaja tai generaattori) tai korkeintaan 200 m:n päässä siitä. Lisäksi jokainen yli 200 m pitkä johto tai johtohaara on maadoitettava loppupäästään tai enintään 200 m:n päässä siitä. AMKA-johdoille suositellaan maadoittamista vähintään 500 m:n välein ylijännitesuojauksen toimivuuden vuoksi. (Lakervi & Partanen 2009, 199.)

Maadoituselektrodien maadoitusimpedanssin tulisi olla olosuhteiden salliessa enintään 100 Ω . Mikäli tämä arvo ylittyy, on toimittava huonojen maadoitusolosuhteiden vaatimusten mukaisesti. Tällöin jokaiselle johtohaaralle tulee tehdä maadoitus erikseen. (Lakervi & Partanen 2009, 199.)

Standardi SFS 6001 edellyttää, että suurjännite- ja pienjänniteverkon maadoitukset yhdistetään aina, kun se on mahdollista. Muuntamolle rakennetaan yhteinen maadoituselektrodi keskijännitteelle alttiiden osien suojamaadoitukselle ja pienjänniteverkon maadoitukselle. (Sähköenergialiitto 2006, 16.)

Standardin SFS 6000 mukaan uusille liittyjille tulee rakentaa liittymän maadoitus. Mikäli liittymän maadoitus täyttää pienjänniteverkon maadoitusten vaatimukset, voidaan sitä pitää pienjänniteverkon johtohaaran päässä maadoituksena. Verkonhaltijalla ei ole välttämättä mahdollisuutta valvoa liittymän maadoituksia, jolloin on parempi, että jakeluverkon maadoitukset rakennetaan erillisinä kuvion 7 mukaisesti. (Sähköenergialiitto 2006, 16.)



KUVIO 7. Muuntopiirin maadoitusten tavoitetaso (Sähköenergialiitto 2006, 27.)

Laajan maadoitusjärjestelmän toteutumiseen on syytä pyrkiä siitä saavutettavien turvallisuus- ja taloudellisuusetujen takia. Yleensä ruutukaavamaiselle kaupunkialueelle muodostuu laaja maadoitusjärjestelmä. Rivimäinen muuntamoketju ei kuitenkaan muodosta laajaa maadoitusjärjestelmää, koska siitä puuttuu verkkomaisuus sekä riittävä tiheys. Lisäksi laajan maadoitusjärjestelmän syntyminen on syytä osoittaa piirtämällä kaavio maadoitusjärjestelmien yhteyksistä. Verkonhaltijan verkkoja tarkastava laitos on pyytänyt tällaisia kaavioita. (Sähköenergialiitto 2006, 21.)

Laajan maadoitusjärjestelmän yhdysjohtimina toimivat:

- suurjännitekaapeleiden vaipat ja keskusköydet,
- pienjänniteverkon PEN-johtimet
- mahdolliset erilliset muuntamoita yhdistävät maadoitusjohtimet ja elektrodit
- ilmajohtopylväisiin rakennetut maadoitusjohtimet

Maadoitusjärjestelmän maadoituksina toimivat sähköasemien, muuntamoiden, pienjänniteverkon ja liittymien maadoitukset. (Sähköenergialiitto 2006, 21.)

14.2 Maadoitusten suunnittelu

LE- Sähköverkko Oy:n muuntopiirien maadoitukset on aina yhdistetty, jolloin muodostuu laaja maadoitusjärjestelmä. Uuden puistomuuntamon osalta tulee kuitenkin kiinnittää huomiota siihen, että liittyminen laajaan maadoitusjärjestelmään tapahtuu luotettavasti sekä usean erillisen yhteyden kautta.

Verkkoyhtiön periaatteiden mukaan keskijännitekaapeleiden sekä pienjänniterunkojohtojen rinnalle asennetaan aina maadoituselektrodi Cu25 (liite 7). Keskijännitekaapeleiden rinnalle asennettava maadoituselektrodi kytkeytyy keskijännitekaapelin maadoitusköyden rinnalle, jolloin muuntamoiden väliset yhteydet vahvistuvat. Pienjänniterunkojohtojen rinnalle asennettava maadoituselektrodi ei katkaista jakokaapin kohdalla, vaan siitä otetaan kaksi haaraa aina jokaisen jakokaapin PEN-kiskoon. Tällöin varmistetaan siitä, että itse maadoituselektrodi pysyy ehyenä.

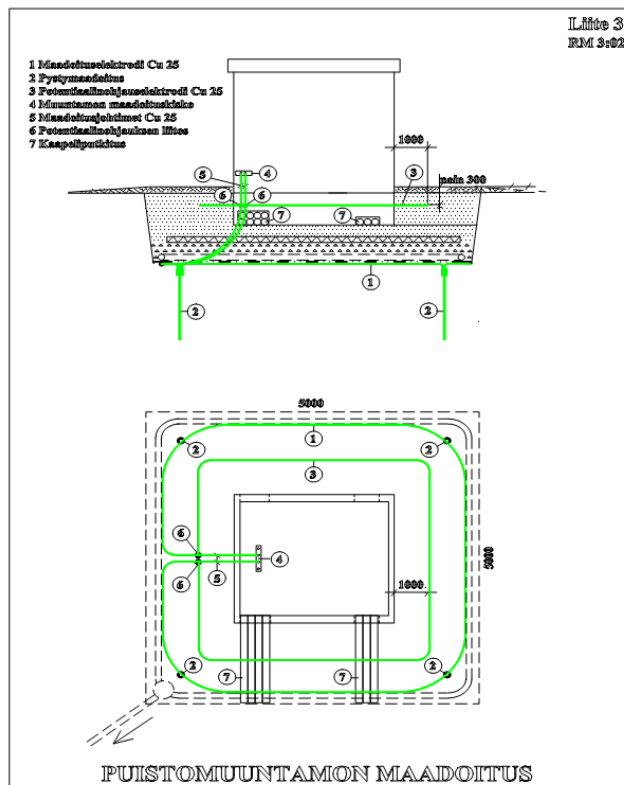
Puistomuuntamon maadoituskiskoon (liite 7) yhdistetään runkokaapeleiden rinnalle asennettavien maadoituselektrodien lisäksi purettavan pylväsmuuntamon maadoitukset sekä nykyiset maassa olevat maadoituselektrodit. Verkkoyhtiön periaatteena on ollut aina asentaa pienjänniterunkojohtojen rinnalle maadoitusjohtimia, jolloin nykyiset maadoituselektrodit voidaan esittää verkkokartoissa. Lisäksi jakokaappiin tuleva maadoituskupari merkitään samalla numerotunnuksella kuin jakokaappia syöttävä runkojohto.

