

**PASI SÄLLINEN**

**KEIJUTIEN MAAKAPELOINTI**

**Opinnäytetyö  
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Marraskuu 2016**

**TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ**

<b>Yksikkö</b> Ylivieska	<b>Aika</b> Marraskuu 2016	<b>Tekijä</b> Pasi Sällinen
<b>Koulutusohjelma</b> Sähkötekniikka		
<b>Työn nimi</b> Keijutien maakaapelointi		
<b>Työn ohjaaja</b> Jari Halme	<b>Sivumäärä</b> 35 + 7	
<b>Työelämäohjaaja</b> Mikko Hietanen		
<p>Opinnäytetyöni aiheena oli sähköverkon suunnittelun toteutus Relacom Oy:lle.</p> <p>Työn tavoitteena oli toteuttaa maakaapeloitua sähköverkkoa Elenia Oy:lle ja parantaa käyttöönotto-tarkastuspöytäkirjojen laatua sekä merkintöjen laatua.</p> <p>Työssä teoreettisina lähtökohtina olivat laskelmat, Elenia -verkkoyhtiön asennusohjeet, Head Power -ohjeet ja valmistajien asennusohjeet.</p> <p>Työn tuloksena syntyi uutta maakaapeloitua sähköverkkoa Viitasaaren Isoahon kylään. Sähköverkkoa voidaan laajentaa helposti nykytilasta.</p>		
<b>Asiasanat</b> Maakaapelointi, sähköverkon toteutus, merkinnät, käyttöönottotarkastukset.		

**ABSTRACT**

<b>CENTRIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES</b> Ylivieska	<b>Date</b> November 2016	<b>Author</b> Pasi Sällinen
<b>Degree programme</b> Electrical engineering		
<b>Name of thesis</b> Keijutie cabling		
<b>Instructor</b> Jari Halme		<b>Pages</b> 35 + 7
<b>Supervisor</b> Mikko Hietanen		
<p>The subject of this thesis was the implementation of the electrical network design for Relacom Ltd.</p> <p>The aim was to carry out an underground cable for grid Elenia Ltd and improve the quality of the initial inspection protocol report, as well as the quality of entries.</p> <p>The thesis's theoretical starting points were: the use of the calculations, Elenia network company's installation instructions, Head Power's guidelines and manufacturers' installation instructions.</p> <p>The result was a new underground cable electricity network in the Viitasaari Isoaho village. The further development of the electricity network can be easily expanded from the current state.</p>		

**Key words**

Cabling, electrical network implementation, labeling, initial inspections.

## SISÄLLYS

1. JOHDANTO	1
2. OPINNÄYTETYÖN TAVOITTEET	2
3. RELACOM FINLAND-YHTIÖ	3
3.1 Emoyhtiö	3
3.2 Relacom Power Supply	4
4. SÄHKÖISTYSPROJEKTIN OSAPUOLET	5
4.1 Suunnittelu	5
4.2 Rakentaminen	5
5. SUUNNITTELUN ALKUTOIMENPITEET	7
5.1 Maan- ja tienkäyttösopimukset	7
5.2 Sijoittamissopimukset	7
6. SÄHKÖVERKON SUUNNITTELU	9
6.1 Kaapeleiden mitoitus	9
6.2 Kaapeleiden valinnat	9
7. RAKENTAMINEN	15
7.1 Kaapelointi ja kytkennät	15
7.2 Muuntamot	15
7.3 Kaapelijakokaapit ja kaapelihaaroituskaapit	18
7.4 Jännitetyöt ja käyttökeskeytykset	19
7.5 Sähkötyöturvallisuus	22
7.6 Materiaalien hankinta	23
8. TARKASTUKSET JA MERKINNÄT	24
8.1 Käyttöönottotarkastukset	24
8.2 Aistinvaraiset tarkastukset	24
8.3 Testaukset	25

8.4 Eristysresistanssin mittaus johtimille	26
8.5 Merkinnät	31
8.6 Tarkastuspöytäkirjat	32

9. YHTEENVETO	34
---------------	----

## KUVIOT

KUVIO 1. Relacom Finland toimipisteet	3
KUVIO 2. Pienjännitemaakaapeliverkon topologia	10
KUVIO 3. ABB Safe Plus katkaisija	16
KUVIO 4. Kompensoinnin asettelu muuntajan kannella	17
KUVIO 5. ABB CDC-420 kaapelijakokaappi	19
KUVIO 6. Ensto kaapelihaaroituskaappi	19
KUVIO 7. 20 kilovoltin jännitetyövälineitä	21
KUVIO 8. Eristysresistanssimittari Chauvin Arnoux 6505	26
KUVIO 9. Eristysresistanssimittauksen periaate	28
KUVIO 10. Eristysresistanssimittari Chauvin Arnoux 6525	29
KUVIO 11. Fluke T140 -jännitetesteri	30
KUVIO 12. Scotchlite merkintänumeroita	32
KUVIO 13. Dymo merkintä	32

## TAULUKOT

TAULUKKO 1. Pienimmät oikosulkuvirta-arvot pääsulakkeilla	11
TAULUKKO 2. Oikosulkusuojauksen mitoitusarvot	13
TAULUKKO 3. Suurimmat sallitut johtokohtaiset oikosulkusuojat	14
TAULUKKO 4. Käyttöönottotarkastuspöytäkirjat	33

LÄHTEET	35
---------	----

## LIITTEET

## 1 JOHDANTO

Nykyään sähkökatkoista puhutaan tiedotusvälineissä aina, kun Suomessa on myrskyjä tai muuten on poikkeuksellinen säätila. Koko Suomen sähköverkoista on kaksi kolmasosaa ilma-johtoa ja näin ne ovat alttiina sääilmiöille.

Parhaimpia ratkaisuja sähkökatkojen vähentämiseen on maakaapelointi. 1950-luvulla ja 1960-luvulla rakennettiin paljon ilmajohtoja ja nyt on aika tullut uusia näitä johtoja. Oikein toteutettuna maakaapeliverkon laskettu käyttöaika on 50 vuotta. Maakaapeloitu sähköverkko on säävarma, sääilmiöt eivät sitä vahingoita.

Työtavoilla ja työkohteen suunnittelulla voidaan vaikuttaa työn taloudellisuuteen ja työn toteutuksen turvallisuuteen.

Tarkastukset ja merkinnät ovat suuressa osassa työn onnistumisessa ja samalla ne tuovat sähköturvallisuutta. Tarkastukset jakautuvat kolmeen osa-alueeseen:

- aistinvaraiset tarkastukset
- mittaukset
- toiminnalliset testaukset

Jokaisella verkkoyhtiöllä on oma toimintatapa, miten merkitään ja millä merkitään. Merkinnät tuovat sähköturvallisuutta laitteistojen käyttäjille, joten merkinnät kannattaa tehdä niin selvästi, että niistä saavat kaikki käyttäjät selvyden.

## 2 OPINNÄYTETYÖN TAVOITTEET

Opinnäytetyön tavoitteena on parantaa maakaapeliverkon rakentamisessa käytettävien tarkastusten ja merkintöjen sekä tarkastuspöytäkirjojen laatua. Tarkoituksena on, ettei varmenustarkastuksissa ole puutteita, vaan dokumentointi ja tarkastuspöytäkirjat ovat suunnitelmien mukaiset.

Työn toimeksiantaja oli Relacom Finland-yhtiön Power Supply-yksikön Viitasaaren urakointialue.

Verkkoyhtiö Elenia seuraa urakoitsijoita laatumittareilla, joihin yhtenä osana kuuluvat dokumentoinnin ja tarkastuspöytäkirjojen laatu.

Sähköverkkoyhtiö Elenia rakentaa maakaapeloituna kaikki uudet sähköverkot, mikäli se vain on mahdollista. Vanhat ilmajohdot Elenia korvaa saneerauskohteissa maakaapeleilla. Hintakerot maakaapeloinnin ja ilmajohdon välillä ovat kaventuneet uusien asennustekniikoiden myötä.

Maakaapelin investointikustannus on suurempi kuin ilmajohdon investointikustannus. Kun otamme huomioon sekä ylläpitokustannukset että sähkökatkojen aiheuttamat kustannukset johdon koko elinajalta, maakaapeli ei ole ilmajohtoa kalliimpi.

Sähkömarkkinalaki 588/2013 asettaa sähköjakelun varmuudelle ja luotettavuudelle omat vaatimuksensa. Jakeluverkon vioittuminen myrskyn tai lumikuorman seurauksena ei saa aiheuttaa 6 tuntia kestävästä keskeytyksestä sähköjakeluun asemakaava-alueella. Muualla kuin asemakaava-alueella sähköjakeluun ei saa aiheuttaa yli 36 tuntia kestäviä sähkökatkoja. Jakeluverkko on suunniteltava ja rakennettava siten, ja sitä on ylläpidettävä niin, että verkko täyttää järjestelmävastaavan, kantaverkonhaltijan asettamat verkon käyttövarmuutta ja luotettavuutta koskevat vaatimukset.

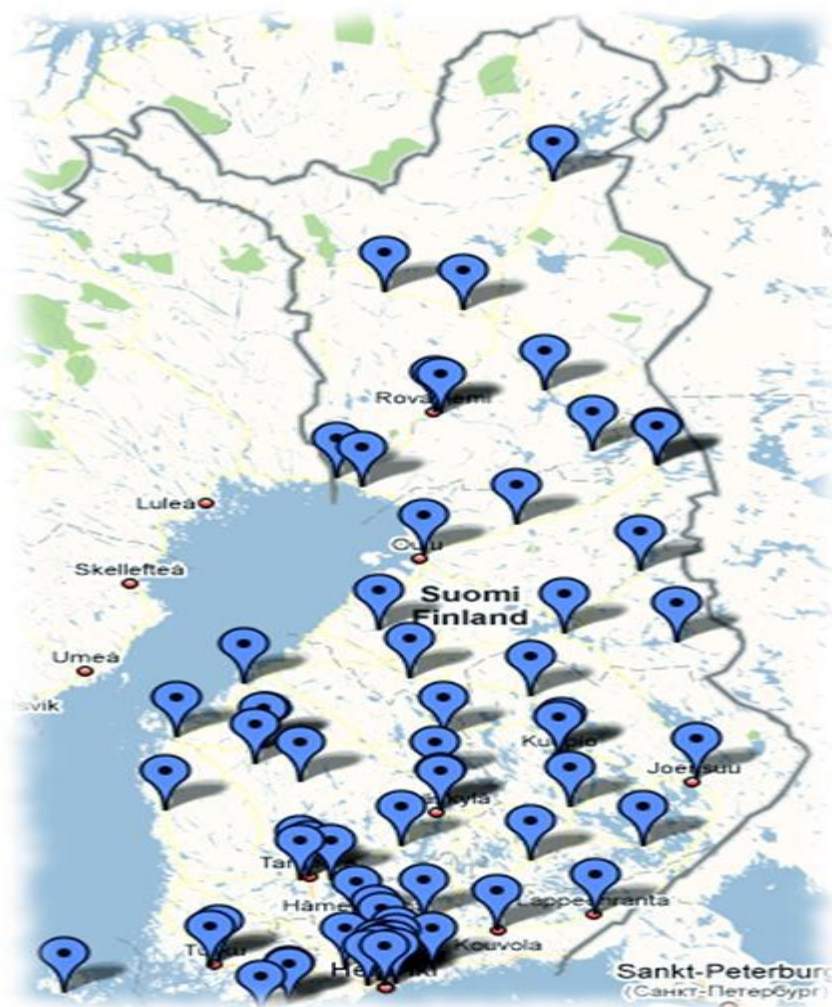
### 3 RELACOM FINLAND-YHTIÖ

#### 3.1 Emoyhtiö

Relacom Finland Oy on valtakunnallisesti toimiva palveluyritys, jonka toimialoja ovat:

- sähköverkot (Power Supply)
- televerkot ja tietoliikenne sekä kiinteistöverkot (Telecom)
- ICT-järjestelmien asentaminen (M2M)
- konsultointi telehallinnolle, energiahallinnolle ja julkishallinnolle (Orbion Consulting)

Yritys työllistää 750 henkeä. Relacom Finland Oy:n liikevaihto oli vuonna 2014 noin 80 miljoonaa euroa. Toimipisteitä on 50 Suomessa. Pääkonttori sijaitsee Vantaalla.



KUVIO 1. Relacom Finland-yhtiön toimipisteet Suomessa (Relacom Oy, 2016)

### 3.2 Relacom Power Supply

Energiaverkkojen ja -infrastruktuurin markkinat jatkavat nopeaa kasvua. Relacom Power Supply-yksikkö pystyy tarjoamaan asiakkaille markkinoiden parhaita palveluja ja verkonrakennusratkaisuja. Relacom Power Supply rakentaa ja ylläpitää sähkönjakeluverkkoja, päivystää ja tuottaa vianhoitopalveluita. Yhtiö tarjoaa myös poikkeustilanteiden hallintaa ja myynnin jälkeisiä palveluita sekä hoitaa tärkeät loppuasiakaskontaktit. Relacom Power Supply-yksiköllä on myös kokemusta automaattiseen mittarinluentaan liittyvien suurten hankkeiden asennuksesta ja ylläpidosta. Relacom Power Supply toimii Caruna-verkkoyhtiön ja Elenia-verkkoyhtiön alueella.

Relacom-konserni on viime vuosina investoinut kasvaviin älykkäiden sähköverkkojen markkinoihin ja vihreän energian tuotantoon, kuten tuulivoimaloihin ja aurinkokennoteknologiaan.

Orbion Consulting-yksikön mukanaan tuoma asiantuntemus auttaa Relacom-konsernia tarjoamaan asiakkailleen kykyä kehittää asiakkaiden liiketoiminta-arvoja. Samalla energiayhtiöt voivat hyödyntää muilta tekniikan aloilta keräämäänsä tietoa eri alojen parhaista käytännöistä.

Kasvavat markkinat edellyttävät suuria investointeja sähkö- ja energiainfrastruktuuriin. Monet energiayhtiöt ja verkkoyhtiöt käyttävät ulkopuolisia palveluntarjoajia ydinliiketoimintansa ulkopuolisten prosessien ja ratkaisujen tuottamiseen. Relacom Power Supply -yksikön vahva kokemus rakennusurakoista ja tehokkuuden varmistamisen mallit auttavat energiayhtiöitä kehittämään omaa liiketoimintaansa. Viitasaaren toimipiste sijaitsee osoitteessa Marintie 2. Siellä työskentelee kuusi sähköverkkojen ammattilaista. (Relacom Oy, 2016.)

## 4 SÄHKÖISTYSPROJEKTIN OSAPUOLET

### 4.1 Suunnittelu

Kun Viitasaaren kaupunki päätti rakentaa Keijutien alueelle kunnallistekniikan, lähti Elenia-verkkoyhtiö rakentamaan sähköverkon Keijutien alueelle. Elenia-verkkoyhtiö teki tilauksen Relacom Oy:lle sähkösuunnittelusta ja sähköverkon rakentamisesta. Aikataulu oli todella tiukka. Kaivutyöt oli tarkoitus aloittaa vuoden 2015 kesäkuun alussa, ja Elenia-verkkoyhtiöltä tilaus tuli toukokuussa 2015. Sähkösuunnitelman teki maastosuunnittelija Hannu Vilkkilä Relacom Power Supply -yksiköstä. (LIITE1). Samalla suunnittelija teki maankäyttösopimukset ja tienkäyttösopimukset.

### 4.2 Rakentaminen

Maansiirtotöistä vastasivat maansiirtoliike Järveläinen Keiteleeltä ja maansiirtoliike Kumpulainen Kinnulasta. Sähköverkon maakaapelit asennettiin samaan ojaan kunnallistekniikan ja kuituverkon kanssa, näin säästettiin kaivukustannuksissa huomattava osuus.

Maaseutumuuntamoiden, kaapelijakokaappien ja kaapelihaaroituskaappien kaivamisen ja asentamisen jälkeen päästiin sähköasennustöihin.

Riittävän ammattitaitoiseksi itsenäisesti tekemään sähköalan töitä katsotaan se, joka on sähkötöihin opastettu ja joka on:

- suorittanut tekniikanalan korkeakoulututkinnon ja hankkinut puolenvuoden työkokemuksen tai
- sähköalan insinööri tai teknikko ja jolla on kuuden kuukauden työkokemus sähköalan töistä tai
- suorittanut ammattitutkinnon, erikoisammattitutkinnon tai vastaavan koulutuksen tai tutkinnon ja ollut kuuden kuukauden ajan sähkötöissä tai

- suorittanut ammatillisen perustutkinnon tai vastaavan koulutuksen ja on ollut vuoden sähköalan töissä tai
- ollut kuusi vuotta sähkötöissä ja omaa riittävät alan perustiedot. (KTM 351/2010.)

## 5 SUUNNITTELUN ALKUTOIMENPITEET

### 5.1 Maankäyttösopimus ja tienkäyttösopimus

Maanomistajien ja kuntien kanssa solmittavat maankäyttösopimukset pohjautuvat Maa- ja metsätaloustuottajain keskusliiton, Energiateollisuuden, Finnet-liiton ja Telia Soneran tekemään sopimussuositukseen. Metsäyhtiöiden ja Metsähallituksen maankäyttösopimuksissa noudatetaan erillisiä sopimusehtoja ja korvauskäytäntöjä.

Sopimus sähköjohdosta tai sähkölaitteiston toteutuksesta tehdään kirjallisena ja siihen liitetään liitetiedostoksi aina kartta. Maankäyttösopimukset ja verkkotietosopimukset urakoitsija tekee Avux-intra -järjestelmässä ja ulkopuoliset maastosuunnittelijat Avux-extra -järjestelmässä. Järjestelmissä on käytettävissä maakaapeliverkkoa ja ilmajohtoverkkoa varten omat sopimusohjelmat.

Maakaapeliverkon sopimusohjelmaa käytetään myös siinä tapauksessa että paikalle rakennetaan maaperusteinen puistomuuntamo. Muuntamon alueen pohjapinta-ala määritellään korvauslaskelmaan muuntamon sijoituspaikasta riippuen. Sopimusohjelma valitaan perustietoja syötettäessä, sopimuslaatu-kentän valinnan perusteella.

Jos maankäyttösopimuksessa tulee korvattavaa, täytetään ja tulostetaan sopimukseen korvauslaskelmalomake. Korvauslomake liitetään maankäyttösopimukseen kartan kanssa. Samaa korvauslaskelmalomaketta käytetään sekä ilmajohtoa ja maakaapelia koskevissa sopimuksissa.

Jos maa-alueelle sovitaan esimerkiksi raivausrajoitus johonkin kohtaan, liitetään karttapohja maankäyttösopimukseen liitetiedostoksi raivausrajoitusalueesta. (Elenia Oy, 2012.)

## 5.2 Sijoittamissopimukset

Maa-alueiden ja tonttien omistajien kanssa sähkösuunnittelija teki sopimukset kaapeleiden ja muuntamoiden sekä kaapelijakokaappien ja kaapelihaaroituskaappien sijoittamisesta.

Haja-asutusalueen puistomuuntamon alue on kooltaan  $12\text{ m} \times 12\text{ m} = 144\text{ m}^2$  (maaseutu-muuntamon koon oletus on  $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ ). Tämän kokoisella alueella voidaan varmistaa, että tulevaisuudessa säilyy tarpeeksi käyttöoikeusaluetta muihin palaviin rakenteisiin. Jakokaappien ja haaroituskaappien koko on  $1\text{ m}^2$  (oletus  $0,5\text{ m} \times 1\text{ m}$ ).

Maakaapeleista maksetaan sijoituspaikasta riippumatta 1 m leveydeltä maapohjakorvaus. Maapohjakorvaus maksetaan yhden kerran, vaikka ojassa olisi useampi kaapeli, jos johtoaluetta ei tarvitse leventää. Maapohjakorvauksen perusteena on se, ettei kaapelin päälle voi rakentaa muuta. Kaivinkoneen kulkua varten metsään tehdystä 3 metriä leveästä kulkuurasta maksetaan odotusarvon mukainen korvaus. (Elenia Oy, 2012.)