Erityisesti ilmajohtolla toteutettujen liittymien saneerauksessa liittymän maadoituksen olemassaolosta ei useinkaan ole varmuutta. Tällöin uuden liittymiskaapelin rinnalle asennetaan aina harkitusti 20 m pituinen Cu25-maadoituselektrodi, jota ei kytkeä jakeluverkkoon. Mikäli kiinteistön omistaja päättää saneerata kiinteistön sisäjohtoverkon, voidaan maadoituskupari kytkeä uuteen pääpotentialintasauskiskoon.

Keskijännitemaakaapeliverkkoon liitetyillä muuntamoilla käytetään yhdistettyä keskijännitteelle alttiiden osien suojamaadoitusta ja pienjänniteverkon maadoitusta. Tämän lisäksi muuntamolle pyritään rakentamaan aina paikallinen maadoituselektrodi muuntamon tai rakennuksen perustusten yhteyteen. (Sähköenergialiitto 2002, 33.)

Puistomuuntamon maadoituselektrodit asennetaan kuvion 8 mukaisesti. Perustusten kaivannon pohjalle asennetaan renkaan muotoinen maadoituselektrodi, jonka maadoitusresistanssia parannetaan pystymaadoituksin. Pystymaadoituksilla päästään todennäköisesti parempaan tulokseen asentamalla yksi kunnan syvämaadoitus neljän lyhyen asemasta. (Sähköenergialiitto, 2002, 33.)

Liite 3 Puistomuuntamon tai vastaavan erillisen muuntamon maadoitukset perustamisen yhteydessä.



KUVIO 8. Puistomuuntamon maadoittaminen. (Sähköenergialiitto 2002 Liite 3.)

Potentiaalinhojauselektrodi asennetaan enintään 0,5 m syvyydelle ja noin metrin etäisyydelle muuntamon seinästä. Potentiaalinhojauselektrodiä ei kuitenkaan tarvita laajanmaadoitusjärjestelmän alueella eikä siellä, missä ehto $U_E \leq 2 \times U_{TP}$ toteutuu. Mikäli keskijännite- tai pienjännitekaapeliverkon kaapelojaan asennetaan erillisiä vaakamaadoituselektrodeja, niin ne yhdistetään muuntamon maadoituskiskoon. Maadoitus- ja potentiaalinhojauselektrodit rakennetaan Cu 25 mm² köydellä. (Sähköenergialiitto 2002, 33.)

Maadoituskiskon ja elektrodien välille asennetaan maadoitusjohtimeksi kaksi 25 mm² köyttä, koska silloin yhden johtimen irrottamisella voidaan todeta maadoituksen jatkuvuus. Tällä varmistetaan myös se, ettei yhden maadoitusjohtimen katkeaminen irrota muuntamoaa maadoituksesta. (Sähköenergialiitto 2002, 33.)

15 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää jakeluverkkojen suunnittelussa sekä työkarttojen laadinnassa huomioitavia seikkoja. Lisäksi tavoitteena oli käydä läpi LE- Sähköverkko Oy:n vaatimuksia ja periaatteita, jotka suunnittelijan tulee erityisesti huomioida. Työ rajattiin koskemaan ilmajohtoverkkojen saneerausta maakaapelilla, koska kyseisten kohteiden suunnittelulle on eniten tarvetta. Lisäksi verkkoyhtiön strategiaan linjauksiin kuuluu pyrkimys päästä kokonaan eroon ilmajohtoverkosta.

Työn tuloksena saatiin laadittua dokumentaatio sekä mallisuunnitelma, jota voidaan käyttää verkkoyhtiössä tarkempien suunnitteluohjeiden lähtökohtana. Työssä käsiteltiin suunnittelun ohella melko laajasti jakeluverkon sähköturvallisuutta, sillä sähköturvallisuusvaatimusten täytyminen on hyvin keskeisellä sijalla suunnittelussa. Tästä mainittakoon pienjänniteverkon oikosulkusuojauksen oikea mitoittaminen sekä muuntopiirin maadoittamisen tärkeys.

Opinnäytetyön aihe oli mielenkiintoinen ja suhteellisen haastava. Etenkin mallisuunnitelman laatimisessa oli monia asioita, joihin ei ollut olemassa valmiita ohjeita. Tiiviillä yhteistyöllä ongelmat saatiin kuitenkin ratkaistua suhteellisen helposti ja suunnittelu-työtä voitiin jatkaa. Kuitenkin työn haastavuuden ansiosta omat valmiudet jakeluverkkojen suunnitelmien laatimiseen lisääntyivät huomattavasti.

LÄHTEET

ABB 2012. *Pienjännitekojeet*. [verkkodokumentti]. [Viitattu 27.4.2013]. Saatavissa: [http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/04669f417a032790c12573db003b0178/\\$file/kabeldon_final_lores.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/04669f417a032790c12573db003b0178/$file/kabeldon_final_lores.pdf)

Anjala, R. 2008. *Pienjänniteverkon ja jakelumuuntajan sähköinen mitoittaminen SA 2:08*. Helsinki: Adato Energia Oy.

Anjala, R. 2009. *Kaapeloitujen pj- liittymisjohtojen mitoitus ja suojaus SA 4:09*. Helsinki: Adato Energia Oy

Energiateollisuus ry. 2005. *Työkartat – Työpiirustukset RU B2-1:05*. Helsinki: Adato Energia Oy.

Gasum. 2012a. *Muista maakaasulinja!* [verkkajulkaisu]. [viitattu 17.10.2012] Saatavissa: <http://verkkajulkaisu.viivamedia.fi/gasumesitteet/muistamaakaasulinja>

Gasum. 2012b. *Maankäyttö ja turvallisuus. Lupa- ja lausuntopyyntö* [verkkajulkaisu]. [viitattu 18.10.2012] Saatavissa: <http://www.gasum.fi/kaasuverkostot/maankaytto/Sivut/lausuntopyynto.aspx>

HL-Elec Oy yrityksen www-sivu [viitattu 29.4.2013]. Saatavissa: <http://www.hl-elec.fi/>

Hyrkkänen, L. 2013. Verkkokuva [sähköposti]. Vastaanottaja Jukka Leino. Lähetetty 18.2.2013 [viitattu 18.2.2013]

Lahti Energia. 2012a. *Tilin päätös 2011* [verkkajulkaisu]. [viitattu 6.10.2012]. Saatavissa: <http://www.lahtienergia.fi/lahti-energia/julkaisut/tilinpaaetoos-2011>

Lahti Energia. 2012b. Historia. [viitattu 6.10.2012]. Saatavissa: <http://www.lahtienergia.fi/lahti-energia/50>

Lahti Energia. 2012c. Sähkön siirto. LE-Sähköverkko Oy. [viitattu 6.10.2012]. Saatavissa: <http://www.lahtienergia.fi/sahkon-siirto/le-sahkoverkko-oy>

Lahti Energia. 2012d. *Yhtiön esittely 2012*.