Suunnitteluvaiheessa oltiin yhteydessä alueen tiekuntaan, jonka kanssa sovittiin tienkäytöstä ja tienalituksista. Tiekuunnalle korvattiin työaikana aiheutuneista kuluista ja tien palautuksesta nykykuntoon työn lopussa.

## 6 SÄHKÖVERKON SUUNNITTELU

### 6.1 Kaapeleiden mitoitus

Keskijänniteverkko rakennetaan 20 kilovoltin maakaapeleilla siten, että vikatilanteissa sähkökatkoajat jäisivät mahdollisimman vähäisiksi. Asemakaava-alueilla pyritään alle 6 tunnin katkoaikoihin, ja muualla pyritään alle 36 tunnin katkoaikoihin. Taajamissa pyritään kaapelit sijoittamaan yleisille alueille, esimerkiksi katujen ja puistojen reunoille.

Sähköverkon suunnitteluvaiheessa otetaan huomioon alueiden kehittyminen ja sen mukainen tavoitesähköverkko. Haja-asutusalueille kaapelit sijoitetaan pääsääntöisesti teiden varsille ja tonttien rajoille. Haja-asutusalueilla sähkökaapeleiden johtohaarat suunnitellaan niin, että haaralla on enintään 4 muuntamoaa tai maksimissaan 200 kilovoltiampeerin nimellisteho.

Pienjänniteverkko rakennetaan kokonaan maakaapeleilla ja sijoitetaan samalla periaatteella kuin 20 kilovoltin kaapelit. Kaapelireitit suunnitellaan nykyisten ja ennustettavissa olevien sähkökuormien painopistealueille, kuitenkin niin että johtopituudet ovat mahdollisimman lyhyet. Näin saadaan mahdollisimman suuri oikosulkuvirta liittymispisteisiin.

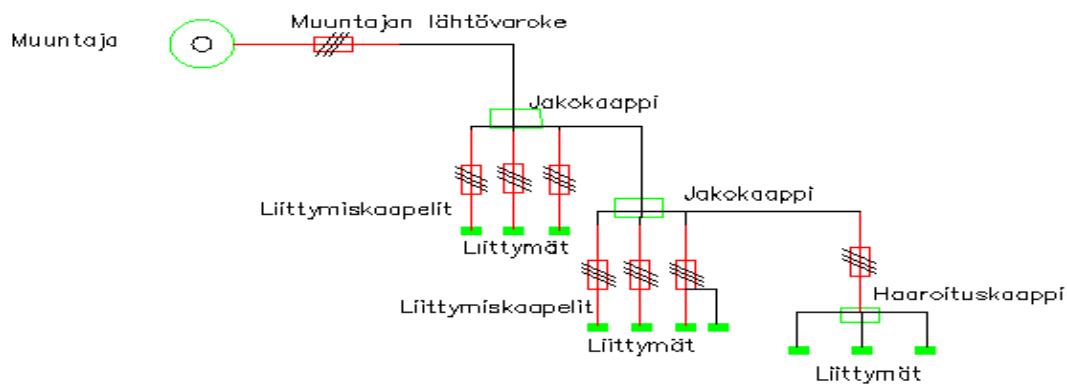
Taajamissa ja haja-asutusalueella kaapelit sijoitetaan mahdollisimman suotuisaan maaperään. Maastosuunnittelija tekee lopullisen reittivalinnan maakaapeleille. Kallioisia maaperiä pyritään välttämään ja teidenalituksia yritetään tehdä mahdollisimman vähän, näin säästetään kustannuksissa.

Suurimmat jännitteenalenemat ovat uusissa pienjännitesähköverkoissa 4-5 %. Uudessa sähköverkossa mitoitusvaatimus on toteuduttava kaikissa uuden sähköverkkojen osissa. (Elenia Oy, 2012.)

### 6.2 Kaapeleiden valinnat

Keskijänniteverkon kaapeliksi valittiin sähköisen mitoituksen perusteella AHXAMK-W 3x95+35.

Pienjänniteverkko rakennetaan pääsääntöisesti tähtimäiseksi. Rengas- ja varasyöttöyhteyksiä käytetään ainoastaan poikkeustapauksissa. Pienjännitemaakaapeliverkon topologiassa tulee soveltavalta osin noudattaa (KUVIO 2.) mukaista periaatetta. Periaatekuvan mukaisesti runkojohdon alkupäässä on oikosulkusuoja, joka toimii myös runkojohdon ylikuormasuojana. Runkojohto ketjutetaan jakokaappien välillä kiskoliitoksilla. Runkojohton poikkipinnan tai lajin muuttuessa muutoskohdan jälkeinen osuus suojataan tarvittaessa omalla lähtövarokkeella muutoskohdassa. Mahdollinen haaroituskaappi sekä liittymisjohdot voidaan suojata yhdellä lähtövarokkeella edellisessä jakokaapissa tai muuntamolla. (Elenia Oy, 2012.)



KUVIO 2. Pienjännitemaakaapeliverkon topologia (mukaillen Elenia Oy 2012)

Pienjänniteverkon kaapeleiksi tulivat laskennan jälkeen AXMK 4x150, AXMK 4x95, AXMK 4x50 ja liittymiskaapeleiksi AXMK 4x25. Liittymisjohdon poikkipinnan ja tyypin valinnassa tulee huomioida kaapelin liitettävyyttä asiakkaan mittauskeskukseen. Kolmivaiheisen kuluttajan pääsulakekoon ollessa 25-63 A vakiokeskus on yleensä varustettu suurimmillaan 50 mm<sup>2</sup> alumiini/kupari-liittimillä. Tästä johtuen jo 3x25 A liittymissä voidaan tarvittaessa käyttää mitoituksellisista syistä AXMK 4x50S maakaapelia liittymisjohtona ja toisaalta suurempipoikkipintaisen kaapelin liittäminen 3x63 A keskuksen edellyttää yleensä muutostoimenpiteitä keskuksen.

Suuremmissa keskuksissa on enemmän liitostilaa ja muuntelumahdollisuuksia, jolloin mahdollisesti tarvittava suurempi liittymisjohtokoko ei yleensä aiheuta ongelmia.

Suuremmissa teollisuuden liittymissä liittymisjohto pyritään mitoittamaan keskuksen nimellisvirran mukaan, vaikka alkuvaiheessa tilattava liittymäkoko ei sitä edellyttäisi.

Jos liittymisjohtoa ei tehdä keskuksen nimellisvirran mukaisesti, tulee liittymisjohdon reitissä varautua myöhemmin lisättäviin kaapeleihin.

Vanhan verkon saneerauksessa vanhaan liittymisjohtoon jatkettava uusi johto mitoitetaan siten, että uuden johdon sähköinen kapasiteetti on vähintään vanhan johdon kapasiteetin suuruinen. Pääsääntöisesti vanhat alumiinikaapelit jatketaan vastaavan tai seuraavan suuremman poikkipinnan omaavalla kaapelilla ja vanhat kuparikaapelit jatketaan vähintään yhtä porrasta suuremmalla alumiinikaapelilla. (Elenia Oy, 2012.)

Maakaapeliverkossa yhtä tai useampaa liittymää suojaava lähtösulake voidaan mitoittaa nimellisvirtaan asti. Lähtösulakkeen palaminen ylikuormitustilanteissa täytyy olla epätodennäköistä myös huippukuormassa.

Oikosulkuvirran arvoksi pyritään saamaan vähintään 250 A kuluttajan pääsulakkeilla, kuitenkin vähintään TAULUKKO 1. mukainen arvo.

TAULUKKO 1. Pienin sallittu oikosulkuvirta päävarokkeella (Elenia Oy,2012)

Päävaroke	Oikosulkuvirta päävarokkeella	Päävaroke	Oikosulkuvirta päävarokkeella
3x25 A	250 A	3x160 A	950 A
3x35 A	250 A	3x200 A	1250 A
3x50 A	250 A	3x250 A	1650 A
3x63 A	320 A	3x315 A	2200 A
3x80 A	425 A	3x400 A	2840 A
3x100 A	580 A	3x500 A	3800 A
3x125 A	715 A	3x630 A	5100 A

Jos pienjännitejohto ei ole asennettu palonkestävästi, johdon alussa pitää olla ylikuormitussuoja. Maakaapelilla toteutetut liittymisjohdot varustetaan ylikuormitussuojilla, koska liittymisjohdot eivät yleensä täytä palonkestävän asennuksen vaatimuksia. Uusissa maakaapeliverkoissa myös palonkestävästi asennetuilla runkokaapeleilla käytetään ylikuormitussuojia syötön puolella.

Runkojohdon suurin sallittu ylikuormitussuoja valitaan johdon peruskuormitettavuuden salliman suurimman sulakekoon mukaan. Hätäkuormitettavuuden mukaista suurinta sallittua ylikuormitussuojaa voidaan käyttää maakaapeleilla. Asennustavasta johtuvia korjauskertomia ei huomioida runkomaakaapeleilla, jos asennus on tehty palonkestävästi.

Oikosulkusuojan toimiessa samana suojana tulee ylikuormitussuoja sovittaa oikosulkusuojausten kanssa.

Suurin sallittu ylikuormitussuoja määräytyy liittymisjohdon asennustavan mukaan. Kaapelireiillä huonoin asennustapa määrää koko kaapelin kuormitettavuuden. Suositeltavaa on käyttää sellaisia ylikuormitussuojia, jotka täyttävät kaikkien asennustapojen mukaiset kuormitettavuudet.

Liittymiskaapeleiden määrästä riippumatta tulee liittymisjohdon kuormituksen puoleiseen päähän asentaa kaapelikohtaiset suojaavat varokkeet. Liittymisjohdoilla tulee ylikuormitussuojaus sovittaa oikosulkusuojausten kanssa.

Johdonsuoja-automaatteja ei hyväksytä pääsulakkeiksi asumis- ja teollisuuskäytössä. Pääsulakkeen suuruus määritellään tulppasulakkeen pohjakoskettimen suuruudesta. Pääsulakkeenä voidaan käyttää aseteltavaa katkaisijaa.