Lakervi, E. & Partanen, J. 2009. *Sähkönjakelutekniikka*. 2. painos. Helsinki: Otatieto

Liikennevirasto. 2011. *Sähköjohdot ja maantiet 7.3.2011* [verkkodokumentti]. [viitattu 15.10.2012]. Saatavissa: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2011-04_sahkojohdot_ja_web.pdf

Ratahallintokeskus. 2004. *Yleisohje johdoista ja kaapeleista ratahallintokeskuksen alueella* [verkkodokumentti]. [viitattu 17.10.2012] Saatavissa: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rhk_b13_yleisohje_johdoista_kaapeleista.pdf

Salonen, K. 2012e. *Insinööriytyö* [sähköposti]. Vastaanottaja Jukka Leino. Lähetetty 25.10.2013 [viitattu 25.10.2012]

Salonen, K. Suunnittelupäällikkö 2013. LE- Sähköverkko Oy. Lahti 29.4.2013. Haastattelu.

Salonen, K. 2012a. *Sähkönjakeluverkon suunnittelu*.

Salonen, K. 2012b. *Muuntamoalue ja sopimukset*.

Salonen, K. 2012c. *Johtokadut ja sopimukset*.

Salonen, K. 2012d. *Maakaapeliverkon suunnittelu*.

SFS 6000-8-801 2007. *Pienjännitesähköasennukset. Osa 8-801: Eräitä asennuksia koskevat täydentävät vaatimukset. Jakeluverkot. 2. painos. SFS-käsikirja 600. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto*

SFS 6000-5-54 2007. *Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-54: Maadoittaminen ja suojajohtimet. 2. painos. SFS-käsikirja 600. Helsinki: Suomen standardoimisliitto*

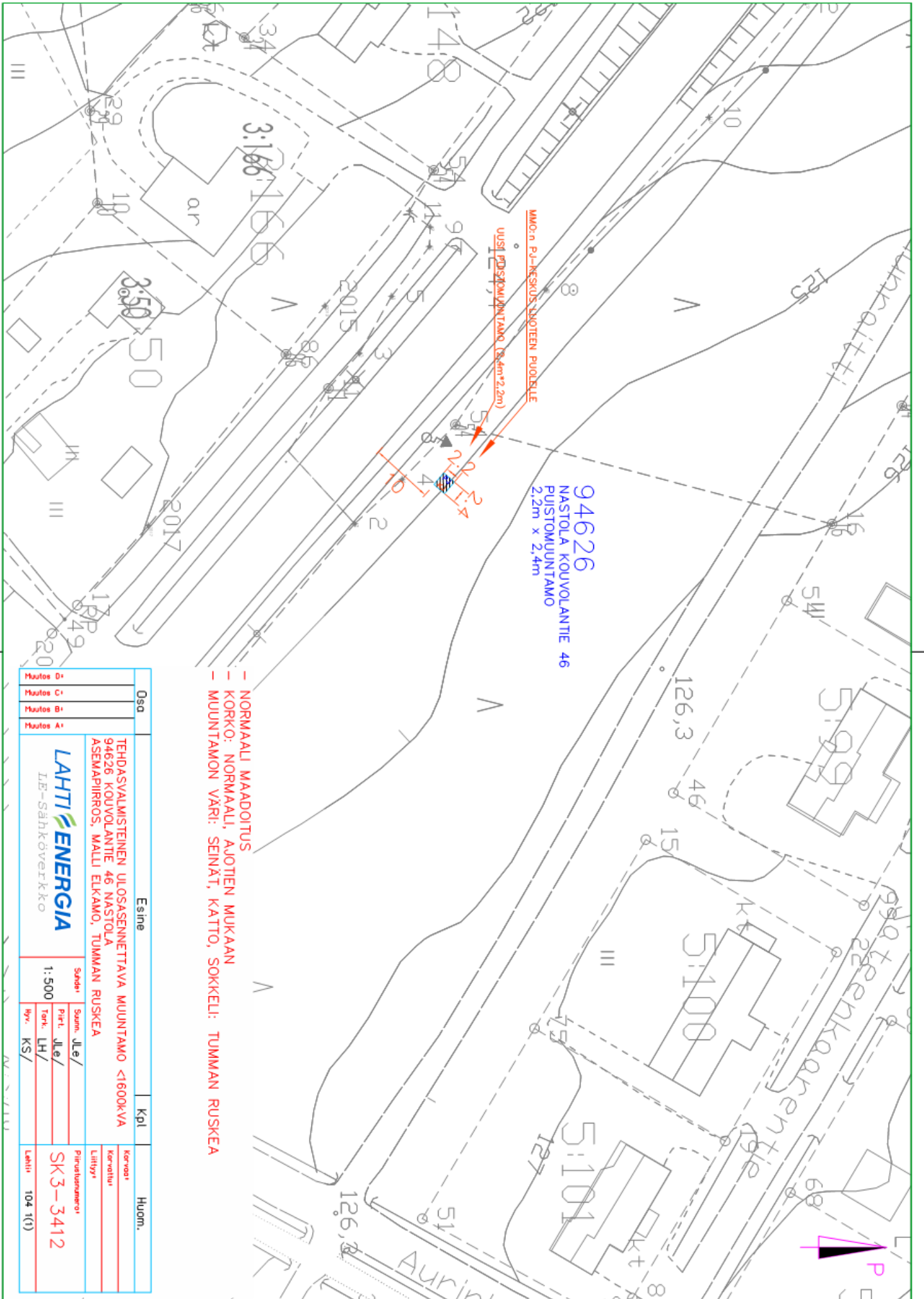
SFS 6002 2007. *Sähkötyöturvallisuus. Liite Z: Työskentely jännitteisten osien läheisyydessä. 2. painos. SFS-käsikirja 600. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto*

SFS 6000-8-814 2007. *Pienjännitesähköasennukset. Osa 8-814: Eräitä asennuksia koskevat täydentävät vaatimukset. Kaapelin asentaminen maahan tai veteen. 2. painos. SFS-käsikirja 600. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto*