Oikosulkusuojaus toteutetaan SFS 6000 mukaisesti siten, että runkokaapelit suojataan (KUVIO 2.) mukaisella periaatteella ja liittymiskaapelit suojataan 5 sekunnin säännön mukaisesti. 5 sekunnin laukaisuajan täyttävät oikosulkuvirta-arvot eri sulakkeilla ja runkokaapeleiden suojausten oikosulkuvirta-arvot eri sulakkeilla on esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Oikosulkusuojauksen mitoitusarvot (Elenia Oy,2012)

Sulakkeen nimellisvirta	Oikosulkuvirta 5 s laukaisuajalla vähintään	Oikosulkuvirta jakeluverkon runkojohdolla vähintään
16 A	65 A	40 A
20 A	85 A	50 A
25 A	110 A	62,5 A
35 A	165 A	87,5 A
50 A	250 A	125 A
63 A	320 A	157 A
80 A	425 A	240 A
100 A	580 A	300 A
125 A	715 A	375 A
160 A	950 A	480 A
200 A	1250 A	600 A
250 A	1650 A	750 A
315 A	2200 A	945 A
400 A	2840 A	1200 A
500 A	3800 A	1500 A
630 A	5100 A	1890 A

Ensisijaisena tavoitteena on liittymiskaapeleiden riittävän nopeasti toimiva vikasuojaus ja toissijaisena tavoite on selektiivisyys, mikäli oikosulkuvirrat sallivat suuremmat oikosulkusuojat ilman mitoitusmuutoksia.

Kytettäessä uutta sähköliittymää vanhaan ilmajohtoverkkoon voidaan yksittäisissä tapauksissa harkintaa käyttäen sallia liittymiskaapelille hitaampi vikasuojauksen toiminta-aika kuin 5 sekuntia. Seuraavien vaatimusten toteutuessa voidaan uusi sähköliittymä kytkeä sähköverkkoon ilman sähköverkon rakentamistyötä, vaikka 5 sekunnin sääntö edellyttäisi muutoksia.

1. Liittymiskaapeli asennetaan koko matkalta palonkestävästi maahan tai putkeen tai palamattoman kivirakenteen sisään tai pinnalle siten, ettei lähellä ole muita kaapeleita tai helposti palavaa materiaalia.
2. Liittymiskaapelin suojauksessa noudatetaan kohdan SFS6000-8-801.434 mukaisia lisävaatimuksia.
3. Vanhan sähköverkon kunto ja ikä vaativat sähköverkon pikaista korjaamista tai uudelleenrakentamista. Kohde on valittu saneerattavaksi rakennusohjelmassa tai kohde aiotaan ottaa

rakennusohjelmatyöksi mahdollisimman pian.

4. Saavutettava oikosulkuvirta-arvo on lähellä 5 s mitoitusoikosulkuvirta-arvoa ja lähdön sulake suojaa liittymisjohtoa tehokkaasti ylikuormitukselta. (Elenia Oy, 2012.)

Uuden liittymisjohdon 5 sekunnin säännön edellyttämät muutokset vanhaan verkkoon tulee mahdollisuuksien mukaan toteuttaa siten, että muutoksen tai lisäyksen vaikutus on mahdollisimman laaja eli vikasuojauksen toiminta-aika nopeutuu useammalla liittymällä.

Eri johtolajeille ja -poikkipinnoille sallitaan oikosulkusuojauksen toiminta-ajasta riippuen erilaiset suurimmat sallitut oikosulkusuojat. Taulukosta 3 käyvät ilmi suurimmat sallitut johdinmateriaalista tai poikkipinnasta riippuvat oikosulkusuojat. Suurinta sallittua johtokohtaista oikosulkusuojakokoa ei saa suunnitelmassa ylittää. Vanhassa sähköverkossa olevia johdon ominaisuuksiin nähden liian suuria oikosulkusuojia ei erikseen muuteta sallituiksi muiden töiden yhteydessä, ellei muutos ole toteutettavissa pelkällä sulakevaihdolla. (Elenia Oy,2012.)

TAULUKKO 3. Suurimmat sallitut johtokohtaiset oikosulkusuojat (Elenia Oy,2012)

Kaapelin poikkipinta-ala $mm^2$ kupari	Kaapelin poikkipinta-ala $mm^2$ alumiini	gG-tyyppisen sulakkeen suurin sallittu mitoitusvirta, kun 5 s poiskytkentäaika ei toteudu	gG-tyyppisen sulakkeen suurin sallittu mitoitusvirta, kun 5 s poiskytkentäaika toteutuu
10	16	100 A	125 A
16	25	125 A	160 A
25	35	160 A	200 A
35	50	200 A	250 A
50	70	250 A	315 A
70	95	315 A	400 A
95	120	400 A	500 A

## 7 RAKENTAMINEN

### 7.1 Kaapelointi ja kytkennät

Asennuksissa käytetään Head Power -palvelun ohjeistoa ja verkkoyhtiö Elenian antamia asennusohjeita. Valmistajien asennusohjeet ovat aina ensisijaiset ohjeet.

20 kilovoltin kaapeleiden jatkamiset alkoivat heti, kun ensimmäiset kelat oli saatu levitetyksi maastoon. Kaapelijatkoksissa käytettiin Tyco Raychem -jatkospakkauksia, joissa on kaikki tarpeellinen materiaali pois lukien kupariköyden jatkamisessa tarvittavat materiaalit. Kupariköyden jatkamiseen käytettiin puristettavia kupariliittimiä.

Keskijännitekaapelin ulkopääte, joka asennettiin ilmajohdon pylvääseen, tehtiin Tyco Raychemin- ulkopäätepakkauksen tarvikkeilla. Keskijännitekaapelin sisäpääte tuli Isoahontien muuntamolle. Keskijännitekaapelin pistokepäätteet tulivat ensimmäiseen ja viimeiseen muuntamoon, joissa oli ABB:n Safe Plus kaasueristeinen rengassyöttökojeisto. Keijutie 139 muuntamoon tuli kaksi sisäpäätetä.

Pienjännitekaapelit jatkettiin Enston jatkospakkauksilla. Pienjännitejakokaappien syöttökaapelit kytkettiin jännitetyöliittimillä. Pienjännitejakokaappeina käytettiin ABB:n CDC-sarjan kaapelijakokaappeja. Jonovarokeytkimet olivat ABB Kabeldon -sarjaa. Jonovarokeytkimet olivat SLD 00 ja SLD 1 -tyyppisiä. Kiskoliittiminä käytettiin AD 300 ja AD 95 eristettyjä liittimiä.

### 7.2 Muuntamot

Puistomuuntamot olivat ABB:n valmistamia Elite Park -sarjan muuntamoita. Puistomuuntamot Keijutie 49 ja Keijutie 226 oli varustettu ABB Safe Plus -merkkisillä kaasueristeisillä rengassyöttökojeistoilla (KUVIO 3). ABB Safe Plus on SF6-kaasueristeinen keskijännitekojeisto 24 kV jännitteeseen saakka. ABB Safe Plus on täysin suljettu ratkaisu, jossa ruostumattomasta teräksestä oleva säiliö sisältää kaikki kojeiston liikkuvat osat.



KUVIO 3. ABB Safe Plus kaasueristeinen rengassyöttökojeisto

Muuntamalla Keijutie 49 on kompensointimuuntaja, jonka valmistaja on Sönmez Transformator Sanayi. Sitä käytetään maasta erotetun keskijänniteverkon maasulkuvirran kompensointiin. Muuntajan teho on 50 kVA ja kompensointikyky 12,5 A.

Kaapelireitti on sähköasemalta yli 10 km, joten kompensointi on osittain suoritettu puistomuuntamalla. Muuntajan kannelta käännettiin kompensoinnin asettelu sen mukaiseksi kahdella valintakytkimellä.

Muut kaksi muuntajaa ovat Schneider Electric-yhtiön valmistamia ja teholtaan 50 kVA. Muuntamoiden jonovarokeytkimet ovat ABB XLMB 00 ja XLMB 1 -tyyppiä.



KUVIO 4. Kompensoinnin asettelu muuntajan kannella

### 7.3 Kaapelijakokaapit ja kaapelihaaroituskaapit

Kaapelijakokaapit asennetaan oikeaan syvyyteen, ja kaapelit kytketään oikeassa järjestyksessä kaapelinjakokaapissa. Näin saadaan kaapeleiden numerojärjestys pysymään oikeana. Jakokaapeille asennetaan Cu 25/7-maadoituskuparia 50 metriä. Kaapelihaaroituskaapit asennetaan maastoon niille merkityille paikoille, niihin tulevat kaapelit kuorittiin valmiiksi.

TN -järjestelmällä toteutetun jakeluverkon tähtipiste pitää maadoittaa verkon syöttöpisteessä (muuntamolla tai generaattorilla) tai korkeintaan 200 m etäisyydellä syöttöpisteestä. Lisäksi PE- tai PEN-johdin pitää maadoittaa jokaisen yli 200 m johdon tai johtohaaran päässä tai enintään 200 m etäisyydellä loppupäästä. PE- tai PEN-johdin on suositeltavaa maadoittaa lisäksi muualla, kuten esim. kaapelijakokaapeissa. Näiden yksittäisten maadoituselektrodien maadoitusimpedanssin tavoitearvon tulee olla korkeintaan 100  $\Omega$ , mutta arvoa ei tarvitse mitata. (Elenia Oy, 2012.)

Maadoitusvaatimusten toteutumisesta vastaa aina verkkoyhtiö. Liittymille toteutettavia maadoituselektrodeja ei voi oletusarvoisesti käyttää jakeluverkon maadoituselektrodeina, vaan niiden olemassaolo ja rakenne on aina tarkistettava niissä erityistapauksissa, missä liittymän maadoituselektrodi toimii jakeluverkon maadoituksena. Tällöin liittymän maadoituselektrodi on dokumentoitava verkkotietojärjestelmään ja maadoitusrakenteen on täytettävä jakeluverkon maadoituksille asetetut vaatimukset.