SFS 6001. *Suurjännitesähköasennukset. Osa 7: Turvatoimenpiteet. 3. painos. SFS-käsikirja 601. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto*

Sähköenergialiitto. 2006. *Pylväserotinasemien ja muuntopiirien maadoitukset standardin SFS 6001 mukaan RJ 19:06. Helsinki: Adato Energia Oy*

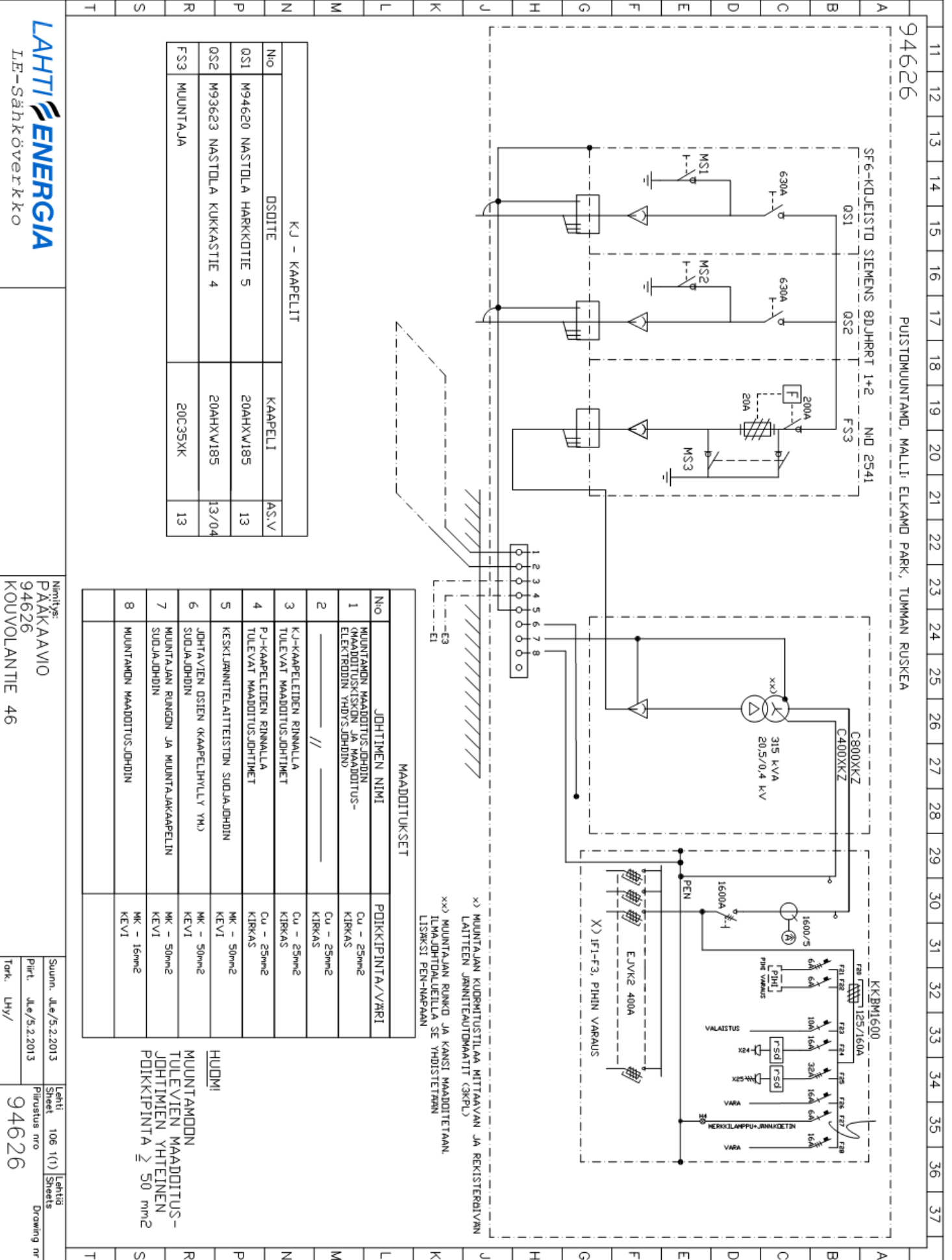
Sähköenergialiitto ry. 2002. *Kaapeliliitännäinen verkonhaltijan muuntamo RM 3:02.*



Osa	Esine	Kpl	Huom.
Muutos D*			
Muutos C*			
Muutos B*			
Muutos A*			
LAHTI ENERGIA IE-Sähköverkko			
TEHDÄSAVALMISTENEN ULOSASENNETTAVA MUUNTAMO <1600KVA 94626 KOUVOLANTIE 46 NASTOLA ASEMAPIRRROS, MALLI ELKAMO, TUMMAN RUSKEA			
Suurempi 1:500		Suunn. Jle/ Piirtäjä Jle/ Tekn. LH/ Hyvä. KS/	Keraavat Keräytin Liittymä Pituusnumero SK3-3412 Lehtio 104 (10)

- NORMAALI MAADOITUS
- KORKO: NORMAALI, AJOTIEN MUKAAN
- MUUNTAMON VÄRI: SEINÄT, KATTO, SOKKELI: TUMMAN RUSKEA

A muutos	D muutos
B muutos	E muutos
C muutos	F muutos

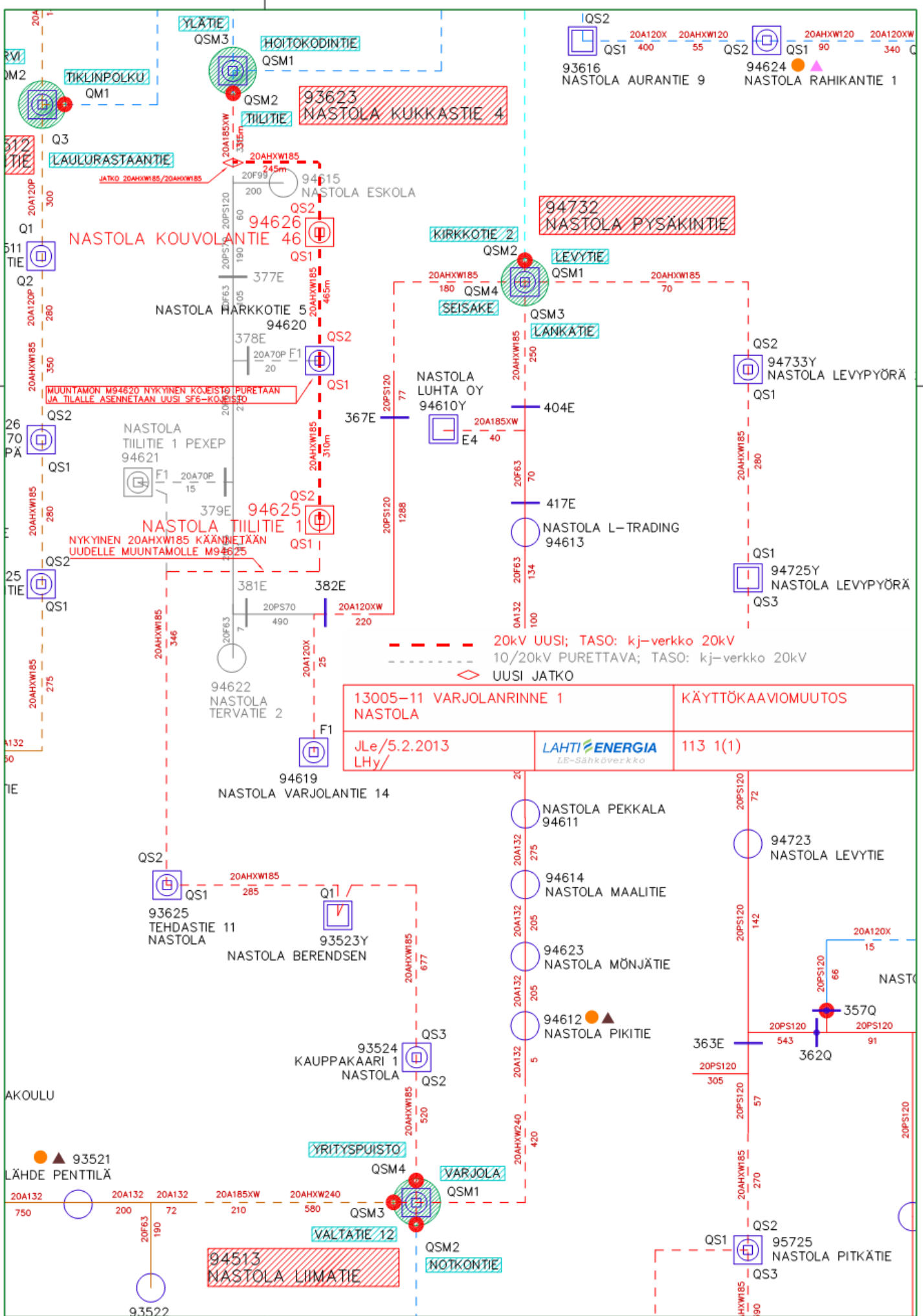


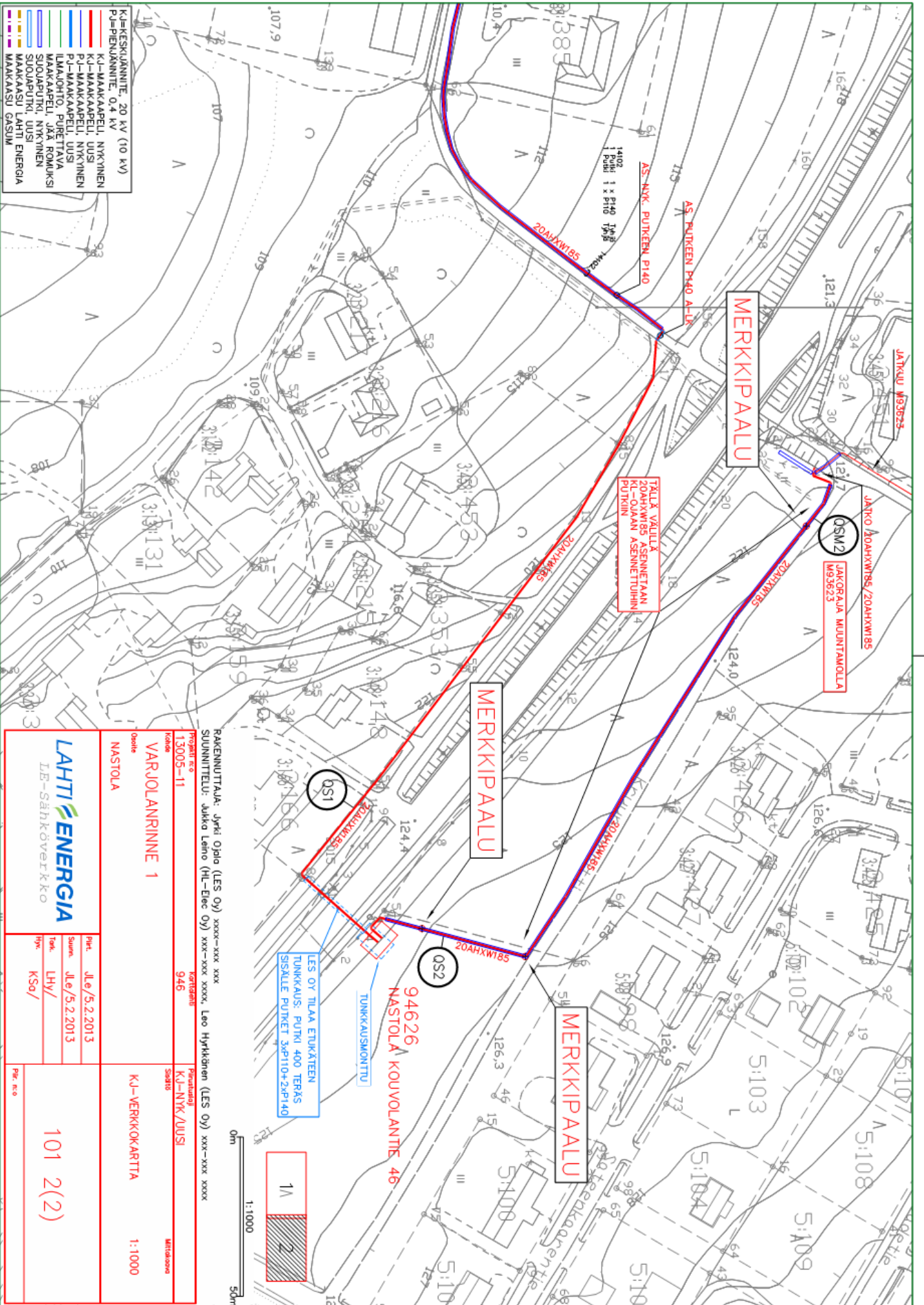
IE-Sähköverkko

Nimitys:
PAAKKAAVIO
94626
KOUVOLANTIE 46

Suunn. Jle/5.2.2013
Piirt. Jle/5.2.2013
Tark. Lhy/

Lahti Sheet 106 (1)
Lahti Sheets
Pitustus nro 94626
Drawing nr





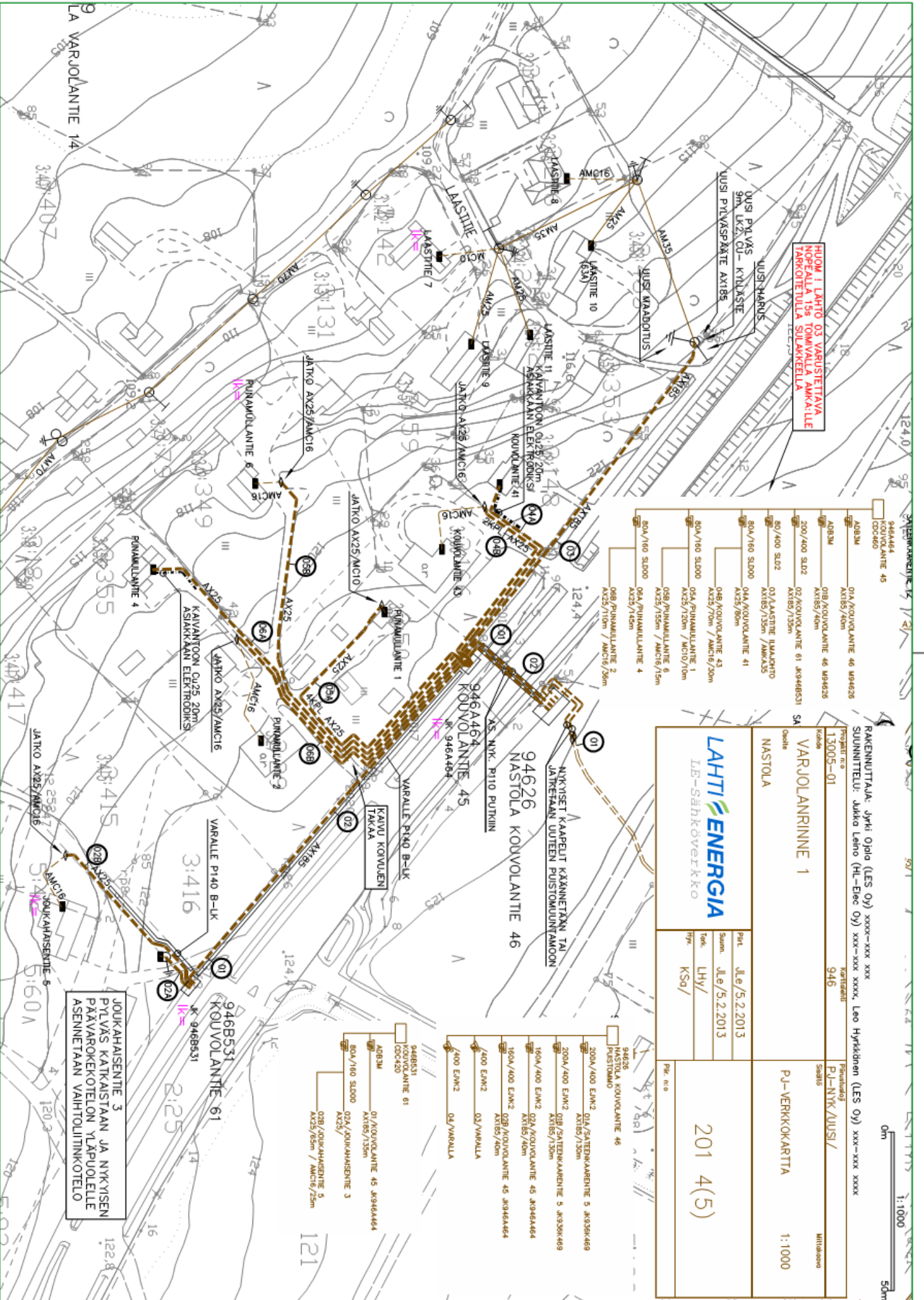
- KJ=KESKIJÄNNITE, 20 kV (10 kV)
- PJ=PIENJÄNNITE, 0,4 kV
- KJ-MAAKKAAPPEL, NYKYINEN
- KJ-MAAKKAAPPEL, UUSI
- PJ-MAAKKAAPPEL, NYKYINEN
- PJ-MAAKKAAPPEL, UUSI
- LIMAOHOTO, PURETTAVA
- MAAKKAAPPEL, JÄÄ ROMUKSI
- SIDUAPUTKI, NYKYINEN
- SIDUAPUTKI, UUSI
- MAAKKAASU LAHTI ENERGIA
- MAAKKAASU GASIM

LAHTI ENERGIA IE-Sähköverkko	
Rakennuttaja: Jyri Ojola (LES Oy) xxx-xxx-xxx Suunnittelija: Jukka Lehto (HL-Elec Oy) xxx-xxx-xxxx, Leo Hykkönen (LES Oy) xxx-xxx-xxxx	Karttamäärä: 946 Pöytäkirja nro: 13005-11
Osoite: VARJOLANRINNE 1 NASTOLA	Suunnitelman nimi: KJ-VERKKOKARTTA Mittakaava: 1:1000
Päivä: 11/6/5.2.2013 Suunnitelman päivä: 11/6/5.2.2013 Tekijä: LHY/ Tyypillinen: KSo/	Sivut: 101 2(2)