KUVIO 5. ABB CDC-420 kaapelijakokaappi



KUVIO 6. Ensto kaapelihaarotuskaappi

## 7.4 Jännitetyöt ja käyttökeskeytykset

Jännitetöissä on noudatettava työmenetelmäkohtaisia työohjeita. Työohjeiden pitää olla kirjalliset. Käyttäjä voi laatia ne itse ja hyväksyttää ne käytönjohtajalla sekä sähkötöiden johtajalla. Jännitetyöohjeissa esitetään tehtävät toimenpiteet suoritusjärjestyksessä. Jännitetyön tekeminen pitää suunnitella ja vaativat jännitetyöt pitää harjoitella jännitetyökoulutuksessa.

Jännitetyötä tehtäessä ja suunniteltaessa on huomioitava:

- jännitetyön tarpeellisuus
- sääolosuhteet ja muut ympäristötekijät
- laitteiston rakenteen rajoitusten selvitys
- työn teon suunnittelu
- johdoissa tai kojeissa olevien kuormien poistaminen

- varautuminen jännitteettömäksi tekemiseen
- vaihekohtainen työhöje kyseiselle työlle
- jännitetyön päätyttyä työkohteen saattaminen normaaliin tilaan (SFS 6002, 2015.)

20 kilovoltin jännitetyöt päädyttiin tekemään samalla kerralla. Kun pylväspäate vaiheistettiin koriantosta, voitiin se kytkeä sähköverkkoon jännitetyönä.

Jännitetyötä pienjännite- ja suurjännitelaitteistoissa saa tehdä vain sähköalan ammattihenkilö, jolla on erikoiskoulutus jännitetyöhön.

Vaativiksi jännitetöiksi luetaan keskijänniteverkossa ja suurjännitteellä tehtävät työt, liitosten ja liitäntöjen teko sekä jälkikiristys ja avojohdoilla tehdyt työt. Vaativia jännitetöitä saa tehdä sähköalan ammattihenkilö, jolla on kyseiseen työhön työmenetelmäkohtainen koulutus.

Aloitteet jännitetöistä tai käyttökeskeytyksen järjestämisestä on toimitettava Elenia-verkkoyhtiön käytön suunnitteluun jännitetyön tai muun sähkökatkottoman työmenetelmän työn osalta kaksi työpäivää ennen aiottua jännitetyön ajankohtaa. Käyttökeskeytysten osalta tilaus on tehtävä viisi työpäivää ennen aiottua käyttökeskeytystä. Keskijännitelähdön kytkentä ilman asiakaskeytystä on tilattava kaksi työpäivää ennen kytkentätarvetta. Keskijännitelähdön kytkentä, joka aiheuttaa asiakaskeytyksen, on tilattava viisi työpäivää ennen keskeytystarvetta. (Elenia Oy, 2013.)

20 kilovoltin maakaapelin pylväspäate kytkettiin jännitetyönä Raven-avojohdoton, kun se oli saatu vaiheistettua pylväspäätteellä. Työssä käytettiin sauvamenetelmää, jossa riittävän pitkällä ja eristävillä sauvoilla työ voidaan suorittaa noudattaen riittävää turvaetäisyyttä jänniteisiin osiin. Tällä menetelmällä Suomessa tehdään paljon jännitetöitä 20 kilovoltin jännitteellä. Vaiheistus suoritettiin käyttämällä 20 kilovoltin vaiheistussauvaa, näin saatiin rengassyöttökelpoinen sähköverkko.

Muuntamalla 153817 Isoahontie jouduttiin 20 kilovoltin maakaapelipäate kytkemään käyttökeskeytyksellä, koska maakaapelipäätettä ei voinut kytkeä jännitetyönä. Kytkentäkeskeytys aiheutti kahdelle muuntamolle jännitekatkon noin tunnin ajaksi.

Käyttökeskeytyksissä on muistettava:

- täydellinen erottaminen
- jännitteen kytkemisen estäminen
- laitteiston jännitteettömyyden toteaminen
- työmaadoittaminen
- suojaus lähellä olevilta jännitteisiltä osilta. (SFS 6002.)

Valtuutuksen työn aloittamiseen antaa sähkölaitteiston käyttöä valvova henkilö (Elenia käyttökeskus) työsuorituksesta vastaavalle henkilölle. Jokaisen työhön osallistuvan henkilön pitää olla ammattitaitoinen, opastettu tai ammattihenkilön valvoma.



KUVIO 7. 20 kilovoltin jännitetyövälineitä

## 7.5 Sähköturvallisuus

Eristysresistanssimittauksen suorittaja vastaa mittauksen työturvallisuudesta mittajille sekä ulkopuolisille. On huomioitava, että 5 kilovolttia on suurjännite. Eristysresistanssimittauksissa uusille muuntajille on huomioitava mittauksen aiheuttama varaus, joka tulee purkaa mittauk-

sen jälkeen. Mittauksen aikana on huomioitava mittauksen aiheuttama jännite muuntajan nivoissa.

Kaikissa käyttö- ja kytkentätoimenpiteissä on noudatettava standardin SFS 6002 määräyksiä sähkötyöturvallisuudelle. Kaikilla kytkentä- ja käyttötoimenpiteitä tekevillä henkilöillä on oltava voimassa oleva SÄTKY-koulutus ja hätäensiapukoulutus. Urakoitsijoiden osalta tästä vastaa urakoitsijan sähkötoiden johtaja.

Kytkenätoimenpiteissä noudatetaan tehtyä suunnitelmaa, ellei kytkennänjohtaja toisin määrää. Maastossa tapahtuvissa käyttö- ja kytkentätoimenpiteissä on käytettävä asianmukaisia työ- ja suojavälineitä.

Kutistettavia kaapelijatkoksia ja kaapelipäätteitä tekevällä asentajalla tulee olla voimassa oleva tulityökortti.

Jokaiseen työkohteeseen, jossa työstä voi aiheutua sähköiskun tai valokaaren vaara, on nimettävä oman alansa sähkötoita itsenäisesti tekemään kykenevä henkilö valvomaan työnaikaista sähköturvallisuutta. Hän voi osallistua työhön tai tehdä sen kokonaisuudessaan itse. Työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojan nimeäminen voidaan tehdä työkohtaisesti tai pysyvällä esim. työtehtävään liittyvällä määräyksellä. Jos työkohteessa on useita henkilöitä, pitää joka tilanteessa olla määritelty, kenelle työnaikaisen sähköturvallisuuden valvonta kuuluu. (KTM 351/2010 29§)

Relacom Power Suplly-yksikössä on sähkötyöturvallisuuden valvonta hoidettu toimipaikka-kohtaisella nimilistalla.

Jännitetyötä pienjännite- ja suurjännitelaitteistoissa saa tehdä vain ammattihenkilö, jolla on erikoiskoulutus jännitetyöhön. Myös työohjeiden hyväksyjien ja työluvan antajien tulee tuntee jännitetyön periaatteet ja edellytykset.

## 7.6 Materiaalien hankinta

Kaikki materiaali tilataan Elenia-verkkoyhtiön sähköisestä järjestelmästä, jossa työn tilaaja hyväksyy tilauksen muodostaen järjestelmään ostotilauksen sähkötukkuliikkeelle. Oikea-aikaisilla ja oikein tehdyillä tilauksilla ja toimituksilla varmistamme kaikkien osapuolien kannalta kustannustehokkaan ja luotettavan materiaalityötoimitusprosessin.

Muuntamot ja kaapelit toimitetaan yleensä suoraan valmistajilta. Materiaalit tilattiin SLO:n kautta, josta ne toimitettiin suoraan työkohteeseen jakeluautoilla. Kiinnitys- ja merkintätarvikkeet toimitettiin Relacom-yhtiön kautta, koska ne kuuluivat urakoitsijan vastattaviksi. Suojaputket tienalituksiin ja betonoitaviin kohteisiin toimitti Relacom Power Supply.

## 8 TARKASTUKSET JA MERKINNÄT

### 8.1 Käyttöönottotarkastukset

Sähkölaitteisto katsotaan otetuksi käyttöön silloin, kun siihen kytketään jännite käyttöä varten. Laitteiston käyttöönottona ei kuitenkaan pidetä sitä, jos laitteistoa koekäytetään tai suoritetaan käyttöönottotarkastusta. (KTM 410/96 16§)

Sähkölaitteisto saadaan ottaa käyttöön vasta sitten, kun käyttöönottotarkastuksessa on selvitetty, ettei laitteistosta aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa. Laitteistoista ei sähköisesti tai sähkömagneettisesti saa aiheuttaa häiriöitä ja niiden toiminta ei saa häiriintyä sähköisesti tai sähkömagneettisesti. (KTM 410/96 5§)

Ennen varsinaista käyttöönottoa vaaditaan, että dokumentointi on saatettu ajantasaiseksi ja sähkökaapelit sekä sähkölaitteistot on GPS-paikannettu ja tiedot dokumentoitu tilaajan järjestelmään.

### 8.2 Aistivaraiset tarkastukset

Aistinvaraiset tarkastukset suoritettiin seuraamalla laitteiden kuntoa koko työhankeen ajan ennen laitteistojen käyttöönottoa. Erottimien ja katkaisijoiden kunto todettiin silmämääräisesti ja mittaamalla, myös maadoituserottimet. Jakokaappien jonovarokeytkimet koestettiin samalla, kun ne asennettiin paikoilleen.

Jokainen sähköasennus on tarkastettava silmämääräisesti asennuksen aikana tai sen valmistuttua, ennen kuin se otetaan käyttöön. Lisäksi on tehtävä sellaiset testit, joiden avulla todetaan, että vaatimuksia on noudatettu. Silmämääräisesti on tarkastettava, että kiinteästi asennetut sähkölaitteet ovat niitä koskevien turvallisuusvaatimusten mukaisia. Laitteiden tulee olla pienjännitesähköasennuksia koskevien standardien (SFS 6000) vaatimusten ja valmistajien ohjeiden mukaisesti valittu ja asennettu. Laitteet eivät saa olla vaaraa aiheuttavalla tavalla vaurioituneet. Silmämääräisessä tarkastuksessa on todennettava:

- sähköiskulta suojaukseen käytetyt menetelmät

- palosuojuksien käyttö ja palon leviämisen estämiseksi ja lämpövaikutuksilta suojaamiseksi tehdyt toimenpiteet
- johtimien ja kaapeleiden valinta kuoritettavuuden ja sallitun jännitteenaleneman kannalta
- suojaus- ja valvontalaitteiden valinta ja niiden asettelu
- erotus ja kytkentälaitteiden valinta ja oikeanlainen sijoitus
- sähkölaitteiden ja suojausmenetelmien valinta ulkoisten tekijöiden vaikutuksen mukaan
- nollajohtimien ja suojajohtimien tunnuksiset
- piirustusten, varoituskilpien tai vastaavien tietojen olemassaolo
- virtapiirien, varokkeiden, kytkimien, liittimien yms. tunnistettavuus
- johtimien liitosten sopivuus
- sähkölaitteiston käytön, tunnistamisen ja huollon vaatima tila (SFS 6000.)