<i>Johtolaadun tunnus</i>	<i>Nimi</i>	<i>Kuormitus kes- toisuus</i>	<i>Runko- johdon ylikuorm- sulake</i>	<i>Runko- johdon oikos- sulake</i>	<i>Liitt- johdon oikos- sulake</i>	<i>Liitt- johdon ylikuor- sulake</i>
AMC120	AMCMK 3x120+41	220.0 A	160.0 A	200.0 A	250.0 A	160.0 A
AP120	APAKM 3x120+120	250.0 A	200.0 A	250.0 A	250.0 A	200.0 A
AX120	AXMK 4x120S	250.0 A	200.0 A	250.0 A	250.0 A	200.0 A
AXC120	AXCMK 3x120+41	250.0 A	200.0 A	250.0 A	250.0 A	200.0 A
AMC150	AMCMK 3x150+41	250.0 A	200.0 A	250.0 A	250.0 A	200.0 A
AP150	APAKM 3x150+150	280.0 A	200.0 A	250.0 A	250.0 A	200.0 A
AX150	AXMK 4x150S	280.0 A	200.0 A	250.0 A	250.0 A	200.0 A
AMC16	AMCMK 3x16+10	64.0 A	50.0 A	63.0 A	125.0 A	50.0 A
AX16	AXMK 4x16S	70.0 A	63.0 A	80.0 A	125.0 A	63.0 A
AMC185	AMCMK 3x185+56	285.0 A	200.0 A	250.0 A	250.0 A	200.0 A
AP185	APAKM 3x185+185	325.0 A	250.0 A	315.0 A	315.0 A	250.0 A
AX185	AXMK 4x185S	325.0 A	250.0 A	315.0 A	315.0 A	250.0 A
AXC185	AXCMK 3x185+56	325.0 A	250.0 A	315.0 A	315.0 A	250.0 A
AXC185V	AXCMK 4x185/57CU	325.0 A	250.0 A	315.0 A	315.0 A	250.0 A
AMC240	AMCMK 3x240+72	330.0 A	250.0 A	315.0 A	315.0 A	250.0 A
AP240	APAKM 3x240+240	385.0 A	315.0 A	400.0 A	400.0 A	315.0 A
AX240	AXMK 4x240S	385.0 A	315.0 A	400.0 A	400.0 A	315.0 A
AMC25	AMCMK 3x25+10	76.0 A	63.0 A	80.0 A	160.0 A	63.0 A
AX25	AXMK 4x25S	95.0 A	80.0 A	100.0 A	160.0 A	80.0 A
AMC35	AMCMK 3x35+10	105.0 A	80.0 A	100.0 A	200.0 A	80.0 A
AP35	APAKM 3x35+35	120.0 A	100.0 A	125.0 A	200.0 A	100.0 A
AX35	AXMK 4x35S	120.0 A	100.0 A	125.0 A	200.0 A	100.0 A
AXC35	AXCMK 3x35+10	120.0 A	100.0 A	125.0 A	200.0 A	100.0 A
AMC50	AMCMK 3x50+15	135.0 A	100.0 A	125.0 A	200.0 A	100.0 A
AP50	APAKM 3x50+50	155.0 A	125.0 A	160.0 A	200.0 A	125.0 A
AX50	AXMK 4x50	155.0 A	125.0 A	160.0 A	200.0 A	125.0 A
AMC70	AMCMK 3x70+21	155.0 A	125.0 A	160.0 A	200.0 A	125.0 A
AP70	APAKM 3x70+70	180.0 A	160.0 A	200.0 A	200.0 A	160.0 A
AX70	AXMK 4x70S	180.0 A	160.0 A	200.0 A	200.0 A	160.0 A
AMC95	AMCMK 3x95+30	188.0 A	160.0 A	200.0 A	200.0 A	160.0 A
AP95	APAKM 3x95+95	215.0 A	160.0 A	200.0 A	200.0 A	160.0 A
AX95	AXMK 4x95S	215.0 A	160.0 A	200.0 A	200.0 A	160.0 A
MC10	MCMK 3x10+10	62.0 A	50.0 A	80.0 A	125.0 A	50.0 A
MC10-10Y	MCMK 2x10+10	62.0 A	50.0 A	80.0 A	125.0 A	50.0 A
MMJ10	MMJ 4x10	62.0 A	50.0 A	80.0 A	125.0 A	50.0 A
PL10	PLKVJ 4x10	70.0 A	50.0 A	80.0 A	125.0 A	50.0 A
MC120	MCMK 3x120+70	280.0 A	200.0 A	250.0 A	250.0 A	200.0 A
PL120	PLKVJ 3x120+70	315.0 A	250.0 A	315.0 A	315.0 A	250.0 A
MC150	MCMK 3x150+70	320.0 A	250.0 A	315.0 A	315.0 A	250.0 A
PL150	PLKVJ 3x150+70	360.0 A	315.0 A	400.0 A	400.0 A	315.0 A
MC16	MCMK 3x16+16	82.0 A	63.0 A	80.0 A	160.0 A	63.0 A
MC16V	MCMK 4x16+16	82.0 A	63.0 A	80.0 A	160.0 A	63.0 A
MMJ16	MMJ 4x16 S	82.0 A	63.0 A	80.0 A	160.0 A	63.0 A
PL16	PLKVJ 4x16	90.0 A	80.0 A	100.0 A	160.0 A	80.0 A
MC185	MCMK 3x185+95	365.0 A	315.0 A	400.0 A	400.0 A	315.0 A
MC2.5	MCMK 3X2.5+2.5	22.0 A	16.0 A	35.0 A	35.0 A	16.0 A
MC2.5-2.5Y	MCMK 2x2.5+2.5	22.0 A	16.0 A	35.0 A	35.0 A	16.0 A
C25	Cu 4x25	195.0 A	160.0 A	160.0 A	160.0 A	80.0 A
MC25	MCMK 3x25+16	105.0 A	80.0 A	100.0 A	160.0 A	80.0 A