### **8.3 Testaukset**

Käyttöönottotarkastuksessa on tehtävä seuraavat testit, mikäli asennuksessa on ko. laitteita tai järjestelmiä:

1. Suojajohtimien jatkuvuus
2. Sähköasennusten eristysresistanssi
3. SELV- ja PELV-piirien tai suojaerotettujen piirien erotus
4. Lattia- ja seinäpintojen resistanssi
5. Syötön automaattisen poiskytkennän toiminta
6. Napaisuus ja pyörimissuunta
7. Jännitelujuus
8. Toiminta (SFS 6000.)

## 8.4 Eristysresistanssin mittaus johtimille

20 kilovoltin kaapeleiden eristysresistanssin mittausmenetelmä perustuu vuotovirtamittaukseen. Testijännite syötetään kaapelin kosketussuojaan ja mitataan sen ja maan välistä resistanssia, joka määräytyy vuotovirran suuruudesta. Mikäli kosketussuojasta kulkee virtaa maahan, kaapelin vaippa on vioittunut tai jatkoksissa on galvaaninen yhteys kosketussuojan ja maan välillä.

20 kilovoltin kaapeleille suoritettiin eristysresistanssin mittaus käyttäen Chauvin Arnoux 6505 -mittaria.



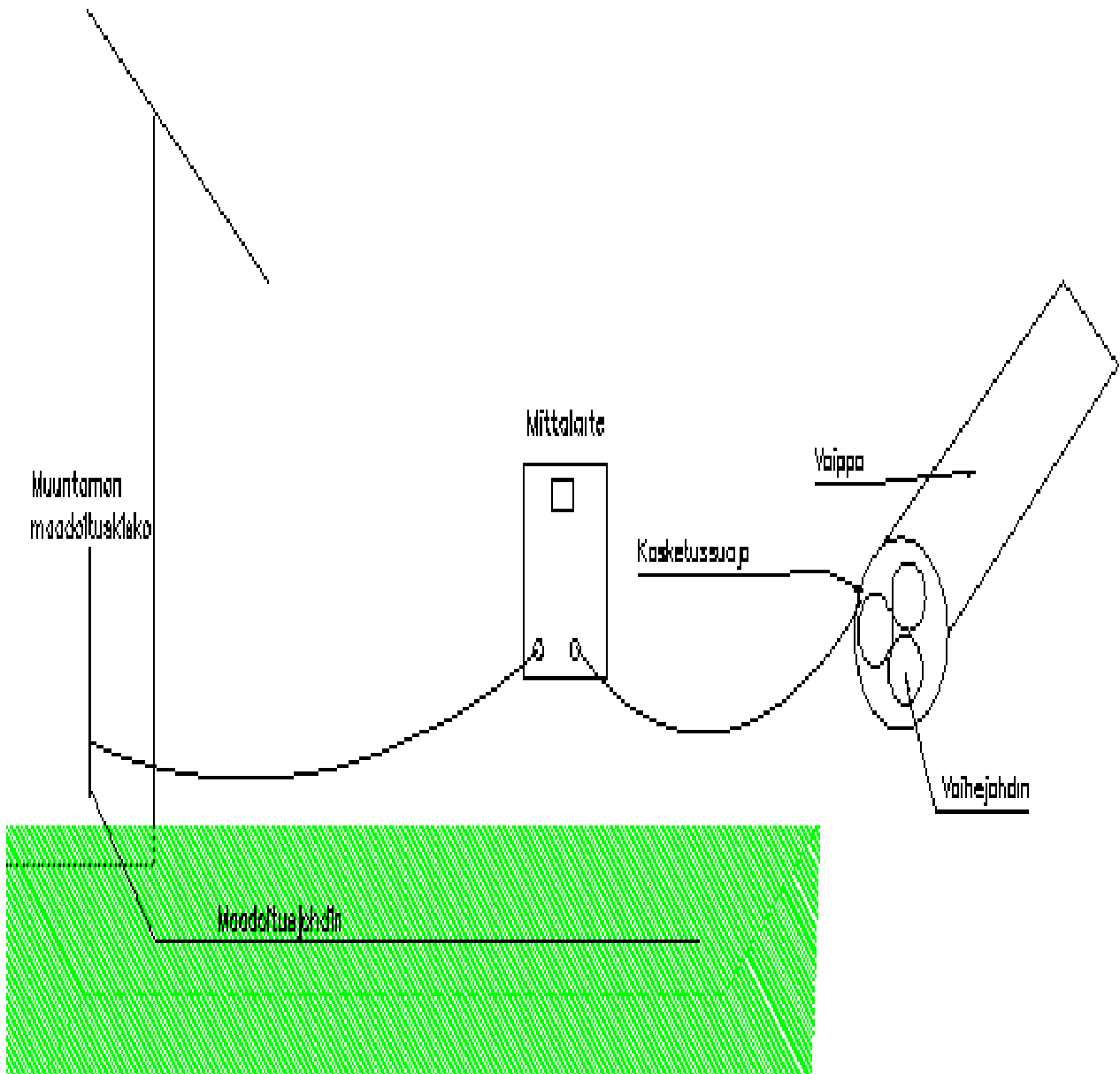
KUVIO 8. Eristysresistanssimittari Chauvin Arnoux 6505

Kaapelin resistanssin on oltava yli 500 megaohmia PE-vaippaisilla kaapeleilla. Vuotovirta on tällöin alle 10 mikroampeeria kilometriä kohti. Mikäli resistanssi on alle 5 M $\Omega$ , vuotovirta on tällöin > 1 mA/km, on vikapaikka selvitettävä tarkemmin ja vika on korjattava. Kaapelin korjaukseen käytetään vain kaapelinvalmistajan hyväksymiä menetelmiä.

Joissain jatkotyypeissä myös jatkokohdat voivat aiheuttaa vuotovirtaa, sillä jatkoksen alumiinifolio voi saada kontaktin kupariverkkoon ja maahan. Näissä tapauksissa jatko on eristettävä maasta joko liimallisella kutistekääreellä tai kaapelin korjausnauhalla.

Mikäli kaapeli on yksivaiheinen tai koostuu yhteen kerratuista yksivaihekaapeleista (esim. AHXAMK-W), mittaus täytyy tehdä jokaiselle vaiheelle erikseen.

Jokainen kaapeliväli on mitattava ja mittauksista on esitettävä mittauspöytäkirja työn tilaajalle.



KUVIO 9. Eristysresistanssimittauksen periaate

Pienjännite maakaapeleiden eristysresistanssin mittauksiin käytettiin Chauvin Arnoux - CA 6525 -mittaria. Samalla mittarilla suoritettiin myös uusien muuntajien eristysresistanssimittaukset.



KUVIO 10. Eristysresistanssimittari Chauvin Arnoux 6525

Uusien muuntajien eristysresistanssimittaus suoritetaan ensin kaikkien keskijännitenapojen väleiltä ja toiseksi pienjännitenapojen väliltä. Lopuksi mitataan eristysresistanssi jokaisen muuntajanavan ja muuntajanrunгон väliltä sekä eristysresistanssi keskijännitenavan ja pienjännitenavan väliltä.

Jännitemittaukset suoritettiin Fluke T140 -jännitetesterillä. Samalla laitteella suoritettiin pyörimissuunnan tarkastus.



KUVIO 11. Fluke T140 -jännitetesteri

## 8.5 Merkinnät

Merkinnät suoritettiin Elenia-verkkoyhtiön ohjeiden mukaisesti hyviä asennustapoja noudattaen.

Merkinnät tulee asentaa vaakasuoraan ja niiden kiinnipysyvyys tulee varmistaa. Merkintämateriaalien tulee olla standardien, verkostosuositusten ja muiden suositusten sekä yleisten hyvien käytäntöjen mukaisia.

Merkinnän tulee kestää kulutusta ja ympäristön olosuhteita, esimerkiksi ultravioletivaloa ja lämpötilan vaihtelua vähintään 10 vuotta ilman merkittävää heikentymistä kiinnipysyvyydessä tai tekstin luettavuudessa. (Elenia Oy, 2014)

Merkinnän tekstin tulee olla musta, tekstin tulee olla helposti luettavissa. Merkinnän pohjavärin tulee olla valkoinen, oranssi tai muu verkonhaltijan hyväksymä väri.

Muuntamoille merkittiin kulkusuunnassa päätyoven yläpuolelle muuntamon nimi ja numerotunnus. Muuntamoille kiinnitettiin Hengenvaara-kyltti ja Muuntaja-kyltti. Erottimen numeroksi merkittiin yksilöivä tunnus E 1-10 ja maadoituserottimille yksilöivä tunnus W 1-10. Muuntamoille merkittiin myös lähin erotuskohta. Näin vikatilanteissa voidaan nopeasti todeta, mistä muuntaja saadaan erotetuksi sähkönjakeluverkosta. Erottimiin merkittiin lähdön nimi.

Kaapelit merkittiin keltaisella Dymo-nauhalla, joka kiinnitettiin kaapeliin. Jonovarokeytkimeen merkittiin lähtönumero ja sulakekoko. Kaapelijakokaappeihin ja kaapelihaaroituskaappeihin merkittiin etuosaan numerotunnukset Scotchlite-tuotesarjan heijastavilla merkintänumeroilla. Sisälle kaappeihin tulivat kaapelimerkinnät ja jonovarokeytkimien merkinnät.

Pylväspäätteille merkittiin kaapelin syöttösuunta ja pituus. Pylväspäätteille tuli keltainen nauha 1 metrin etäisyydelle jännitteisistä osista sekä Hengenvaara-kyltti.

Kaapelin varoitusverkko asennetaan aina reitinteon yhteydessä maakaapelin yläpuolelle.

Kaapelit merkittiin merkintätangoilla kaapelireitille 200 m välein kesijännitekaapelin sivulle ja tieliittymien viereen tienalituksissa näkyvälle paikalle.



KUVIO 12. Scotchlite merkintänumeroita



KUVIO 13. Dymo merkintä

## 8.6 Tarkastuspöytäkirjat

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjat täytettiin koko ajan työmaan valmistuessa. Niihin merkittiin tarkastetut kohteet ja mittaustulokset. Työmaasta täytettiin taulukossa 4 näkyvät pöytäkirjat. Lisäksi täytettiin maadoitusmittauspöytäkirja (LIITE 2), keskijännitekaapelin vaipan eheyden mittauspöytäkirja (LIITE 3), pienjännitejohdon käyttöönottotarkastuspöytäkirja (LIITE 4), muuntajätietolomake (LIITE 5), työturvallisuuden omatarkastuslomake verkostotöihin (Liite 6) ja oman työn tarkastuslomake (LIITE 7).

TAULUKKO 4. Käyttöönottotarkastuspöytäkirjat (Relacom 2016.)

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjat	Käytössä tässä kohteessa
Sähkönjakeluverkon-, (TP01)	x
PJ-ilmajohdon-, (TP021)	
PJ-kaapelin ja jakokaapin-, (TP022)	x
KJ-ilmajohdon-, (TP031)	
KJ-kaapelin ja haaroituskaapin-, (TP032)	x
Pylväsmuuntamon ja erotinaseman-, (TP04)	
Puisto- ja kiinteistömuuntamon-, (TP05)	x

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjoja täytettäessä kannattaa kiinnittää huomiota käytettyihin standardeihin, päivämääriin ja siihen, että kaikki kohdat tulevat täytetyksi ja asiakirjat tulevat allekirjoitetuksi. Relacom Power Supply-yksikössä riittää sähköinen allekirjoitus.

## 9 YHTEENVETO

Maakaapeliverkon rakentaminen yhteistyössä kunnallistekniikan rakentamisen kanssa on kaikille osapuolille kannattavaa. Rahallista säästöä syntyy maanrakennustöistä. Yhdellä kaivukerralla tulee kuluttajille kaikki tarvittava. Aikaa menee hieman enemmän, kun kaikki tarvittava sijoitetaan samaan kaivantoon.

Maakaapeleiden päissä sijaitseviin puistomuuntamoihin voidaan jälkiasentaa kaukokäyttölaitteet, jolloin keskijänniteverkon jakoraja voidaan muuttaa käyttökeskuksesta.

Merkinnöissä kannattaa noudattaa Elenia-verkkoyhtiön ohjeita, jolloin kaikkialle Elenia-verkkoyhtiön sähköverkkoon saadaan samanlaiset merkinnät. Tämä auttaa vikatilanteissa asentajia rajaamaan vika-alueita ja käyttämään laitteistoja jokaisella urakointialueella.

Merkintöjen teossa tärkeintä on komponenttien yksilöinti siten, että erehtymisen vaaraa ja turvallisuusriskiä ei ole.

Tarkastuspöytäkirjat tulee täyttää oikein, jolloin ne kelpaavat varmennustarkastukseen.

## LÄHTEET

Relacom Finland. Saatavissa: <http://www.relacom.fi>. Viitattu 15.9.2016

Elenia Oy. 2012. Pienjänniteverkon mitoitus ja sähköinen suojaus.

Elenia Oy. 2014. Sähkönjakeluverkon käyttötoimenpiteet.

Elenia Oy. 2014. Sähköverkon merkinnät.

Elenia Oy. 2012. Verkon rakennustavan valinta ja rakenteiden sijoitus.

Elenia Oy. 2013. Jakeluverkon materiaalitilausprosessi.

Elenia Oy. 2013. Kytkentäaloitteet ohje projektiurakoitsijoille.

Käyttöönottotarkastuksen vaatimukset Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 517/1996. Saatavissa: <http://www.Edilex.fi>

Sähkömarkkinalaki 588/2013. Saatavissa: [http://www.Finlex/Lainsäädäntö/Säädökset\\_alkuperäisinä/2013/588/2013](http://www.Finlex/Lainsäädäntö/Säädökset_alkuperäisinä/2013/588/2013)

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen turvallisuudesta 17.12.1999/1193. Saatavissa: <http://www.Edilex.fi>.

Sähköturvallisuuslaki 410/1996. Saatavissa: [http://www.Finlex/Lainsäädäntö/Säädökset\\_alkuperäisinä/1996/410/1996](http://www.Finlex/Lainsäädäntö/Säädökset_alkuperäisinä/1996/410/1996)

Työ- ja elinkeinoministeriön asetus sähköalan töistä annetun kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen muuttamisesta 351/2010. Saatavissa: [http://www.Finlex/Lainsäädäntö/Säädökset\\_alkuperäisinä/2010/351/2010](http://www.Finlex/Lainsäädäntö/Säädökset_alkuperäisinä/2010/351/2010)

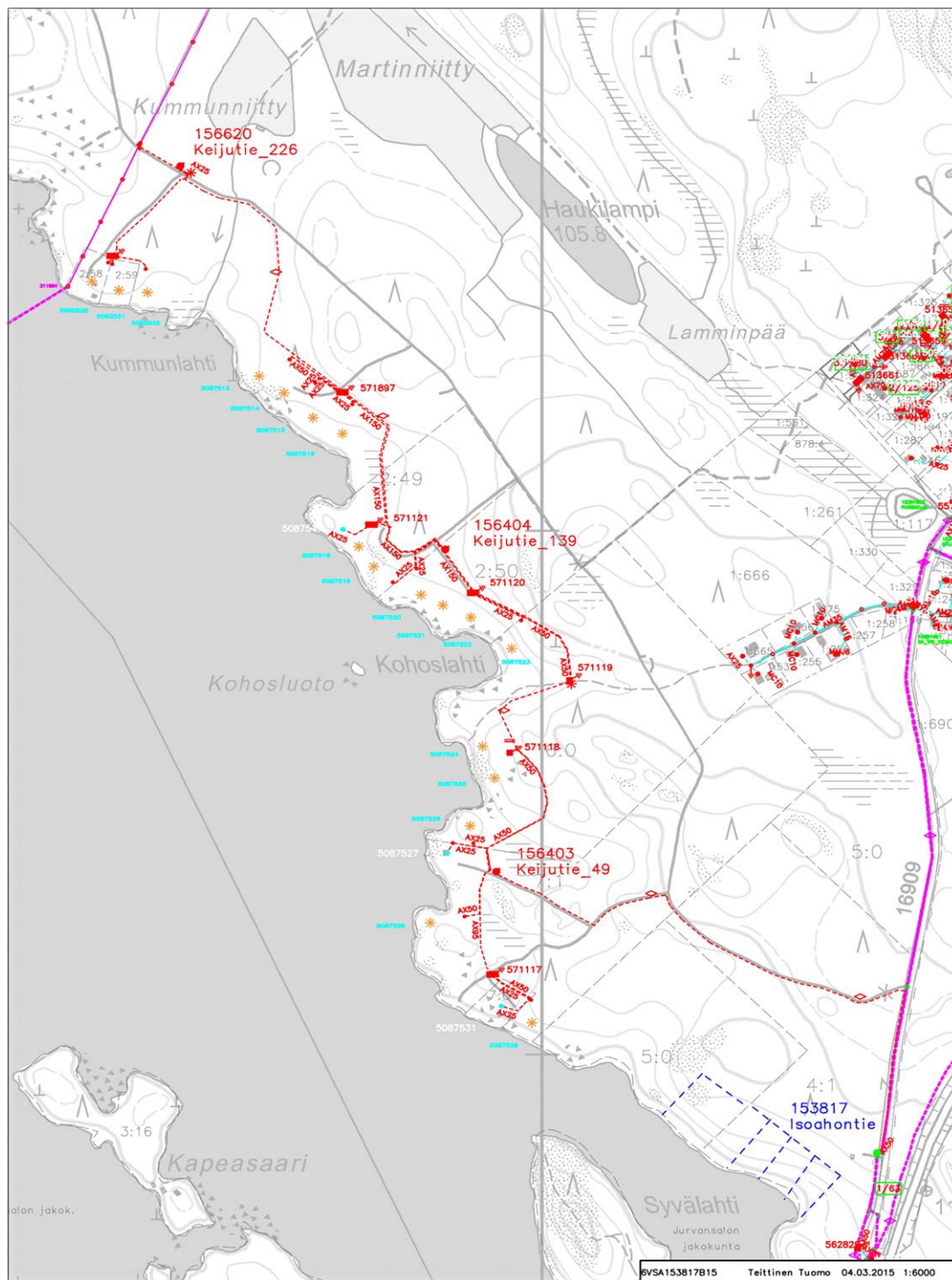
Standardi SFS 6000-6-61:2.3 Aistinvarainen tarkastus. 2012. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS

Standardi SFS 6000-6-61:3.1 Testaus. 2012. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS

Sähköalan säännökset 2015. 2015. Henkilö- ja Yritysarviointi Seti Oy. Tampere. Tammerprint

Standardi SFS 6002 sähkötyöturvallisuus. 2015. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS

Keijutien alueen sähköverkko



## Maadoitusmittauspöytäkirja

## MAADOITUSMITTAUSTIEDOT

 muuntamo tai kaukokäyttöerotinasema  linjaerotin

## Suunnittelija täyttää

156403  
kohteen tunnusKeijutie 49  
kohteen nimiViitasaari/  
sähköasema ja päämuuntaja17/34  $\Omega$   
Tavoitearvo

## muuntopiiri tai kaukokäyttöerotinasema

 Maadoitusryhmä  2UTP  4UTP  5UTP  
 Potentiaalirenkaiden lukumäärä  1 rengas  2 rengasta