MMJ25	MMJ 4x25	105.0 A	80.0 A	100.0 A	160.0 A	80.0 A
PL25	PLKVJ 3x25+16	120.0 A	100.0 A	125.0 A	200.0 A	100.0 A
C35	Cu 4x35	240.0 A	200.0 A	200.0 A	200.0 A	100.0 A
MC35	MCMK 3x35+16	135.0 A	100.0 A	125.0 A	200.0 A	100.0 A
MK35x4	MK 4x35	135.0 A	100.0 A	125.0 A	200.0 A	100.0 A
PL35	PLKVJ 3x35+16	145.0 A	125.0 A	160.0 A	200.0 A	125.0 A
C3x35+16	Cu 3x35+16	240.0 A	200.0 A	200.0 A	200.0 A	200.0 A
MC4	MCMK 3x4+4	28.0 A	20.0 A	40.0 A	40.0 A	20.0 A
MC50	MCMK 3x50+25	160.0 A	125.0 A	160.0 A	200.0 A	125.0 A
PL50	PLKVJ 3x50+25	180.0 A	125.0 A	160.0 A	200.0 A	125.0 A
C6	Cu 4x6	75.0 A	63.0 A	63.0 A	80.0 A	25.0 A
MC6	MCMK 3x6+6	33.0 A	25.0 A	63.0 A	80.0 A	25.0 A
MC6Y	MCMK 2x6	33.0 A	25.0 A	63.0 A	80.0 A	25.0 A
MMJ6	MMJ 4x6	33.0 A	25.0 A	63.0 A	80.0 A	25.0 A
MMJ6Y	MMJ 2x6	33.0 A	25.0 A	63.0 A	80.0 A	25.0 A
C6Y	Cu 2x6	75.0 A	63.0 A	63.0 A	80.0 A	25.0 A
MC70	MCMK 3x70+35	200.0 A	160.0 A	200.0 A	200.0 A	160.0 A
PL70	PLKVJ 3x70+35	240.0 A	160.0 A	200.0 A	200.0 A	160.0 A
MC95	MCMK 3x95+50	240.0 A	160.0 A	200.0 A	200.0 A	160.0 A
PL95	PLKVJ 3x95+50	275.0 A	200.0 A	250.0 A	250.0 A	200.0 A
MC10Y	MCMK 2x10	62.0 A	50.0 A	80.0 A	125.0 A	50.0 A
Sp40	SPARROW	210.0 A	160.0 A	160.0 A	160.0 A	63.0 A
Sp40Y	SPARROW1	210.0 A	160.0 A	160.0 A	160.0 A	35.0 A
Rv62Sp	RAVENx3+SPARROV	280.0 A	200.0 A	200.0 A	200.0 A	63.0 A
PL100	PLKVJ 2X(3X50+25)	370.0 A	250.0 A	315.0 A	315.0 A	250.0 A
PL71	PLKVJ 2X(3X35+16)	280.0 A	200.0 A	250.0 A	250.0 A	200.0 A
AMKA120	AMKA 3x120+95	250.0 A	200.0 A	200.0 A	400.0 A	200.0 A
AMKA16	AMKA 3x16+25	70.0 A	63.0 A	63.0 A	125.0 A	63.0 A
AMKK16	AMKK 4x16	70.0 A	63.0 A	63.0 A	125.0 A	63.0 A
AMKA16Y	AMKA 1x16+25	75.0 A	63.0 A	63.0 A	125.0 A	63.0 A
AMKK16Y	AMKK 2x16	75.0 A	63.0 A	63.0 A	125.0 A	63.0 A
AMKA25	AMKA 3x25+35	90.0 A	80.0 A	80.0 A	160.0 A	80.0 A
AMKK25	AMKK 4x25	90.0 A	80.0 A	80.0 A	160.0 A	80.0 A
AMKA35	AMKA 3x35+50	115.0 A	100.0 A	100.0 A	160.0 A	100.0 A
AMKA35V	AMKA 3x35+70	115.0 A	100.0 A	100.0 A	160.0 A	100.0 A
AMKK35	AMKK 4x35	115.0 A	100.0 A	100.0 A	160.0 A	100.0 A
AMKA50	AMKA 3x50+70	140.0 A	125.0 A	125.0 A	200.0 A	125.0 A
AMKK50	AMKK 4x50	140.0 A	125.0 A	125.0 A	200.0 A	125.0 A
AMKA70	AMKA 3x70+95	180.0 A	160.0 A	160.0 A	250.0 A	160.0 A
AMMK70	AMKK 4x70	180.0 A	160.0 A	160.0 A	250.0 A	160.0 A
MMJK10	MMJK 4x10	62.0 A	50.0 A	50.0 A	125.0 A	25.0 A
MMJK16	MMJK 4x16	82.0 A	63.0 A	63.0 A	160.0 A	50.0 A
MMJK25	MMJK 4x25	105.0 A	80.0 A	80.0 A	200.0 A	80.0 A
MMJK6	MMJK 4x6	33.0 A	25.0 A	25.0 A	80.0 A	25.0 A
MMJK6Y	MMJK 2x6	33.0 A	25.0 A	25.0 A	80.0 A	25.0 A



HUOM! LAHTI O3 VARUSTETTAVA NOPEALLA 15s TOIMIVALLA ANKALLE TARKOITETULLA SULAKKEELLA

946A44	KOUVOLANTIE 45	01A/KOUVOLANTIE 46 M4E628
ADBM	AKB5/40m	01B/KOUVOLANTIE 46 M4E628
ADBM	AKB5/40m	AKB5/40m
200/400 SL02	02/KOUVOLANTIE 61 M4E6B531	SA
80/400 SL02	03/AASTITE 11AAKORTO	
80A/160 SL00	04A/KOUVOLANTIE 41	
80A/160 SL00	05A/PUNAMULLANTIE 1	
08B/KOUVOLANTIE 43	AK25/75m / AKC6/50m	
05A/PUNAMULLANTIE 1	AK25/150m / MCI0/10m	
08B/PUNAMULLANTIE 6	AK25/150m / AKC6/50m	
80A/160 SL00	08A/PUNAMULLANTIE 4	
AK25/150m	AK25/150m	
08B/PUNAMULLANTIE 2	AK25/110m / AKC6/50m	

RAKENNUTTAJA: Jytki Oyj (LES Oy) xxxxx-xxxx xxx SUUNNITTELU: Jukka Leino (HL-Elec Oy) xxx-xxx xxx, Leo Hyvärinen (LES Oy) xxx-xxx xxx	
Projektin nro 13005-01	Kartanid 946
VARJOLANRINNE 1 NASTOLA	Pääsuunnitelma P1-NYK/VIUSI/ Salius
Per. nro 201 4(5)	Mittakaava 1:1000
Per. nro 201 4(5)	

JOUKKAISENTE 3 PVLVAS KATKAISTAAN JA NYKYISEN PÄÄVAROKOTELON YLÄPUOLELLE ASENNETAAN VAHTOLIITINKOTILO

946B51	KOUVOLANTIE 61	01A/KOUVOLANTIE 45 M4E6A464
ADBM	AKB5/150m	AKB5/150m
80A/160 SL00	02A/JOUKKAISENTE 3	
AK25/	AK25/75m / AKC6/50m	

94626	NASTOLA KOUVOLANTIE 46	01A/SATEENKAARENTE 5 M4E6B469
200A/400 EHV2	AKB5/150m	
200A/400 EHV2	02A/SATEENKAARENTE 5 M4E6B469	
160A/400 EHV2	02B/KOUVOLANTIE 45 M4E6A464	
160A/400 EHV2	AKB5/40m	
400 EHV2	02B/KOUVOLANTIE 45 M4E6A464	
400 EHV2	AKB5/40m	
400 EHV2	03/VARALLA	
400 EHV2	04/VARALLA	

94626
 NASTOLA KOUVOLANTIE 46
 NYKYISET KAPELIT KÄÄNNETTÄÄN TAI LAITETAAN UUTEEN PISTOLIITINTAMON

946A464
 KOUVOLANTIE 45
 AS. NYK. P110 PUTKIN

946A464
 KOUVOLANTIE 45
 AS. NYK. P110 PUTKIN

VARALLE P140 B-LK
 KAIVU KOVUEN TAKAAN

VARALLE P140 B-LK

JOUKKAISENTE 5