## linjaerotin

Maadoitusryhmä  PR1  PR2

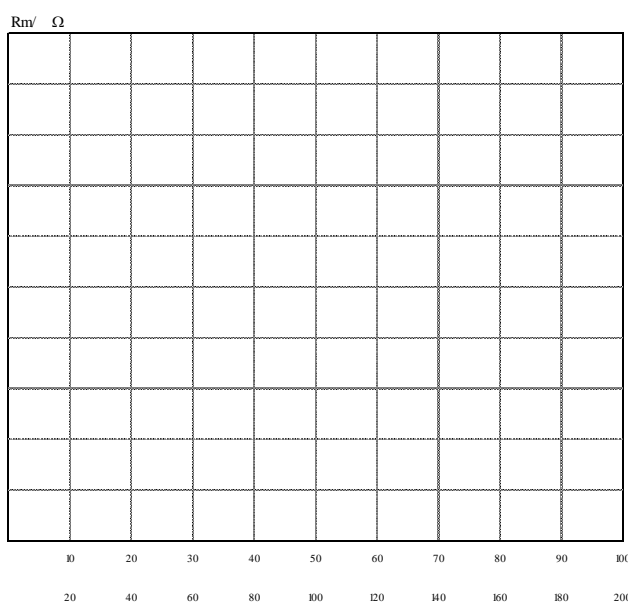
## Mittaja täyttää

pasi sällinen  
mittaajan nimiRelacom Finland Oy  
mittaajan yritys30.6.2015  
Mittauspvm

## muuntopiiri tai kaukokäyttöerotinasema

Laajuus	
x	100 m virtapiikki
	200 m virtapiikki

Mittaustulokset	
b/m	Rm/ $\Omega$
10 / 20	0,75
20 / 40	0,78
30 / 60	0,83
40 / 80	1,61
50 / 100	3,82
60 / 120	8,22
70 / 140	16,4
80 / 160	17,7
90 / 180	19,6



Maadoitusresistanssi	8,44	$\Omega$
Käännepisteen etäisyys	62	m
Mittaussuunta	90	$^\circ$

Mitataan normaalisti 100m käännepistemenetelmällä, käännepisteen etäisyys on se kohta mistä maadoitusresistanssi kirjataan. Mittaussuunta kompassilla asteina ja mitauspaikka merkataan karttaan.

## Muuntamon tai kaukokäyttöerotinaseman potentiaalinhjous

PO silmukan resistanssi   $\Omega$  Rsilm tavoite < 1  $\Omega$ 

## linjaerotin

PO silmukan resistanssi   $\Omega$  Rsilm tavoite < 1  $\Omega$ 

## Maadoitusryhmät :

- 2UTP Yhdistetty Kj- ja Pj -verkon maadoitus, sallittu  $U_e = 2UTP$   
(muuntamoiden tavoitearvo)
- 4UTP Yhdistetty Kj- ja Pj -verkon maadoitus, sallittu  $U_e = 4UTP$   
(huonot maad. olosuhteet ja kauko-ohjattavat EA:t)
- 5UTP Yhdistetty Kj- ja Pj -verkon maadoitus, sallittu  $U_e = 5UTP$   
(poikkeustapaukset esim. linkkimastot)
- PR1 Yksi potentiaalinhjousrengas (erottimet)
- PR2 Kaksi potentiaalinhjousrengasta (erottimet)



## Pienjännitejohdon käyttöönottotarkastuspöytäkirja

MITTAUS- / TESTAUSPÖYTÄKIRJA										PJ - JOHDON KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUS																			
Työn nimi					Keijutie. alue, Jurvansalo					Tilaajan viite					Tarkastajan nimi, pvm					Pasi Sällinen 2.7.2015									
Mp:n nimi / numero					Keijutie 49 156403					Jännite					0,4 kV x 1 kV					Allekirjoitus					Pasi Sällinen				
JAKOKAAPPI, HAAROTUSKAAPPI, JAKOKESKUS																													
JK/HK n:o		Valmistaja / Tyyppi			Eristysvastus / MΩ						Jatkuvuus		Jännite / V				Kierto-	Oikosulkuvirta / A											
Kaapin osoite					L1-PEN	L2-PEN	L3-PEN	L1-L2	L1-L3	L2-L3	PEN	Suojaj.	L1-L2	L1-L3	L2-L3	L1-PEN	suunta	Lähtö	Solmup.	Liittymä									
571117 ensto cdc-420					500	500	500	500	500	500			412	413	412	238	ok	2300		754									
Keijutie 49 A					500	500	500	500	500	500																			
571118 ensto					500	500	500	500	500	500			406	406	405	234	ok	2300		515									
Keijutie 49 B																													
JOHTOLÄHDÖT ( JONOVAROKKYTKIN / PYLVÄSKYTKIN )																													
JK/HK n:o		Lähtö n:o		Johtolaji		Sulake		Eristysvastus / MΩ						Jatkuvuus		Jännite / V				Kierto-	Oikosulkuvirta / A								
Lähdön osoite					L1-PEN	L2-PEN	L3-PEN	L1-L2	L1-L3	L2-L3	PEN	Suojaj.	L1-L2	L1-L3	L2-L3	L1-PEN	suunta	Lähtö	Solmup.	Liittymä									
156403 1 ax95 80A																													
jk571117																													
156403 2 ax25 63																													
keijutie 49D, 5087527					500	500	500	500	500	500						ok	2300												
156403 2 ax25 63					500	500	500	500	500	500						ok	2300												
keijutie, 5087526					500	500	500	500	500	500						ok	2300												
156403 3 ax50					500	500	500	500	500	500			406	406	405	234	ok	2300		515									
hk 571118					500	500	500	500	500	500																			
156403 4 ax50					500	500	500	500	500	500						ok													
keijutie, 5087528					500	500	500	500	500	500						ok													
Mittalaitteen tyyppi					C.A. 6525					Mittalaitteen numero																			
Huomautukset																													



Työturvallisuuden omatarkastus verkostotöihin

LIITE 6

		TYÖTURVALLISUUDEN OMATARKASTUS VERKOSTOTÖIHIN	
Urakoitsija Relacom Finland Oy			
PROJEKTINUMERO	6VSA15381B15		
Työmaan nimi	V011994315		
Työmaan osoite	31102687-01		
Tilaaajan projektinumero	040 8499490		
<b>SUOJARUSTEET</b>		K/Ei	<b>HUOMAUTUKSET</b>
Kypärä		k	
Turvaljaat		k	
Silmäsuojat		k	
Suojahanskat		k	
Pylväsvyö ja -kengät ja niiden silmämääräinen tarkastus tehty		k	
Pylvästä pelastusvälineet		k	
Turvajalkineet		k	
Suoja-asu		k	
Kuulosuojaimet		k	
Hengityssuojaimet			
EA-välineet			
Sammutuskalusto		k	
Viiltohanskat			
Koestimet, mittalaitteet		k	
<b>VAARATEKIJÄ</b>		K/Ei	<b>EHKÄISYTOIMENPIDE</b>
Painavien taakkojen nosto			
Henkilönostot			
Putoaminen			
Putoavat esineet			
Kaatuvat esineet / puut			
Työt koneiden läheisyydessä			
Työt jännitteisten osien läheisyydessä			
Sähköasennuksen-, loppuasiakkaalle tai muulle			
Yksintyöskentely			
Melu, Pöly, kylmä			
Vaaralliset aineet			
<b>SÄHKÖTYÖTURVALLISUUS</b>		K/Ei	<b>TOIMENPIDE</b>
Jännitetyö		k	
Työmaadoitus		k	
Rengassyöttömahdollisuus		k	
Sähtöturvallisuustoimienvälvoja työmaalla Sähkötöidenjohtajan		määräyksen 14.12.2009 mukaisesti	
<b>TIETURVALLISUUS</b>		K/Ei	<b>HUOMAUTUKSET</b>
Työskentely tiealueella			
Liikenteenohjauksen suunnitelma			
Johdon veto yli tien			
Ennakoilmoitus tehty tienpitäjälle			
Työryhmän jäsenet:		Pasi Sällinen	
Laatijan nimi:		Pasi Sällinen	
Laatijan allekirjoitus:		Pasi Sällinen	
Varmista, että pääset terveenä kotiin - Tuumaa pari minuuttia! Ammattimies ei riskejä ota.			

Oman työn tarkastustodistus sähköverkostotöitä varten

LIITE 7

		OMAN TYÖN TARKASTUSTODISTUS	
		SÄHKÖVERKOSTOTÖITÄ VARTEN	
Urakoitsija Relacom Finland Oy			
PROJEKTINUMERO	V011994315		
Työmaan nimi	Keijutie, alue, Jurvansalo		
Työmaan osoite	Keijutie 49 Viitasaari		
Tilajaan projektinumero	200520328		
<b>Toimenpide</b>		X/O	Huomautukset
Aliurakoitsijan omantöön tarkistus (todistus saatu)			
Kaapelisyvyyden pistokoemittaukset			
Maisemointi, maiseman palautus ennalleen		k	
Kartoitus ja GPS		k	
Rakenteiden silmämääräinen tarkistus		k	
Jätteiden pois vienti		k	
Materiaalipalautukset (myös kelat)		k	
Siivous ja yleinen siisteys		k	
Loppuasiakkaan informointi työn valmistumisesta ja työmaan päättymisestä		k	
Dokumentit päivitetty ja toimitettu edelleen järjestelmään tallentamista varten		k	
X= kunnossa, 0=ei sisälly kokonaisuuteen, -=huomautettavaa			
<b>Käyttöönottotarkastusprotokollat</b>		X/O	Huomautukset
Sähkönjakeluverkon-, (TP01)		k	
PJ-ilmajohdon-, (TP021)			
PJ-kaapelin ja jakokaapin-, (TP022)		k	
KJ-ilmajohdon-, (TP031)			
KJ-kaapelin ja haaroituskaapin-, (TP032)		k	
Pylväsmuuntamon ja erotiaseman-, (TP04)			
Puisto- ja kiinteistömuuntamon-, (TP05)		k	
Sähköasennuksen-, loppuasiakkaalle tai muulle		k	
Muut huomiot ja havainnot			
Tarkastuspäivä		30.6.2015	
Tarkastaja(t)		pasi sällinen	
Allekirjoitus		pasi sällinen	
Nimenselvennös		pasi sällinen	